



**AGENZIA DEL DEMANIO
DIREZIONE REGIONALE CALABRIA
SERVIZI TECNICI**

RISTRUTTURAZIONE E RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL COMPLESSO
IMMOBILIARE DENOMINATO “EX CASERMA FLORESTANO PEPE”
SITO IN VIA CORDOPATRI – VIBO VALENTIA (VV) DA DESTINARE A
SEDE DELLA AGENZIA DELLE ENTRATE DI VIBO VALENTIA.

SCHEDA VVD0011

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA

**RELAZIONE GEOLOGICA E ANALISI EFFETTI
DI AMPLIFICAZIONE LOCALE**

IL RESPONSABILE SERVIZI TECNICI

ING. SALVATORE CONCETTINO

IL TECNICO ISTRUTTORE

ARCH. DONATO CALDERONI

CODICE ELABORATO
R05

SCALA

PROTOCOLLO E DATA
2020 ____ /DRCAL/STE del ____ /2020



AGENZIA DEL DEMANIO

AGENZIA DEL DEMANIO

Direzione Regionale Calabria

OGGETTO: Verifica di vulnerabilità sismica e valutazione della sicurezza strutturale, rilievo architettonico, topografico, impiantistico e strutturale e verifica preventiva dell'interesse archeologico, finalizzato alla redazione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica dell'intervento di ristrutturazione e rifunzionalizzazione da effettuarsi sull'immobile demaniale "Caserma Florestano Pepe".

UBICAZIONE: via Francesco Cordopatri, 89900 Vibo Valentia VV

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio - Direzione Regionale Calabria

VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA

REV.	DATA	MODIFICA	DISEGNATORE / COMPILATORE
00	19/10/2018	Prima Emissione	Ing. Carlo Carletti
01	19/12/2018	Revisione a seguito verifica del 09/11/2018 prot. N. 2018/18786	VERIFICATO DA: Ing. Mariano Salvatore
02	19/02/2019	Revisione a seguito verifica del 13/02/2019 prot. N. 2019/2928	APPROVATO DA: Arch. Valentino Tropeano

CODICE D'IDENTIFICAZIONE	ELABORATO
08/18-VV.RT 03/02	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relazione Geologica e Analisi effetti di amplificazione locale <ul style="list-style-type: none"> - Relazione sulle indagini geognostiche (sondaggio e down-hole); - Relazione sulle indagini geofisiche integrative; - Stralcio della carta geologica – P.S.C. Vibo Valentia; - Stralcio Carta idrogeologica – P.S.C. Vibo Valentia; - Stralcio Carta del Rischio idraulico ABR– P.S.C. Vibo Valentia; - Stralcio Cartografia progetto IFFI – ISPRA; - Studio di Risposta Sismica Locale.

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Salvatore Virgillo

GRUPPO DI LAVORO

Arch. Valentino TROPEANO
(Capogruppo Coordinatore)

Ing. Carlo CARLETTI
Ing. Mariano SALVATORE
Arch. Gianfranco PICARIELLO
Arch. Patrizia GAMMA
Arch. Stanislao SACCARDO
Geol. Carmine MAZZAROTTI
Ing. Bruno MATTIA
Ing. Mauro GUERRIERO
Ing. Rosa LO PRIORE
Ing. Domenico DE MATTIA
Ing. Antonio CAMUSO
Per. Ind. Antonio FESTA

Archeologo Riccardo CONSOLI

INDICE

1. Premessa	pag. 2
Riferimenti normativi	pag. 3
2. Relazione geologica	pag. 4
2.1 Inquadramento geologico regionale	pag. 4
2.2 Formazioni presenti nel sito	pag. 6
2.3 Geomorfologia	pag. 8
2.4 Sismicità dell'area	pag. 9
2.5 Parametri sismici di progetto	pag. 12
2.5.a Indagini e prospezioni geofisiche effettuate	pag. 15
2.5.b Condizioni topografiche	pag. 15
2.6 Liquefazione	pag. 16
2.7 Risposta sismica locale	pag. 17
3 Relazione sulle indagini geotecniche, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno	pag. 19
Conclusioni	pag. 21
Allegati	pag. 23

OGGETTO: Verifica della vulnerabilità sismica e valutazione della sicurezza strutturale, rilievo architettonico, topografico, impiantistico e strutturale e verifica preventiva dell'interesse archeologico, finalizzato alla redazione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica dell'intervento di ristrutturazione e rifunzionalizzazione da effettuarsi sull'immobile demaniale "Caserma Florestano Pepe"

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio – Direzione Regionale Calabria

LOCALITA': Via Francesco Cordopatri

COMUNE: Vibo Valentia

1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto nel rispetto di quanto previsto dalle vigenti normative illustranti i principi ed i criteri da seguire al fine di garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreno, nonché la generale stabilità del territorio sul quale si inducono sollecitazioni e deformazioni.

Esso illustra in modo dettagliato, in considerazione dell'entità dell'intervento da realizzare e sulla base di specifiche indagini geologiche, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità.

La seguente relazione di sintesi è suddivisa in due distinte sezioni:

- Relazione geologica e analisi effetti di amplificazione locale;
- Relazione sulle indagini geotecniche, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno.

Riferimenti normativi

- D.M. 17/04/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”
- D.M. 14/01/2008 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 – “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;
- D.M. 11/03/88 – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Circolare ministeriale LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- D. Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 - Codice dei contratti pubblici;
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in situ (2002). UNI;
- Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;
- Legge Regionale Calabria n. 37 del 28/12/2015.

2. RELAZIONE GEOLOGICA e ANALISI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

2.1 Inquadramento geologico regionale

L'area oggetto di indagine è ubicata in Via Francesco Cordopatri, nel settore orientale del centro abitato di Vibo Valentia.

Le coordinate geografiche baricentriche del sito, che saranno utilizzate per il calcolo dell'azione sismica, sono:

Lat. 38° 40' 26,22" N (38,67395° in forma decimale);
Long. 16° 06' 28,08" E (16,10780° in forma decimale).

Il dettaglio topografico dell'area con l'ubicazione dell'area è fornito nella seguente figura 1.



Figura 1 - Ortofoto dell'area

Geograficamente il sito ricade nella parte meridionale del settore calabrese dell'Arco Calabro-Peloritano, in corrispondenza del promontorio di Capo Vaticano; l'area occupata della ex Caserma "Florestano Pepe" è posizionata lungo un versante che degrada verso nord ovest, con una pendenza media pari a circa il 14% (corrispondente ad una angolo di 8° rispetto all'orizzontale), ad una quota di circa 530 m s.l.m.

A scala regionale, i Monti Peloritani e il Massiccio dell'Aspromonte rappresentano la terminazione meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano che, a sua volta, si configura come un segmento dell'Orogeno Appenninico-Maghrebide, esteso dall'Appennino al Nord-Africa.

È costituito da un edificio "*multilayer*", in cui si possono distinguere un sistema a *thrust* pellicolare Africa-vergente, composto da falde di basamento sovrapposto ad un ulteriore sistema a *thrust*, a sua volta in ricoprimento su un sistema profondo più o meno radicato.

Il primo appartiene alla Catena Kabilo-Calabride e si estende dalla costa settentrionale dell'Africa (Kabylie) fino all'Arco Calabro Peloritano. Il secondo, invece, rappresenta la Catena Appenninico-Maghrebide, un *thrust belt* affiorante con continuità dal Nord-Africa attraverso la Sicilia e la Calabria ionica, sino

all'Appennino meridionale.

L'Arco Calabro Peloritano, quindi, rappresenta un elemento di raccordo tra le direttive tettoniche NO-SE dell'Appennino meridionale e quelle E-O delle Maghrebidi siciliane e corrisponde al tratto di massima distorsione dell'Orogeno Appenninico-Maghrebide (Fig. 2).

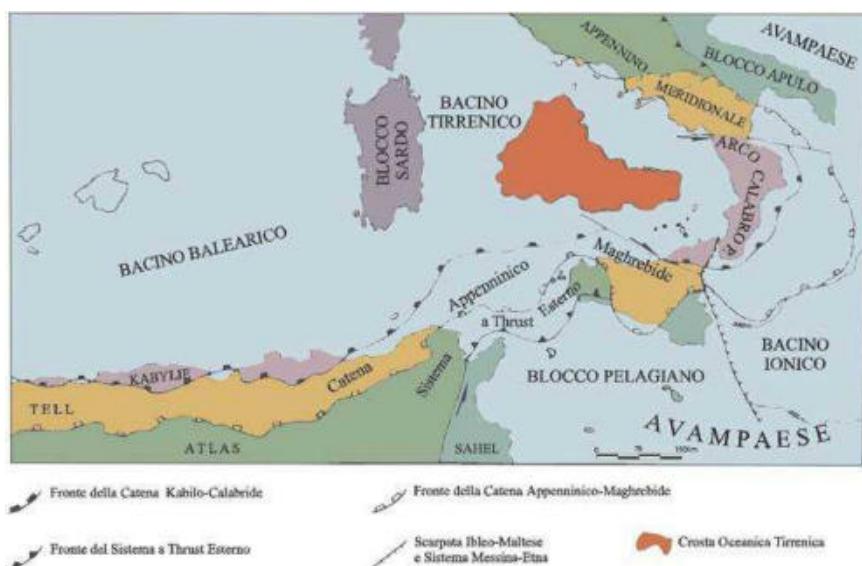


Fig. 2 - Schema tettonico del Mediterraneo centrale

La segmentazione dell'orogene, la torsione dell'arco e la sua migrazione verso SE sono connesse all'apertura del Tirreno - con velocità ed entità di espansione massima nella parte meridionale, alla rotazione antioraria della penisola italiana e alla subduzione della placca ionica. L'Arco Calabro Peloritano comprende una serie di falde, alcune delle quali con copertura meso-cenozoica, costituite da un basamento cristallino pre-mesozoico, e che presentano analogie più o meno marcate con l'elemento austro-alpino delle Alpi, ma che non trovano riscontro nell'Appennino e nelle Maghrebidi siciliane, formati esclusivamente da falde di copertura.

Secondo una delle più accreditate interpretazioni l'Arco Calabro Peloritano rappresenta un frammento di catena eo-alpina Europa vergente, formato da elementi derivati da crosta oceanica (Tetide centrale) e da crosta continentale africana, successivamente coinvolto nella costruzione della catena Africa- vergente appenninico-maghrebide (Bonardi e Giunta, 1982). Gli Autori non considerano però l'Arco come un unico elemento cinematico di primo ordine, ma distinguono in esso due settori: settentrionale, a nord della linea Soverato – valle del Mesima, e meridionale, a sud della medesima linea, caratterizzati da diverse evoluzioni tardo-alpine. (Fig. 3)

Il settore settentrionale comprende la Catena Costiera, il Massiccio della Sila e le Serre settentrionali, mentre il settore meridionale comprende i Massicci delle Serre e dell'Aspromonte e la Catena dei Peloritani.

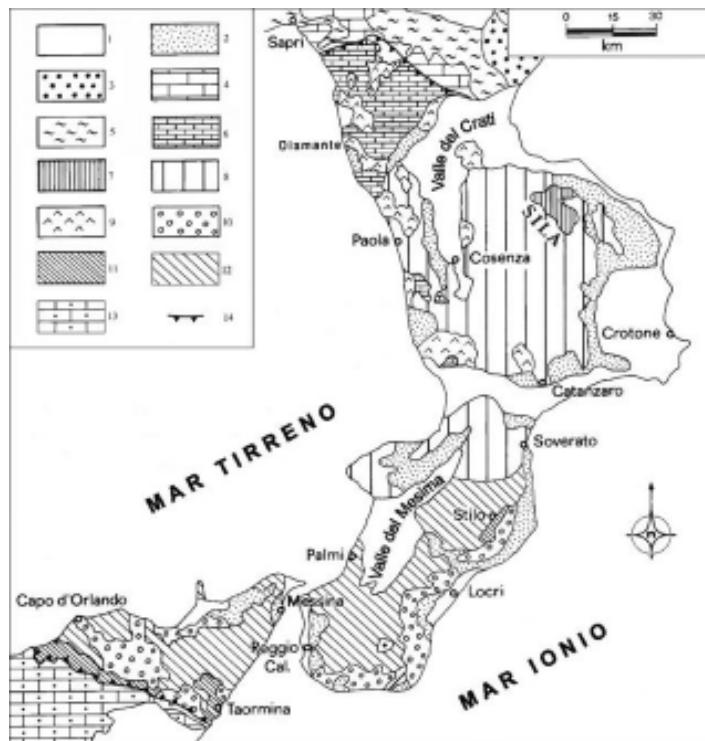


Fig. 3 - Carta geologica schematica dell'Arco Calabro-Peloritano

Legenda:

1. Depositi alluvionali e di spiaggia, e vulcaniti dell'Etna (Attuale- Pleistocene).
2. Depositi clastici e evaporitici (Miocene medio-sup.).
3. Depositi clastici del Ciclo del Cilento (Langhiano-Tortoniano sup.).
4. Unità Carbonatiche Esterne della Catena Appenninica (Langhiano-Triassico sup.).
5. Unità Oceaniche Lucane (Burdigaliano-Giurassico sup.).
6. Unità di Verbicaro e di San Donato (Aquitiano-Triassico medio);
7. F.ne Paludi (Miocene inf.-Oligocene sup.) e copertura sedimentaria dell'Unità della Sila (Cretacico inf.-Lias inf.);
8. Basamenti dell'Unità della Sila (Pre-Paleozoico? e Paleozoico), di Castagna (Pre-Paleozoico?) e di Bagni (Paleozoico);
9. Unità di Diamante-Terranova, Monte Reventino e Malvito (Cretacico sup.-Giurassico sup.).
10. Calcareniti di Floresta (Langhiano-Burdigaliano sup.), Unità Antisicilide (Cretacico sup.) e Flysch di Capo d'Orlando (Burdigaliano inf.-Oligocene sup.);
11. Copertura sedimentaria delle Unità di Stilo (Calabria – Cretacico-Triassico sup.) e di Longi-Taormina (Sicilia - Oligocene inf.-Triassico sup.?);
12. Basamenti delle Unità di Stilo (Calabria - Paleozoico), dell'Aspromonte (Calabria e Sicilia - Pre-Paleozoico?), Cardeto e Africo (Calabria - Paleozoico), Mela, Piraino, Mandanici, Ali, Fondachelli e Longi-Taormina (Sicilia - Paleozoico).
13. Unità della Catena Maghrebide (Miocene inf.-Giurassico sup.).
14. Limite tettonico dell'Arco Calabro-Peloritano

2.2 Formazioni presenti nel sito

Il territorio comunale di Vibo Valentia, esteso circa 46,70 km, si sviluppa prevalentemente sull'altopiano che rappresenta il prolungamento verso NE dell' "alto strutturale" individuato dal Massiccio di Monte Poro.

In particolare, il rilievo su cui sorge l'abitato della città costituisce un dominio geologico-strutturale legato alla tettonica "recente", che ha esercitato un forte controllo sulla geomorfologia dell'intero territorio, individuando due distinti versanti, quello "marino" a nord e quello "interno", corrispondente con il margine del bacino sedimentario rappresentato dalla Valle del Fiume Mesima.

L'altopiano di Vibo Valentia è delimitato da due importanti dislocazioni tettoniche ad andamento SO-NE (Vibo fault e Mileto faults) che costituiscono il limite settentrionale del "Mesima basin" (fig. 4).

Il ribassamento “a gradinata” è legato ad un sistema di faglie, all’incirca parallelo allo sviluppo costiero, ed è collegato con il ribassamento a gradinata dei margini del massiccio; si è così generata una lunga serie di superfici terrazzate.

La struttura di queste unità morfologiche secondarie può essere costituita, oltre che dalla roccia di base, da una serie trasgressiva di sedimenti marini sinorogenici, di età compresa fra il Miocene inferiore fino a tutto il Pliocene.

La struttura dei principali rilievi è quindi rappresentata dal basamento metamorfico di età paleozoica, costituito prevalentemente da scisti e gneiss quarzo-biotitici-granatiferi, e da rocce cristalline con composizione variabile dalla quarzo-monzonite al granito.

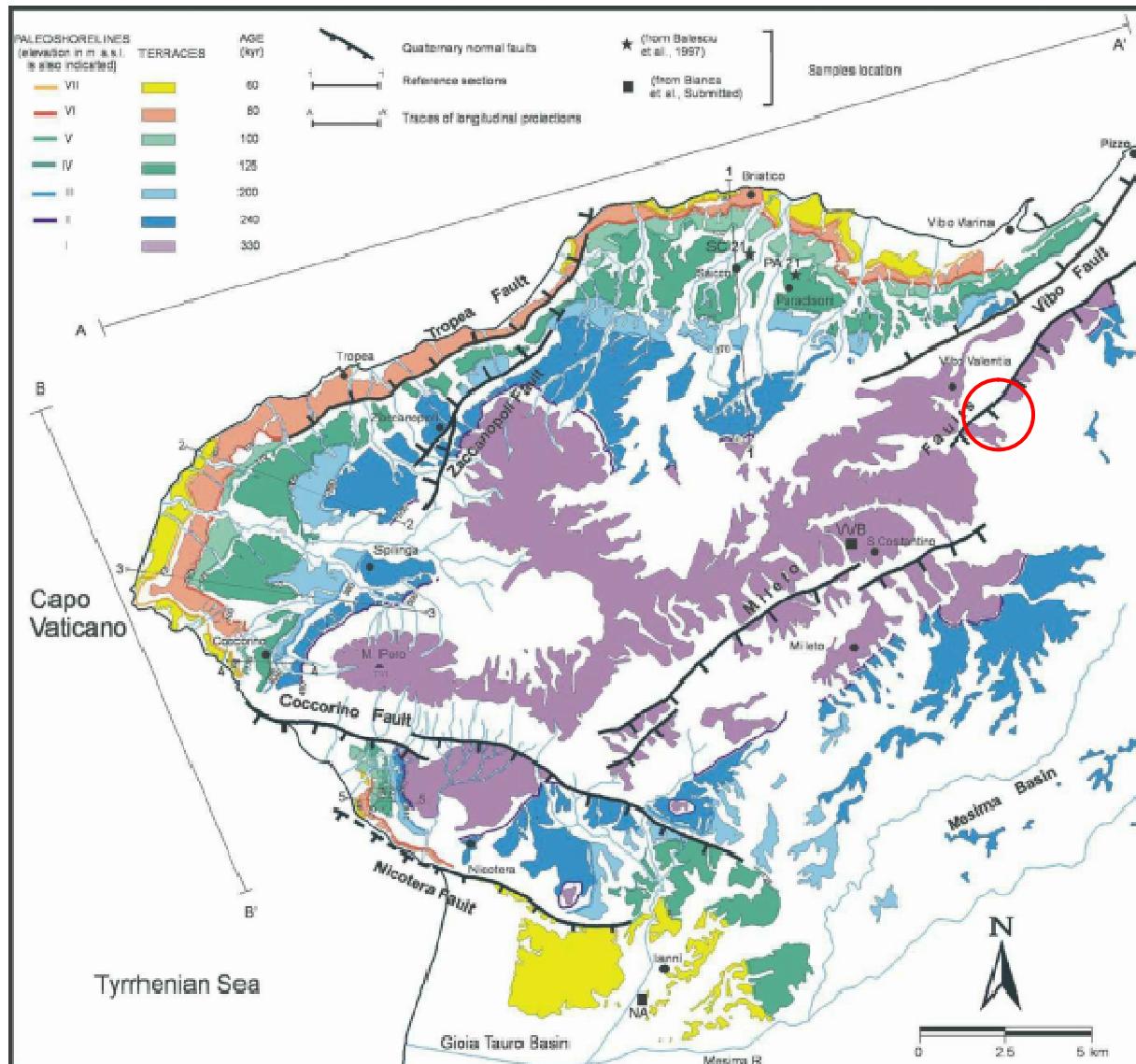


Fig. 4 – Carta morfotettonica del promontorio di Capo Vaticano (Tortorici et alii 2003)

Tali rocce, che presentano in generale elevate resistenze meccaniche ed una limitata erodibilità, conferiscono una buona stabilità ai versanti lungo i quali affiora, anche con pendenze notevoli anche se, localmente, la fratturazione e/o il degrado di tali rocce possono arrivare a rappresentare il principale elemento predisponente movimenti franosi delle più svariate tipologie.

Al di sopra del complesso metamorfico di base, in trasgressione, normalmente seguono le formazioni di due diversi cicli sedimentari marini sin-orogenetici, rispettivamente del Miocene e del Pliocene; lungo il versante marino e nella zona sud-occidentale del comune affiorano, prevalentemente, le sabbie mioceniche e, verso l’alto, il calcare evaporitico e le argille plioceniche.

Lungo il versante interno, invece, sopra le formazioni del calcare evaporitico e delle sabbie plioceniche,

sono presenti estesi affioramenti di argille plioceniche, che danno luogo ad una tipica successione stratigrafica che si ripresenta a differenti quote lungo tutte le vallate.

Entrambe le formazioni plioceniche presentano una modesta resistenza all'erosione e, in generale, caratteristiche meccaniche scadenti, tanto da essere frequentemente interessate da movimenti franosi.

Nelle sabbie prevalgono gli scorimenti roto-traslativi, in genere lungo i versanti più acclivi e soprattutto in presenza di livelli idrici, questi ultimi localizzati prevalentemente in corrispondenza di orizzonti argillosi.

Subordinatamente le stesse formazioni sabbiose possono determinare frane per crollo, dove affiorano su scarpate sub-verticali, derivanti da una discreta cementazione, causate per lo più da fenomeni di scalzamento al piede, o per progressivo degrado delle caratteristiche meccaniche ad opera degli agenti meteorici.

Le argille danno luogo, per lo più, a movimenti di tipo "colata" o "scorrimento-colata"; questi si manifestano anche lungo pendii poco acclivi, soprattutto nelle aree in cui la morfologia favorisce l'infiltrazione delle acque superficiali.

La serie stratigrafica è completata da depositi continentali del Pleistocene, costituiti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie dotati di scarsa resistenza all'erosione ed elevata permeabilità.

Questi terreni, in considerazione delle peculiari caratteristiche meccaniche, sono difficilmente rinvenibili al di fuori delle varie superfici terrazzate, sulla cui sommità l'assetto sub-orizzontale riesce a garantire una certa stabilità.

La successione sedimentaria descritta presenta frequenti lacune stratigrafiche e discontinuità legate sia all'essere sinorogenica, quindi parallela ai movimenti verticali del basamento legati alla tettonica, sia ai successivi fenomeni erosivi caratteristici dell'ambiente continentale.

2.3 Geomorfologia

Il territorio comunale di Vibo Valentia si sviluppa essenzialmente su un rilievo orientato in direzione SW-NE, la cui sommità sub-pianeggiante costituisce un altopiano occupato dall'abitato del capoluogo.

Le massime quote del territorio comunale si riscontrano in corrispondenza della sommità dell'altopiano, dove mediamente raggiungono valori intorno ai 500 m s.l.m., ed in particolare nella parte alta della città di Vibo Valentia, in corrispondenza del centro storico, dove giungono a 550 m s.l.m. circa presso il Castello; la quota massima si riscontra poco a nord del Castello, dove viene raggiunta la quota di 567 m s.l.m..

Gran parte del territorio comunale è costituita dal versante occidentale del rilievo dove, peraltro, è posizionato il fabbricato oggetto di verifica.

Tale versante ha origine dal ciglio dell'altopiano, dove presenta pendenze molto sostenute, quindi prosegue verso il mare con pendenze generalmente decrescenti, ma con locali incrementi in corrispondenza delle incisioni torrentizie che attraversano il versante stesso.

Nell'estremo settore settentrionale del territorio, il versante sfuma in una modesta pianura che raggiunge, con una modestissima pendenza, il mare dove sono ubicati gli agglomerati di Vibo Valentia Marina, Bivona e Porto Salvo.

Il versante occidentale è solcato da numerosi corsi d'acqua con andamento sub-rettilineo e a carattere decisamente torrentizio; questi corsi d'acqua hanno in genere alvei stretti e molto incisi soprattutto nel tratto a monte, mentre si ampliano in corrispondenza della pianura costiera.

Il substrato del versante occidentale è rappresentato dal complesso metamorfico paleozoico, costituito prevalentemente da scisti e gneiss quarzoso-biotitico-granatiferi e da rocce cristalline a composizione variabile, dalle quarzo-monzoniti ai graniti.

Il settore sud-orientale del territorio comunale ricade sul versante orientale dell'altopiano, ed è rappresentata da un crinale allungato in direzione NW-SE, sul quale è prevalentemente dislocata la frazione di Piscopio.

Tale appendice territoriale si unisce con la parte meridionale dell'abitato del capoluogo, anch'essa ricadente sul versante orientale. Il crinale ha una notevole pendenza verso SE e le sue quote variano tra i

450 m s.l.m. circa, all'estremità nord-occidentale, e i 150 m s.l.m. circa, all'estremità sud-orientale che rappresenta anche la terminazione del territorio comunale.

Su entrambi i lati del crinale si originano versanti caratterizzati da elevate pendenze e solcati da brevissimi corsi d'acqua ad andamento rettilineo e a carattere torrentizio. Anche questi corsi d'acqua hanno alvei a forte pendenza, stretti, molto incisi e con elevata capacità erosiva; confluiscono in due corsi d'acqua che, con andamento parallelo a quello del crinale, sono posti alla base dei due versanti opposti e costituiscono anche i limiti del territorio comunale: il Rio Varelli, alla base del versante settentrionale, il Rio Cridello, alla base del versante meridionale.

Su entrambi i versanti del crinale sono presenti numerosi fenomeni gravitativi che giungono a lambire l'abitato di Piscopio; inoltre, gli alvei di fondovalle sono sede di intensi processi erosivi che, a loro volta, costituiscono i meccanismi di innescaggio dei fenomeni franosi sui versanti.

In questo settore del territorio prevale la presenza di argille plioceniche caratterizzate da una modesta resistenza all'erosione e una limitata resistenza meccanica, tanto da essere abbastanza frequentemente interessate da movimenti franosi.

2.4 Sismicità dell'area

La Calabria meridionale è una delle zone a più alta pericolosità dell'Italia essendo stata colpita nel passato da molti terremoti distruttivi (magnitudo $M = 6,4 \div 7,3$).

Per considerare l'influenza dei terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica del settore in studio, occorre considerare i terremoti locali e regionali e quindi le zone sismogenetiche di un'area più vasta.

A grande scala sono state individuate in Sicilia orientale e in Calabria alcune ampie zone sismogenetiche caratterizzate da sismicità omogenea, i cui terremoti sono stati avvertiti o hanno danneggiato l'area (Fig. 5).

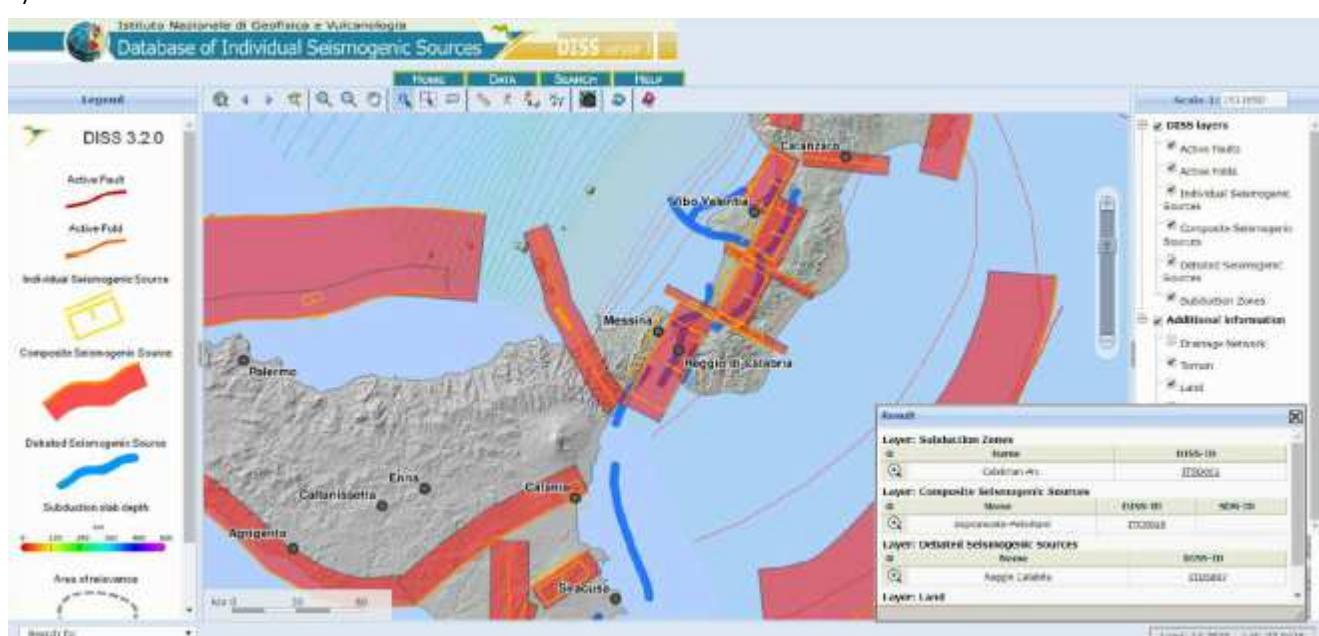


Fig. 5 – Stralcio Database of Individual Seismogenic Sources (INGV)

Per quanto riguarda le zone sismogenetiche della Calabria meridionale, le strutture certamente più attive sono le faglie del bacino del Mèsimma, di Serre, di Gioia Tauro e di Cittanova, la cui attività si è protratta per il Pleistocene superiore e l'Olocene.

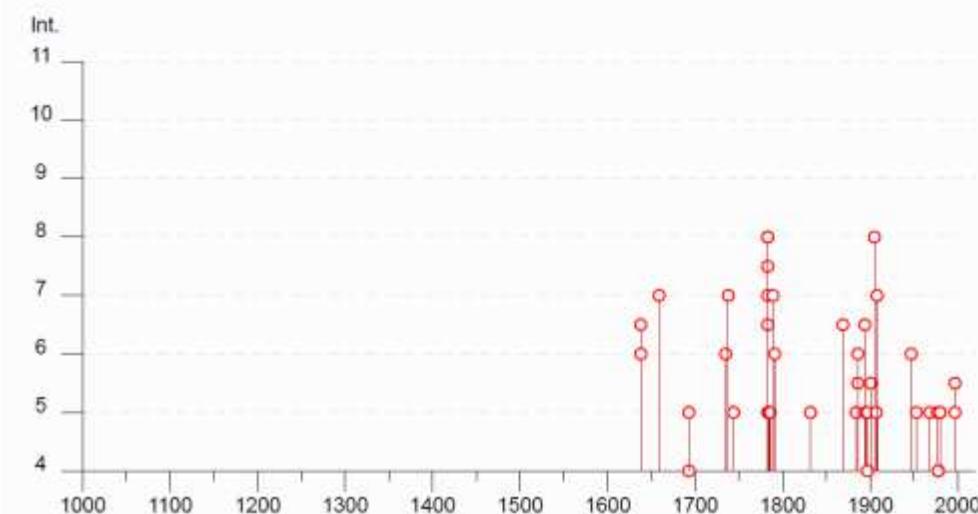
Di seguito si riporta l'elenco dei terremoti che hanno interessato la città di Vibo Valentia, estratto dal CPTI 15 – DBMI 15 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Vibo Valentia [Monteleone]

PlaceID	IT_65154
Coordinate (lat, lon)	38.673, 16.103
Comune (ISTAT 2015)	Vibo Valentia
Provincia	Vibo Valentia
Regione	Calabria
Numero di eventi riportati	59

Effetti							In occasione del terremoto del			
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1638	03	27	15	05		Calabria centrale	213	11	7.09
6	1638	06	08	09	45		Crotonese	41	10	6.76
7	1659	11	05	22	15		Calabria centrale	126	10	6.57
3	1693	01	08				Pollino	16	7	5.27
4	1693	01	09	21			Sicilia sud-orientale	30	8-9	6.07
5	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
6	1735	09	06				Vibonese	5	6	4.82
7	1738	05	23				Calabria centrale	5	7	5.10
5	1744	03	21	20			Sila Piccola	29	8	5.74
7-8	1783	02	05	12			Calabria meridionale	356	11	7.10
6-7	1783	02	06	00	20		Stretto di Messina	8		
8	1783	02	07	13	10		Calabria centrale	191	10-11	6.74
7	1783	03	01	01	40		Calabria centrale	18		
8	1783	03	28	18	55		Calabria centrale	323	11	7.03
5	1783	11	20	11	58		Vibo Valentia	1	5	4.16
3	1784	03	20	13	30		Vibo Valentia	1	3	3.23
5	1784	10	14				Calabria meridionale	3	7	5.10
5	1785	03	17	03	33		Stretto di Messina	4	6-7	4.86
5	1785	04	13	07			Vibo Valentia	2	4	3.70
5	1786	02	23	07	40		Vibo Valentia	1	5	4.16
7	1789	02	07				Calabria meridionale	3	7	5.10
6	1791	10	13	01	20		Calabria centrale	76	9	6.14
5	1832	03	08	18	30		Crotonese	99	10	6.65
NF	1835	10	12	22	35		Cosentino	36	9	5.89
NF	1836	04	25	00	20		Calabria settentrionale	44	9	6.18
3	1854	02	12	17	50		Cosentino	89	10	6.34
6-7	1869	11	28				Vibonese	21	5-6	4.60
3	1870	10	04	16	55		Cosentino	54	9-10	6.24
3	1883	07	25	09	50		Calabria centrale	8	5	4.47
5	1884	05	04	20	13		Calabria centrale	8	4	4.29
5-6	1886	02	06	06	30		Vibonese	15	5-6	4.50
6	1886	03	06				Cosentino	10	7-8	5.57
2-3	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8	5.55

Effetti								In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1895	09	15	10	25		Calabria centrale	4	5	4.16
5	1897	02	11	23	33	0	Ionio meridionale	96	5	5.03
4	1897	05	28	22	40	0	Ionio	132	6	5.46
5-6	1901	12	13	00	10	2	Calabria	46	5	4.81
8	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
5	1907	10	23	20	28	1	Aspromonte	274	8-9	5.96
F	1908	11	05	16	50		Calabria meridionale	24	6	4.58
7	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
3	1909	01	23	18	28		Stretto di Messina	21	7	5.15
6	1947	05	11	06	32	1	Calabria centrale	254	8	5.70
5	1953	02	25	00	07	4	Vibonese	56	5-6	4.88
3	1958	10	27	10	09		Catanzarese	62	5-6	4.59
3	1961	03	24	10	36		Calabria meridionale	59	5-6	4.62
5	1968	07	17	19	11	1	Calabria centrale	27	5	4.30
2	1975	01	16	00	09	4	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
5	1977	08	15	21	10	3	Calabria centrale	37		5.21
4	1978	03	11	19	20	4	Aspromonte	126	8	5.22
4	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8	6.03
F	1980	02	20	02	34	0	Cosentino	34	6-7	4.42
5	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1980	12	09	05	50	1	Golfo di Sant'Eufemia	15	6-7	4.67
NF	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
5-6	1997	06	09	14	10	5	Vibonese	69	6	4.27
5	1997	09	03	23	15	4	Calabria meridionale	83	5-6	4.38
3-4	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42



2.5 Parametri sismici di progetto

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.

La pericolosità sismica è 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 quale definita alla Tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Ai fini della vigente 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_o 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.

Per il sito oggetto della presente relazione

Lat.	38° 40' 26,22" N	(38,67395° in forma decimale)
Long.	16° 06' 28,08" E	(16,10780° in forma decimale)

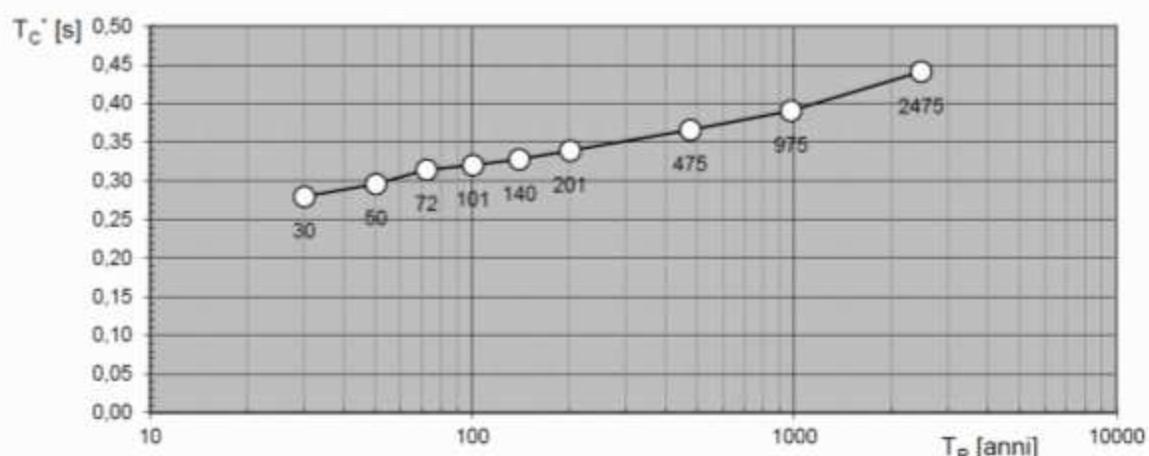
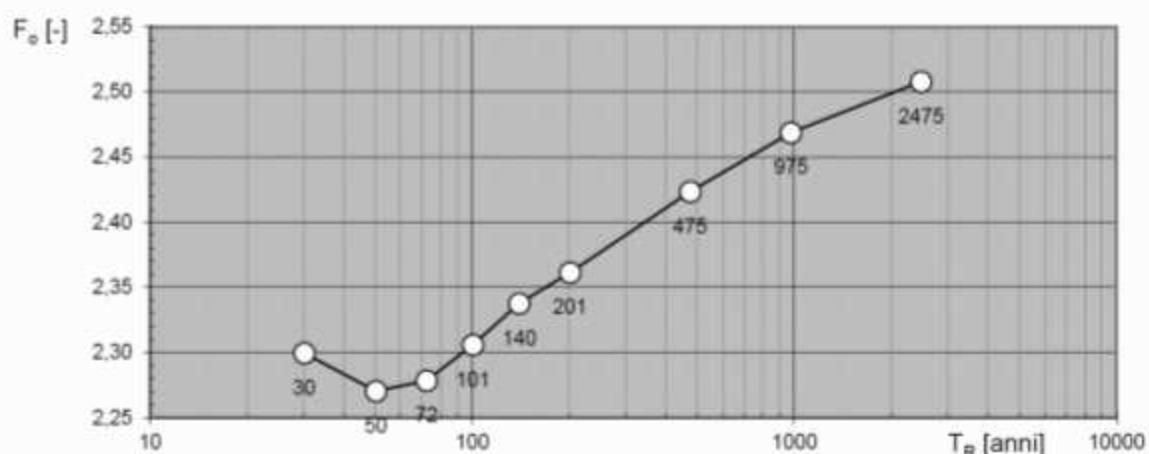
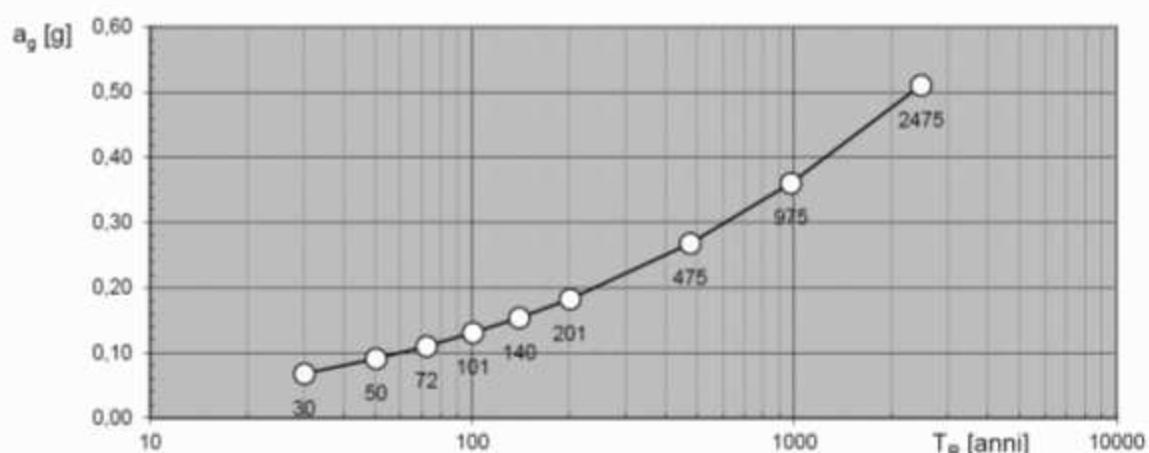
tali parametri assumono i valori riportati nella seguente tabella.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

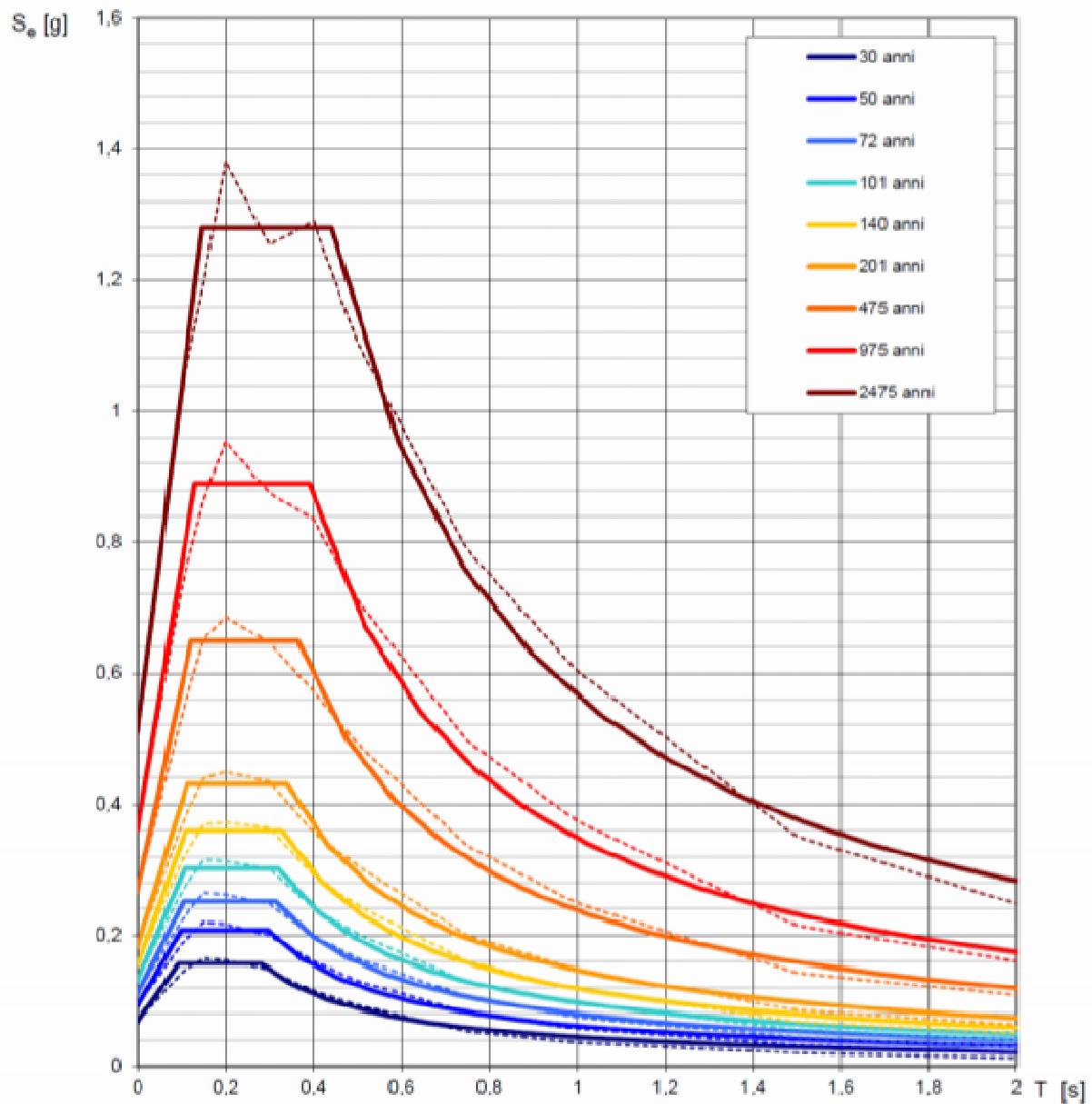
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,068	2,299	0,280
50	0,091	2,270	0,296
72	0,110	2,278	0,314
101	0,131	2,306	0,321
140	0,154	2,338	0,328
201	0,182	2,361	0,339
475	0,268	2,423	0,366
975	0,360	2,469	0,391
2475	0,510	2,508	0,441

Tabella 1 – Valore dei parametri a_g , F_o , T_c^*

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



Spettri di risposta elasticici 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.

Fig. 7 - Spettri di risposta elasticici

2.5.a Indagini e prospsezioni geofisiche effettuate

Per ottenere informazioni utili alla valutazione di possibili effetti locali di amplificazione sismica, sono state effettuate le seguenti tipologie di indagini geofisiche:

- N. 1 sondaggio a carotaggio continuo con prova down hole (DH-S1);
- N. 2 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW).

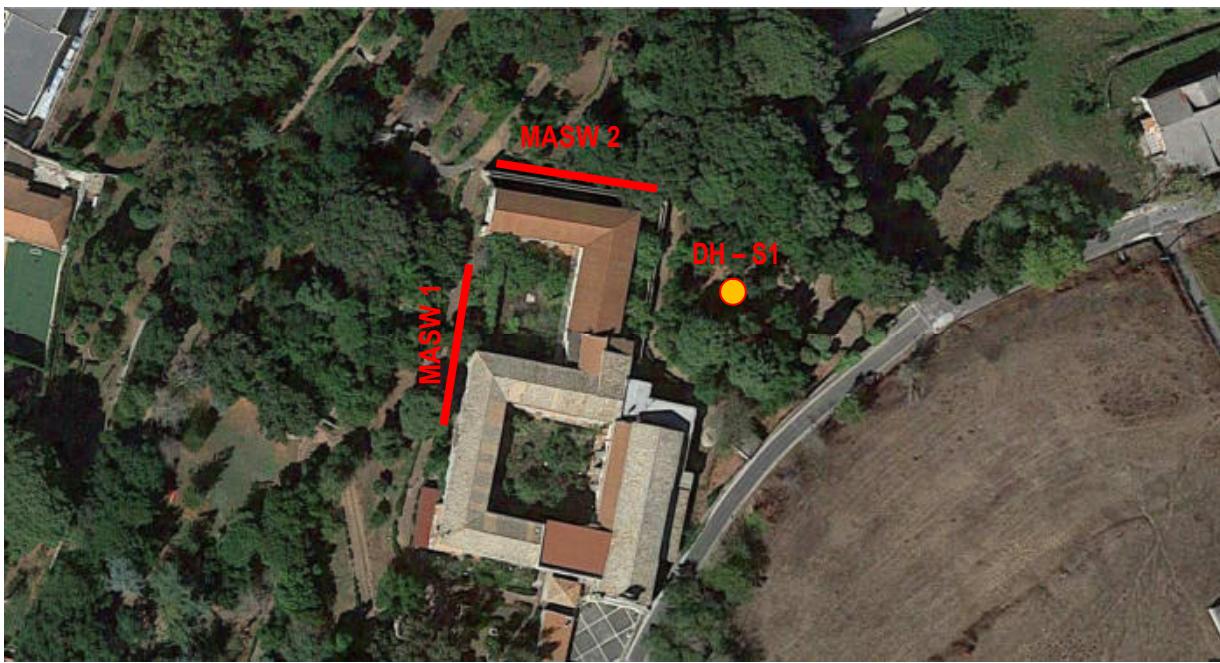


Fig. 8 – Planimetria indagini

In particolare, i risultati della down-hole sono stati utilizzati per lo specifico studio di Risposta Sismica Locale allegato alla presente relazione, cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

2.5.b Condizioni topografiche

L'immobile oggetto di verifica è ubicato nella parte sommitale di un versante caratterizzato da una pendenza media pari a circa il 14% (corrispondente ad un angolo di circa 8° rispetto all'orizzontale), ad una quota di circa 530 m s.l.m., per cui, ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto, la suddetta area rientra nella categoria topografica T1.

Infatti, con riferimento alla planimetria allegata, si ha:

$$i = (Q_A - Q_B) / d_{AB} = (567 - 475) / 672,32 = 13,7\%$$

$$\square = 8^\circ$$

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 2 – Categorie topografiche

Tab. 3.2.V = Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 3 – Valori del coefficiente topografico

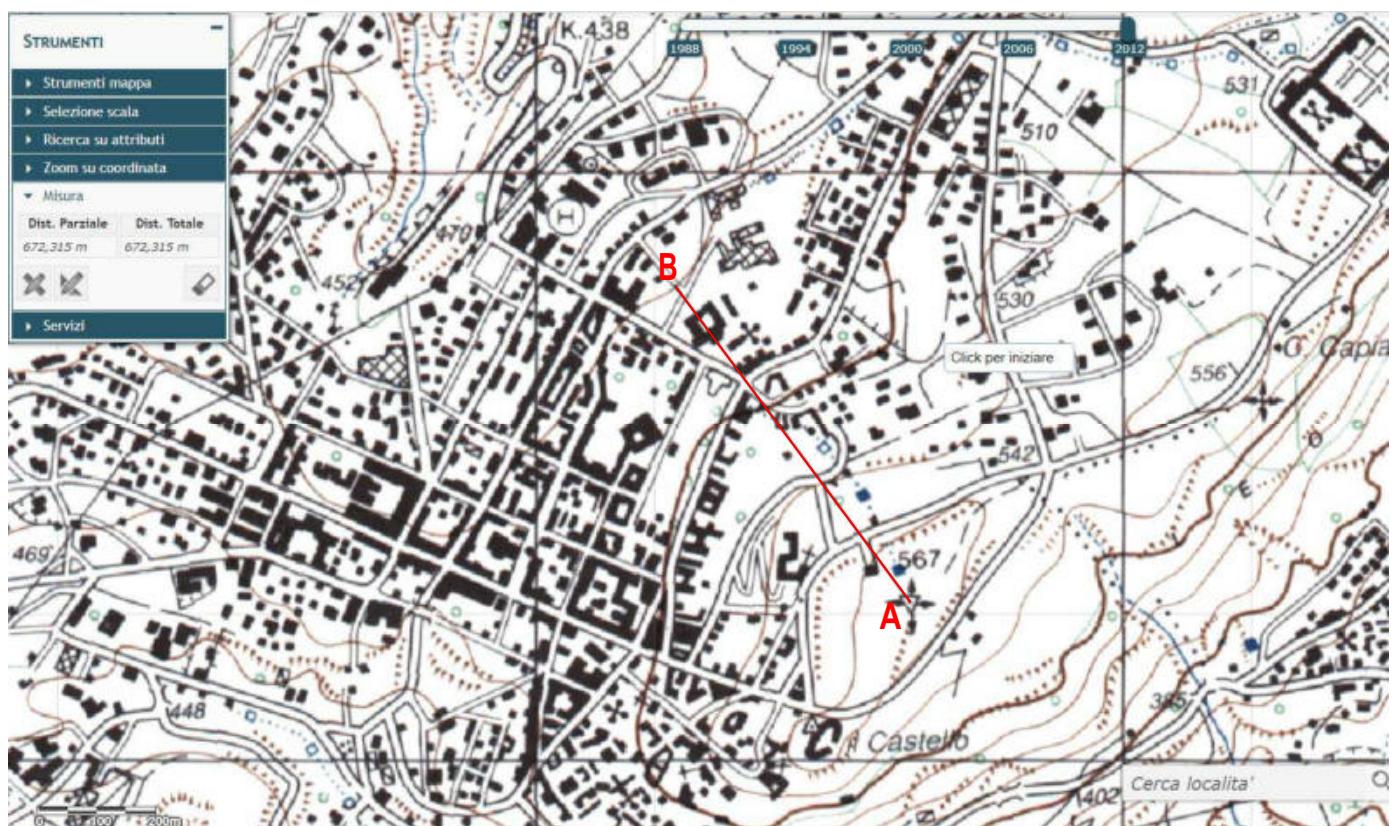


Fig. 9 – Stralcio topografico con indicazione degli elementi utilizzati per il calcolo della pendenza media

2.6 Liquefazione

Quando nessuna delle condizioni del D.M. 17/01/2018 - punto 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza

disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in situ o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

Nel caso specifico, considerato le caratteristiche litologiche e granulometriche non compatibili con la fenomenologia e che non è stata rilevata la presenza di circolazione idrica sotterranea fino alla profondità di 30 m rispetto al p.c., si omette tale verifica.

2.7 Risposta sismica locale

In ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente, sia nazionale NTC 2018 che regionale (Regione Calabria) in riferimento alla tipologia d'uso dell'opera (a carattere strategico), è stata sviluppata un'analisi della risposta sismica locale al fine di definire le azioni sismiche di progetto.

Di seguito si riportano, per ciascuno SL, il confronto tra gli spettri normalizzati per il sito oggetto di studio e quelli da normativa, rimandando allo specifico elaborato per i necessari approfondimenti.

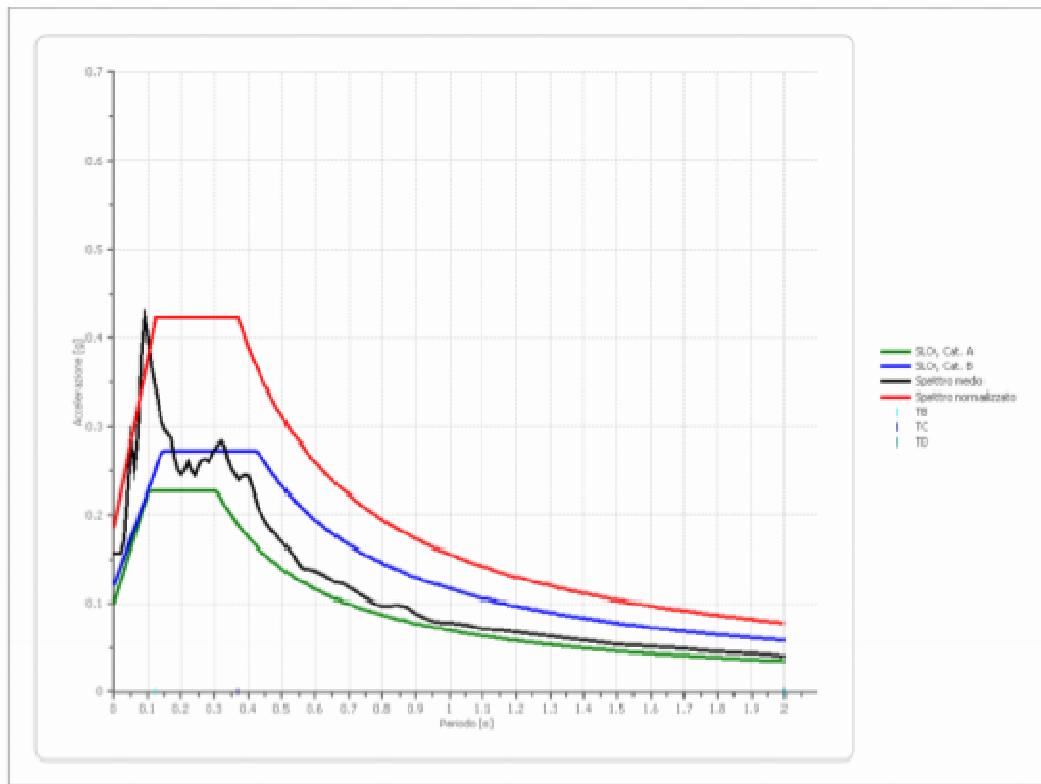


Fig. 10 - Spettro di risposta per SLO

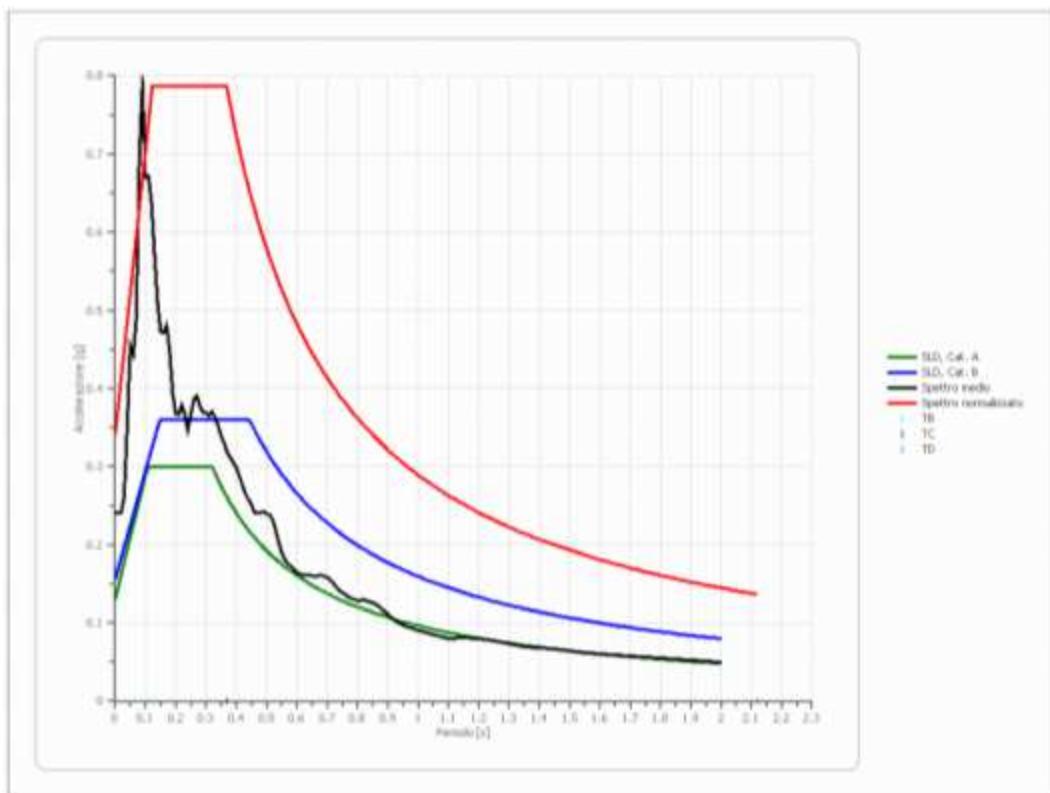


Fig. 11 - Spettro di risposta per SLD

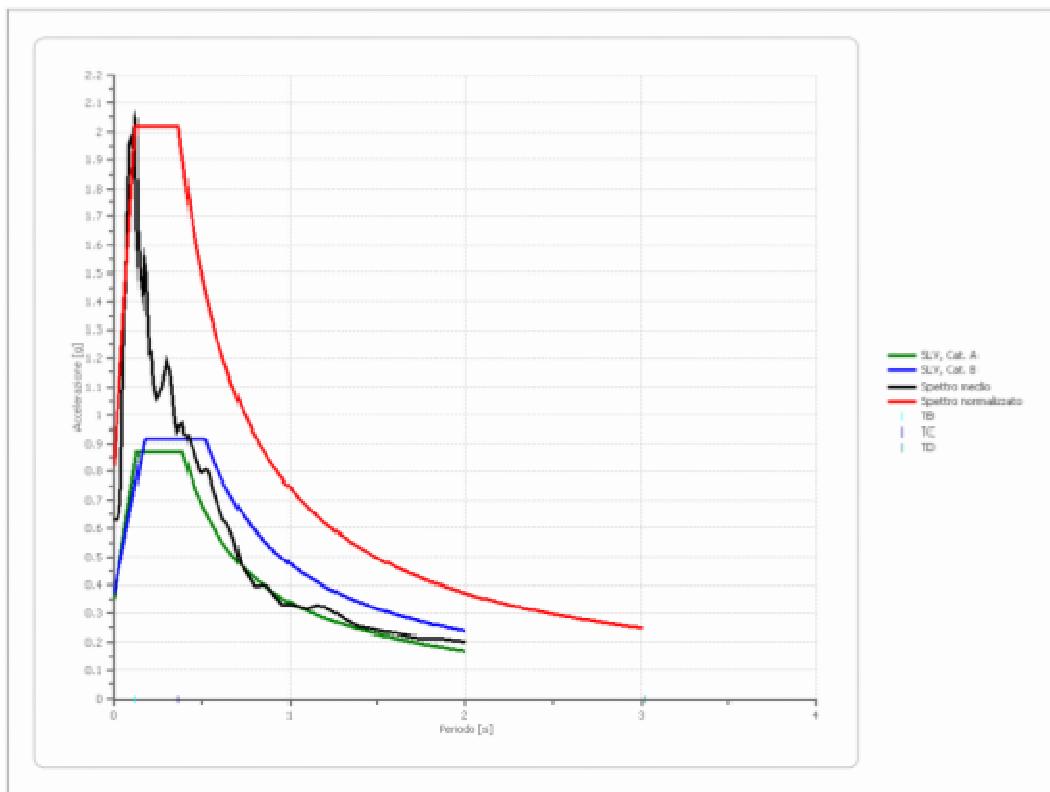


Fig. 12 - Spettro di risposta per SLV

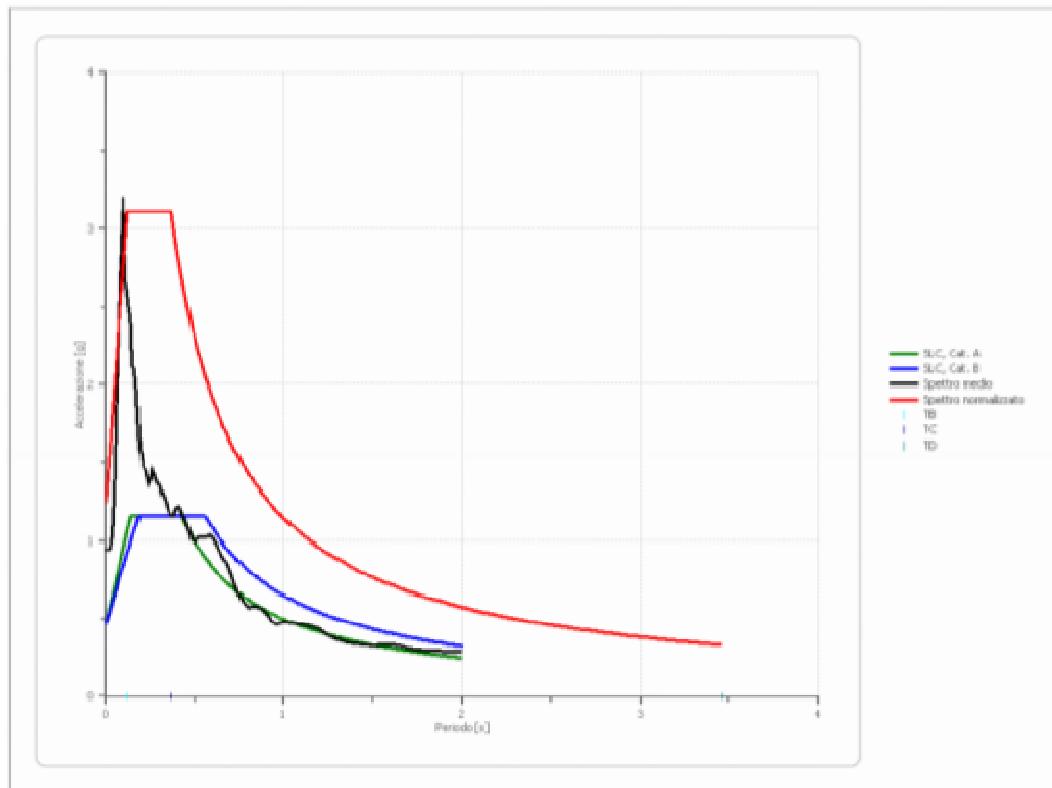


Fig. 13 - Spettro di risposta per SLC

3. RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOTECNICHE, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO

Il presente studio è finalizzato alla verifica della vulnerabilità sismica dell'ex Caserma “Florestano Pepe” in via F. Cordopatri di Vibo Valentia.

In considerazione delle finalità del presente studio, dopo aver esaminato la documentazione tecnica e scientifica reperita, si è ritenuto opportuno effettuare una campagna di indagini finalizzate ad ottenere una adeguata ricostruzione del modello geologico del sottosuolo, nonché la relativa caratterizzazione sismica.

Quindi la successione stratigrafica dell’area oggetto di studio e delle zone ad essa limitrofe è stata desunta mediante un rilevamento geologico di dettaglio, integrato dalle conoscenze geologiche dell’area, dall’analisi degli affioramenti rinvenibili in loco e dall’esecuzione delle seguenti indagini, tutte ubicate in prossimità dell’area di sedime del fabbricato esistente (vedasi planimetria riportata nella precedente fig. 8:

- N. 1 sondaggi geognostici (prof. 30 m rispetto al p.c.);
- N. 1 prospezione sismica in foro down-hole;
- N. 2 prospezioni sismiche di superficie MASW.

Sono state, inoltre, considerate le risultanze delle indagini effettuate per lo studio geologico-tecnico del territorio comunale di Vibo Valentia allegato al Piano Strutturale Comunale.

Attraverso l’elaborazione dei dati così raccolti è stato possibile definire il quadro geologico della zona, la natura dei litotipi presenti, le caratteristiche essenziali dell’assetto litostratigrafico dell’area in esame e, di conseguenza, ricostruire la seguente successione stratigrafica:

- Terreno vegetale, per uno spessore di circa 1,6 m;
- Argilla localmente sabbiosa, con presenza di frammenti di ciottoli e locali livelli debolmente

ghiaiosi di colore marrone chiaro, passante ad argilla con livelli sabbiosi e rari frammenti di ciottoli, poco consistente, fino alla profondità di 5,5 m rispetto al p.c.;

- Argilla sabbiosa, a tratti debolmente ghiaiosa, di colore marrone chiaro, fino alla profondità di circa 10,0 m rispetto al p.c.;
- Sabbia argillosa con presenza di livelli debolmente ghiaiosi di colore marrone, con grado di addensamento medio.

Si segnala, inoltre, il rinvenimento di trovanti di origine sedimentaria in matrice sabbiosa alla profondità compresa tra 10,0 e 12,5 m e tra 28,0 e 29,3 m rispetto al p.c.

Dal punto di vista idrogeologico, si rileva che nel corso dell'esecuzione del sondaggio geognostico realizzato in prossimità dell'area di sedime del fabbricato oggetto di verifica, non è stata riscontrata la presenza di circolazione idrica sotterranea.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica si riportano le principali caratteristiche fisico-meccaniche che, facendo salvi eventuali ulteriori approfondimenti per le successive fasi di progettazione, potranno essere utilizzate per le verifiche da parte del progettista; i valori ivi indicati sono stati desunti dalla bibliografia di settore e sono relativi al livello denominato **“Argilla localmente sabbiosa, con presenza di frammenti di ciottoli e locali livelli debolmente ghiaiosi di colore marrone chiaro, passante ad argilla con livelli sabbiosi e rari frammenti di ciottoli, poco consistente”** in cui sono verosimilmente attestate le strutture di fondazione del fabbricato oggetto di verifica:

Peso di volume naturale del terreno

$$\blacksquare \quad \square = 16,7 \div 18,5 \text{ kN/m}^3$$

(Hunt, 1984 – Kezdi, 1978, Navfac, Lindeburg)

Peso di volume saturo del terreno

$$\blacksquare \quad \square = 17,2 \div 19,0 \text{ kN/m}^3$$

(Hunt, 1984 – Kezdi, 1978, Navfac, Lindeburg)

Coesione

$$C' = 6 \text{ kPa}$$

(Mayne e Stewart, 1988 – Skempton, 1964)

Coesione non drenata

$$C_u = 10 \div 20 \text{ kPa}$$

(Sivrokaya e Togol, 2007)

Angolo di attrito

$$\blacksquare \quad \square = 20^\circ \div 22^\circ$$

(Hunt, 1984 – Bowles, 1978 – Bureau of Reclamation, 1973)

Modulo elastico

$$E = 2900 \div 6000 \text{ kPa}$$

(Navfac, 1982 – AASHTO, 2007 – Bowles, 1982 – Decourt, 1978)

Modulo confinato

$$E_{ed} = 2 \div 5 \text{ MPa}$$

(Sanglerat, 1972 – Menzebach e Malcev – Zomorodian e Eslami, 2005)

Conclusioni

Il sito oggetto del presente studio è ubicato nel Comune di Vibo Valentia, alla via F. Cordopatri, lungo un versante esposto a nord est, ad una quota pari a circa 530 m sul livello del mare.

La ricostruzione dettagliata del modello geologico in corrispondenza del suddetto sito, è stata effettuata, oltre che sulla base delle considerazioni a carattere regionale e delle risultanze dello Studio geologico di supporto al P.S.C. del Comune di Vibo Valentia, sulla base delle informazioni ricavate dalla esecuzione di osservazioni e rilevamenti geologici, integrati dall'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 30 m rispetto al p.c., nonché dalle prospezioni geofisiche in foro e di superficie precedentemente descritte.

Le indagini sviluppate hanno consentito, oltre che di confermare gli assetti generali dedotti dalle conoscenze pregresse, di definire, in relazione alle profondità tecnicamente significative, gli assetti e le condizioni litostratigrafiche utili per la modellazione di ordine geotecnico del volume significativo.

Più in particolare le indagini hanno evidenziato la presenza di:

- Terreno vegetale, per uno spessore di circa 1,6 m;
- Argilla localmente sabbiosa, con presenza di frammenti di ciottoli e locali livelli debolmente ghiaiosi di colore marrone chiaro, passante ad argilla con livelli sabbiosi e rari frammenti di ciottoli, poco consistente, fino alla profondità di 5,5 m rispetto al p.c.;
- Argilla sabbiosa, a tratti debolmente ghiaiosa, di colore marrone chiaro, fino alla profondità di circa 10,0 m rispetto al p.c.;
- Sabbia argillosa con presenza di livelli debolmente ghiaiosi di colore marrone, con grado di addensamento medio.

È stato segnalato inoltre il rinvenimento di trovanti di origine sedimentaria in matrice sabbiosa alla profondità compresa tra 10,0 e 12,5 m e tra 28,0 e 29,3 m rispetto al p.c.

Dal punto di vista geomorfologico, nel corso del rilevamento geologico di superficie non sono state riscontrate evidenze di significativi dissesti in atto o potenziali, tali da interferire con l'area di sedime del fabbricato oggetto di verifica, per cui non sono prevedibili fattori di rischio derivanti da dissesti gravitativi, in accordo con quanto riportato nella cartografia allegata al P.S.R. del Comune di Vibo Valentia che, per l'area direttamente interessata dalla ex Caserma "Florestano Pepe" e per una vasta superficie ad essa circostante, non riporta zone classificate a rischio frana e a rischio idraulico.

Sulla scorta di quanto riportato in precedenza, considerando che per l'area oggetto del presente studio:

- non sono stati riscontrati indizi di dissesti gravitativi, in atto o potenziali;
- non sono state definite variazioni o discontinuità litologiche sia verticali che orizzontali inducenti particolari problematiche di ordine costruttivo o tali da compromettere la stabilità dell'area;
- Il fabbricato oggetto di verifica e quelli ad esso limitrofi non presentano segni di dissesto imputabili a cedimenti delle strutture fondali;
- i terreni costituenti il substrato dell'area di possibile sedime sono da considerare non liquefacibili in quanto, oltre alle caratteristiche litologiche e granulometriche non compatibili con la fenomenologia non è stata rilevata la presenza di circolazione idrica sotterranea fino alla profondità di 30 m rispetto al p.c.;

si può desumere che l'area in esame è compatibile con l'opera in oggetto di verifica.

Sulla base di quanto dedotto relativamente agli assetti litostratigrafici generali e locali, è stata sviluppata, sulla base della modellazione geotecnica e sismostratigrafica della verticale da considerare

rappresentativa delle condizioni presenti nel sottosuolo direttamente interessato, una analisi di Risposta Sismica Locale. Dei risultati delle analisi sviluppate se ne dovrà tenere in considerazione nelle valutazioni delle azioni sismiche di progetto.

Per quanto riguarda la stabilità morfologica ed al fine di conservare le attuali condizioni di equilibrio, è da evidenziare che durante l'esecuzione delle opere in progetto, dovranno essere evitati tagli verticali del terreno nonché carichi con materiali detritici in prossimità degli scavi che, in ogni caso, dovranno essere eseguiti con ogni cautela, evitando l'insorgere di fenomeni decompressivi nei terreni limitrofi all'area in esame, soprattutto in prossimità di edifici e/o infrastrutture esistenti.

Si consiglia, infine, di prevedere una rete canalizzazioni per la raccolta delle acque superficiali e/o opere di drenaggio al fine di eliminare, o quanto meno ridurre, gli effetti negativi indotti dalle acque meteoriche e/o di circolazione sub-superficiale.

Il tecnico incaricato
Geol. Carmine Mazzarotti



Carmine Mazzarotti

ALLEGATI



Carmine Mazzarotti

1. Relazione sulle indagini geognostiche (sondaggio e down hole) effettuate dal Geol. F. Borgese;
2. Relazione sulle indagini geofisiche integrative;
3. Stralcio della carta geologica in scala 1:10.000 – P.S.C. Vibo Valentia;
4. Stralcio Carta idogeologica in scala 1:10.000 – P.S.C. Vibo Valentia;
5. Stralcio della Carta del Rischio idraulico ABR – P.S.C. Vibo Valentia;
6. Stralcio Cartografia progetto IFFI – ISPRA;
7. Studio di Risposta Sismica Locale.



STUDIO GEOLOGICO TECNICO

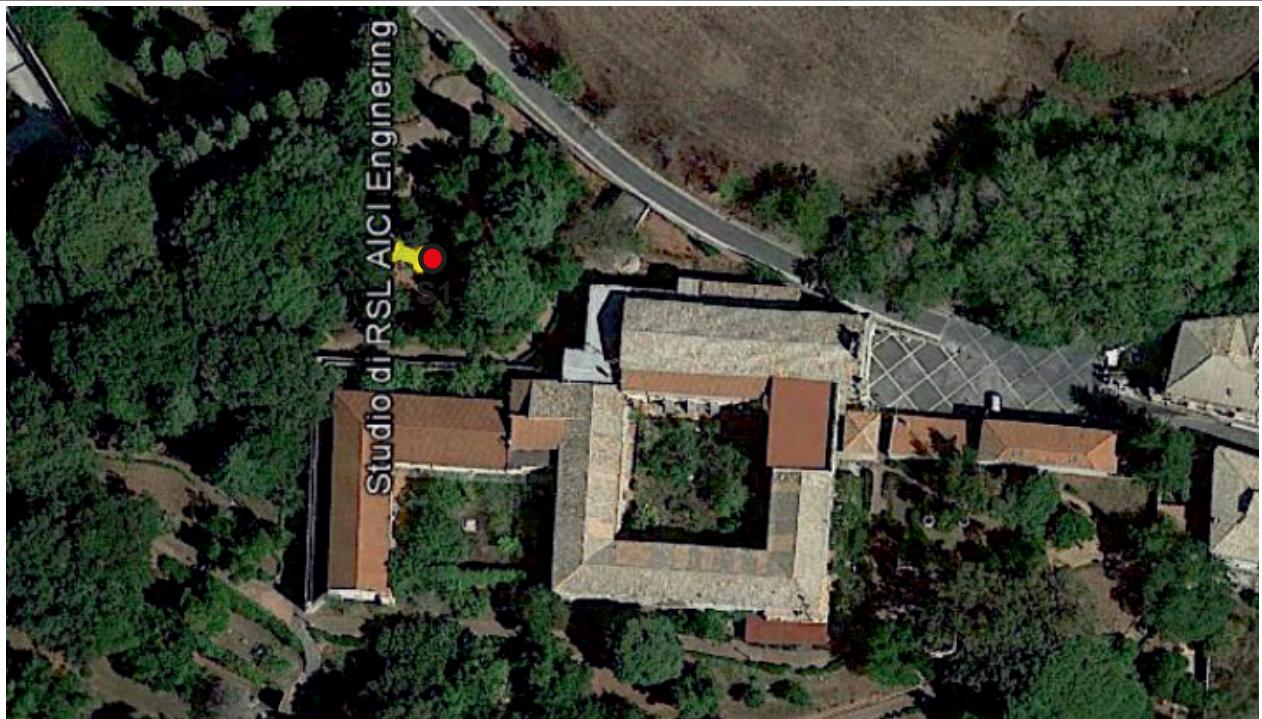
Dott. Geol. Borgese Francesco

COMUNE DI VIBO VALENTIA

Località Via Francesco Cordopatri

INDAGINI DI VULNERABILITÀ SISMICA PER IL CONVENTO SANT'ANTONIO, SITO IN VIA FRANCESCO CORDOPATRI DEL COMUNE DI VIBO VALENTIA (VV)

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE



COMMITTENTE:

AICI Engineering S.r.l.
Via Roma, 10
83030 Montefredane (AV)

Reggio Calabria lì 19 Ottobre 2018

*Studio Via Trapezi, 40 Croce Valanidi
89134 Reggio Calabria
Tel/Fax: 0965-643027
Cell: 328-5990815*

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Francesco Borgese

1 - PREMESSA

Su incarico della **AICI ENGINEERING S.r.l.** sono state realizzate delle indagini geognostiche per i lavori relativi le “**Indagini di Vulnerabilità Sismica per il Convento Sant’Antonio, sito in Via Francesco Cordopatri del Comune di Vibo Valentia (VV)**”.

Tali indagini si sono rese necessarie al fine di conoscere dettagliatamente la successione stratigrafica del sito in esame, l’assetto geometrico, e le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti nel volume significativo.

Le indagini si sono articolate in:

- n° 1 Sondaggio a Carotaggio Continuo spinto fino alla profondità di 30.00 mt dal p.c.;
- Rivestimento del foro con tubi in PVC del diametro di 80 mm per l’esecuzione di prove geofisiche in foro;
- Esecuzione di un Indagine Geofisica in foro con Metodologia Down-Hole (DH-S₁).

1.1 - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per l'esecuzione della campagna geognostica è stata utilizzata una sonda a rotazione EGT Modello 710.3, montata su mezzo cingolato.

Date le caratteristiche dei terreni attraversati è stato utilizzato il carotiere semplice, con corona tagliante ad elementi duri inseriti.

Il sondaggio è stato eseguito con metodologia a rotazione e carotaggio continuo, spinto fino alla profondità massima di 30,00 mt dal p.c., utilizzando un diametro di perforazione pari a 101 mm.

Data la natura dei terreni si è ritenuto opportuno procedere al rivestimento del foro di sondaggio, con tubi in ferro del diametro di 127 mm filettati M/F, e recuperati alla fine della fase estrattiva.

Una volta prelevati, gli spezzoni di carota sono stati posti in n. 4 cassette catalogatrici in PVC a scomparti separati delle dimensioni di 1 mt per 0.50 mt, munite di coperchio di protezione.

Le schede stratigrafiche ottenute sono state compilate alla fine del sondaggio, in maniera tale da esaminare il terreno nelle condizioni il più possibile simili a quelle in posto.

Alla fine della fase estrattiva il foro di sondaggio S1 è stato rivestito con tubi in PCV del diametro di 80 mm e successivamente è stata iniettata una boiacca di cemento nell'intercapedine tubo-terreno, al fine di poter eseguire le prove geofisiche in foro come ordinato dalla D.L..

Successivamente la fase di perforazione e di condizionamento del foro, è stata eseguita un'indagine Geofisica in foro del tipo Down-Hole.

Reggio Calabria lì 19.10.2018

In Fede
Dott. Geol. Borgese Francesco





STUDIO GEOLOGICO TECNICO

Dott. Geol. Borgese Francesco

INDAGINI DI VULNERABILITA' SISMICA PER IL CONVENTO SANT'ANTONIO, SITO IN VIA FRANCESCO CORDOPATRI DEL COMUNE DI VIBO VALENTIA (VV)

SCHEDE STRATIGRAFICHE ORTOFOTO UBICAZIONE INDAGINI

COMMITTENTE:

AICI Engineering S.r.l.
Via Roma, 10
83030 Montefredane (AV)

Reggio Calabria lì 19 Ottobre 2018

IL GEOLOGO



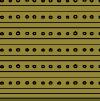
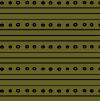
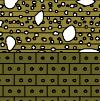
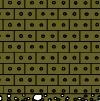
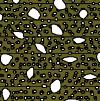
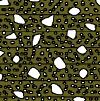
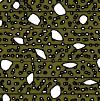
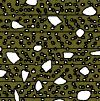
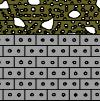
Francesco Borgese
Dott. Geol. Francesco Borgese

Studio
Via Trapezi, 40 Croce Valanidi
89134 Reggio Calabria
Tel/Fax: 0965-643027 Cell: 328-5990815

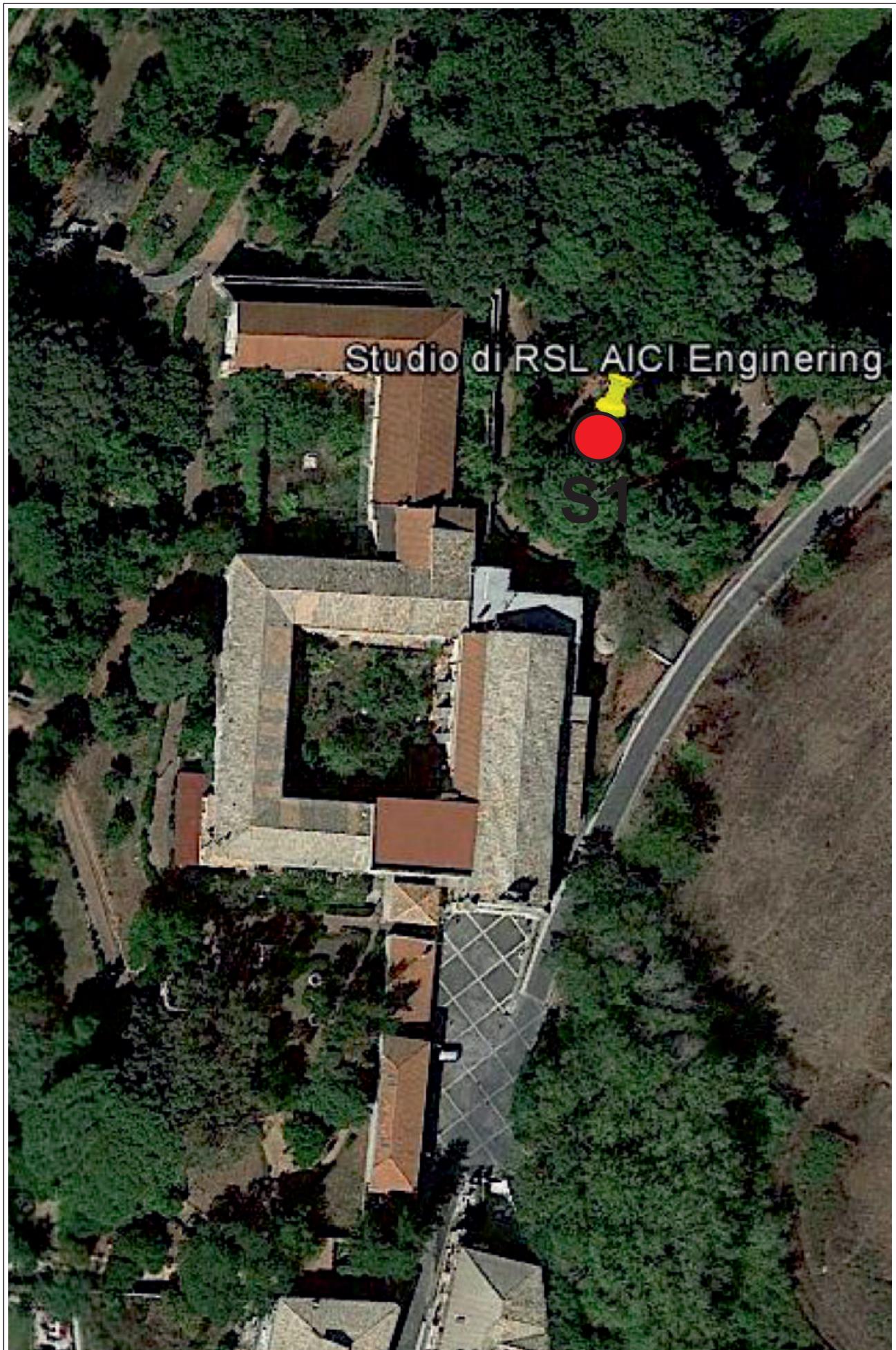
STRATIGRAFIA - S3

SCALA 1:125

Pagina 1/1

Riferimento: Indagini di Vulnerabilità Sismica per il Convento Sant'Antonio di Vibo Valentia										Sondaggio: S3		
Località: Via Cordopatri - Vibo Valentia										Quota:		
Impresa esecutrice:										Data:		
Coordinate:										Redattore:		
Perforazione: A Carotaggio Continuo										D E S C R I Z I O N E		
ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	RQD % 0 --- 100	prof. m
				1								Terreno vegetale.
				2							1,6	
				3							3,4	Argilla localmente sabbiosa con presenza di frammenti di ciottoli e locali livelletti debolmente ghiaiosi, di colore marrone chiaro, scarsamente addensata.
				4							5,5	Argilla con presenza di livelli sabbiosi e rari frammenti di ciottoli, scarsamente addensata, di colore marrone.
				5								
				6								Argilla sabbiosa localmente debolmente ghiaiosa, mediamente addensata, di colore marrone chiaro.
				7								
				8								
				9								
				10							10,0	Trovanti di genesi sedimentaria, in matrice sabbiosa, addensata, di colore marrone.
				11								
				12							12,5	
				13								Sabbia argillosa con presenza di locali livelli debolmente ghiaiosi, mediamente addensata, di colore marrone.
				14								
				15								
				16								
				17								
				18								
				19								
				20								
				21								
				22								
				23								
				24								
				25								
				26								
				27								
				28							28,0	Trovante di genesi sedimentaria, di colore grigio chiaro-biancastro.
				29							29,3	
				30							30,0	Sabbia argillosa con presenza di locali livelli debolmente ghiaiosi, mediamente addensata, di colore marrone.

ORTOFOTO UBICAZIONE INDAGINI





STUDIO GEOLOGICO TECNICO

Dott. Geol. Borgese Francesco

INDAGINI DI VULNERABILITA' SISMICA PER IL CONVENTO SANT'ANTONIO, SITO IN VIA FRANCESCO CORDOPATRI DEL COMUNE DI VIBO VALENTIA (VV)

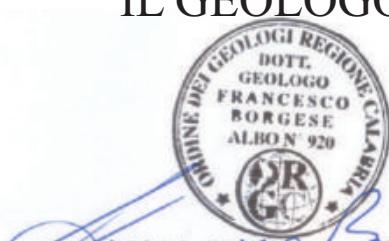
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMMITTENTE:

AICI Engineering S.r.l.
Via Roma, 10
83030 Montefredane (AV)

Reggio Calabria lì 19 Ottobre 2018

IL GEOLOGO



Dott. Geol. Francesco Borgese

Studio
Via Trapezi, 40 Croce Valanidi
89134 Reggio Calabria
Tel/Fax: 0965-643027 Cell: 328-5990815

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Fotografia Sondaggio S1



Sondaggio S1 Cassetta n° 1



Sondaggio S1 Cassetta n° 2



Sondaggio S1 Cassetta n° 3



Sondaggio S1 Cassetta n° 4





STUDIO GEOLOGICO TECNICO

Dott. Geol. Borgese Francesco

INDAGINI DI VULNERABILITA' SISMICA PER IL CONVENTO SANT'ANTONIO, SITO IN VIA FRANCESCO CORDOPATRI DEL COMUNE DI VIBO VALENTIA (VV)

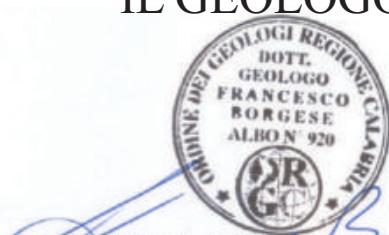
INDAGINE GEOFISICA IN FORO DOWN-HOLE

COMMITTENTE:

AICI Engineering S.r.l.
Via Roma, 10
83030 Montefredane (AV)

Reggio Calabria lì 19 Ottobre 2018

IL GEOLOGO



Dott. Geol. Francesco Borgese

Studio
Via Trapezi, 40 Croce Valanidi
89134 Reggio Calabria
Tel/Fax: 0965-643027 Cell: 328-5990815

PREMESSA

Nell'ambito delle *Indagini di Vulnerabilità Sismica per il Convento Sant'Antonio, sito in Via Francesco Cordopatri del Comune di VIBO VALENTIA (VV)*, è stata eseguita una prospezione sismica in foro con metodologia Down-Hole (**DH-S₁**), finalizzata alla definizione delle principali caratteristiche elastiche dinamiche dei litotipi presenti nell'area in esame. Il contesto geolitologico dell'area investigata vede la presenza di un substrato di natura metamorfica a vario grado di alterazione/fratturazione, su cui poggiano depositi di copertura/alterazione di spessore variabile.

Caratteristiche delle apparecchiature

Sismografo modulare *Geometrics Geode* a 24 canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, ad elevata dinamica, avente le seguenti caratteristiche principali:

- *Range dinamico: 144 dB di sistema.*
- *Distorsione: 0.0005 % @ 2.0 ms.*
- *Banda di acquisizione: 1.75-20.000 Hz.*
- *Accuratezza trigger: 1/32 del passo di campionamento.*
- *Impedenza: 20 Kohm.*
- *Filtri in acquisizione: LowCut: 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz 24/48 dB/Octave, Butterworth. Notch: 50, 60, 180 Hz. HighCut: 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Hz 24/48 dB/Octave.*
- *Intervallo di campionamento: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 msec.*
- *Lunghezza di registrazione: 16.384 campioni.*
- *Pre-trigger: fino a tutta la lunghezza di registrazione.*
- *Delay: da 0 a 9999 ms in passi di una lunghezza di intervallo.*

Per il rilievo delle perturbazioni elastiche artificialmente prodotte (Down-Hole), sono stati utilizzati due sensori tridimensionali da foro intervallati di due metri, entrambi costituiti da un geofono verticale e due orizzontali, tra loro disposti con asse di oscillazione ortogonale e frequenza propria di oscillazione di 14 Hz. Il sistema di ancoraggio dei sensori alle pareti del foro è avvenuto tramite due camere d'aria gonfiabili, con doppia rivestitura, comandate dall'alto mediante una pompa ad aria e manometro manuale.

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO CON METODOLOGIA DOWN-HOLE

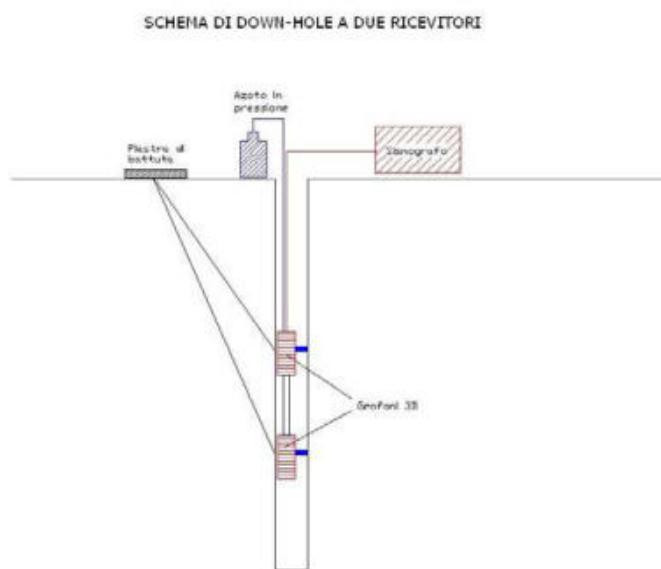
Tecnica di rilevamento

Il foro di sondaggio in cui sono state realizzate le misure (**DH-S₁**) è stato condizionato con tubo in PVC ed opportunamente cementato, in modo da rendere solidale il tubo con il terreno circostante e quindi possibile il transito delle oscillazioni elastiche dal terreno ai sensori contrastati alla parete. L'energizzazione per la generazione delle onde di compressione (P) è stata realizzata con mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per facilitare la generazione ed il rilievo delle onde trasversali con adeguata componente sul piano orizzontale (SH) si è utilizzato una traversina in legno, opportunamente ancorata, producendo un impatto laterale. Sono state effettuate, quindi, per ogni stazionamento, due energizzazioni per le onde S (con inversione di fase), con piano di oscillazione prevalentemente orizzontale, e una verticale per la generazione prevalente delle onde P. Le energizzazioni sono state realizzate ad una distanza di 2.0 metri dal boccaforo.

La tecnica Down-Hole si basa sulla determinazione dei tempi d'arrivo delle onde di volume, rilevate dai sensori all'interno del foro, generate in superficie in prossimità del boccaforo. I tempi di arrivo sono stati calcolati, per ogni intervallo di misura, come differenza dei tempi totali d'arrivo ai due sensori tra loro distanziati di due metri. Essendo le differenze calcolate relative ad un singolo evento di energizzazione, si sono annullati eventuali errori relativi alla partenza esatta della registrazione. Il rapporto tra l'intervallo esistente tra i sensori ed il tempo, determinato come differenza dei tempi d'arrivo delle onde P e S, permette il calcolo delle velocità relative alle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) ogni due metri. L'intervallo di avanzamento della sonda all'interno del tubo è stato fissato a 1 metro, in maniera tale da avere una misura ogni metro.

Nelle tabelle allegate sono riportati i valori dei tempi d'arrivo relativi alle onde P e S, i tempi corretti sulla verticale (T'_p e T'_s), per tenere conto della distanza del punto di energizzazione dal foro di sondaggio, i valori delle velocità V_p e V_s relativi all'intervallo corrispondente ed infine i principali moduli elastici dinamici: il coefficiente di Poisson (v), il modulo elastico (E), il modulo di taglio (G) e il modulo di incompressibilità o di Bulk (K). I valori dei pesi di volume (γ) sono indicativi.

Alcuni di questi dati sono presentati anche in forma grafica: nel primo grafico sono riportate le velocità delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) d'intervallo (istogrammi), mentre nel secondo grafico sono riportati i valori dei coefficienti di Poisson alle varie profondità. Nel terzo diagramma sono stati individuati, sulle dromocrone, i tratti che mostrano caratteri omogenei di velocità (pendenze) e, di conseguenza, sono stati determinati i valori medi rappresentativi dei singoli sismostrati. Nell'ultimo grafico sono riportati i valori dei moduli elastici per ciascun sismostrato.



Interpretazione

DH-S₁

Sotto la coltre di copertura e fino alla profondità di 6 m, si registrano velocità delle onde di taglio (Vs) e delle onde di compressione (Vp) comprese, rispettivamente, tra 219 e 386 m/sec (Vs) e 458 – 770 m/sec (Vp), riferibili ai depositi di copertura/alterazione. Sotto i 6 m e fino a una profondità di 10 m, i valori di Vs sono compresi tra 614 e 809 m/sec, e sono riferibili alle metamorfiti molto fratturate, interessate da un certo grado di alterazione. Da -10 m e fino alla profondità di 18 m, si riscontra una diminuzione di velocità delle onde S, comprese tra 404 e 531 m/sec, che sembrano indicare un aumento dello stato di alterazione all'interno dell'ammasso litoide metamorfico, che resta comunque molto fratturato. A partire dai 18 m e fino a una profondità di 26 m, si evidenzia un nuovo aumento di velocità delle onde di taglio (Vs), variabili tra 659 e 824 m/sec, associabili alle metamorfiti molto fratturate, ancora interessate da un certo grado di alterazione.

A partire dai 26 m di profondità si riscontrano valori di Vs superiori ai 1200 m/sec e valori di Vp superiori ai 2000 m/sec, riferibili alla *Formazione* litoide metamorfica fratturata. La velocità equivalente delle onde di taglio ($V_{s_{eq}}$), calcolata come media per ogni intervallo di misura (pari a 1 m), considerando come *Bedrock Sismico* quello individuato alla profondità di 25 m, è pari a **415** m/sec. Pertanto, anche considerando le inversioni di velocità riscontrate, al sottosuolo di fondazione si può attribuire una CATEGORIA **B** (quota di riferimento p.c.). Non è stata considerata come quota del *Bedrock Sismico*, a base di calcolo delle $V_{s_{eq}}$, quella dove sono stati registrati valori “sporadici” di Vs superiori agli 800 m/sec, imputabili alla locale presenza di parti relativamente più integre all’interno dell’ammasso litoide metamorfico.

Risposta Sismica:

CATEGORIA sottosuolo: **B**;

CATEGORIA Topografica: **T₁**;

Coordinate Geografiche (WGS84): **N 38,674110° E 16,108260°**.

COMUNE DI VIBO VALENTIA (VV)

Indagini di Vulnerabilità Sismica per il Convento Sant'Antonio, in Via Francesco Cordopatri.

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE) SONDAGGIO: S1

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.

Profondità investigata: 30 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m:

2.0

Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici					
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cmc	v	E Mpa	G Mpa	K Mpa	
1.0	8.00	15.50	3.58	6.93	280	144	1.90	0.318	104.3	39.5	95.7	
2.0	9.15	20.20	6.47	14.28	346	136	1.90	0.408	99.0	35.2	180.3	
3.0	10.40	22.65	8.65	18.85	458	219	2.00	0.351	259.7	96.1	291.5	
4.0	11.40	24.65	10.20	22.05	648	312	2.00	0.349	526.3	195.1	579.7	
5.0	12.60	27.35	11.70	25.39	666	299	2.00	0.374	490.8	178.6	648.0	
6.0	13.70	29.50	13.00	27.99	770	386	2.00	0.333	793.2	297.6	790.0	
7.0	14.30	30.80	13.75	29.61	1328	614	2.20	0.364	2262.5	829.3	2776.1	
8.0	14.75	31.80	14.31	30.85	1786	809	2.20	0.371	3950.9	1441.0	5098.7	
9.0	15.25	32.90	14.89	32.12	1732	790	2.20	0.369	3757.5	1372.6	4772.2	
10.0	15.80	34.20	15.49	33.54	1649	705	2.20	0.388	3032.6	1092.1	4528.2	
11.0	16.60	36.00	16.33	35.42	1192	531	2.20	0.376	1707.0	620.2	2298.0	
12.0	17.40	37.85	17.16	37.34	1203	522	2.20	0.384	1659.5	599.5	2386.4	
13.0	18.15	39.80	17.94	39.34	1289	499	2.20	0.412	1549.5	548.8	2924.6	
14.0	19.00	42.00	18.81	41.58	1149	446	2.20	0.411	1236.8	438.2	2321.7	
15.0	19.85	43.90	19.68	43.51	1154	516	2.20	0.375	1612.2	586.3	2146.1	
16.0	20.90	46.35	20.74	45.99	941	404	2.20	0.387	994.7	358.5	1469.9	
17.0	22.10	48.75	21.95	48.42	826	413	2.20	0.334	999.0	374.4	1003.4	
18.0	23.00	50.90	22.86	50.59	1098	460	2.20	0.393	1298.9	466.1	2031.2	
19.0	23.65	52.35	23.52	52.06	1513	679	2.20	0.374	2784.2	1013.0	3688.7	
20.0	24.30	53.80	24.18	53.53	1517	680	2.20	0.374	2795.7	1017.2	3704.2	
21.0	25.00	55.30	24.89	55.05	1412	659	2.20	0.361	2599.1	954.9	3116.0	
22.0	25.60	56.50	25.49	56.27	1646	822	2.20	0.334	3962.9	1485.2	3981.2	
23.0	26.25	57.90	26.15	57.68	1523	707	2.20	0.363	2997.3	1099.8	3638.9	
24.0	26.80	59.10	26.71	58.90	1798	824	2.20	0.367	4084.6	1493.9	5121.9	
25.0	27.35	60.35	27.26	60.16	1800	792	2.20	0.380	3812.4	1381.5	5288.2	
26.0	27.90	61.50	27.82	61.32	1802	861	2.20	0.352	4412.8	1632.0	4968.3	
27.0	28.35	62.30	28.27	62.13	2199	1233	2.30	0.271	8888.5	3497.5	6460.1	
28.0	28.75	63.10	28.68	62.94	2473	1235	2.30	0.334	9355.4	3506.8	9388.4	
29.0	29.15	63.85	29.08	63.70	2475	1317	2.30	0.302	10398.2	3991.9	8770.1	
30.0	29.60	64.60	29.53	64.46	2205	1319	2.30	0.221	9773.4	4000.7	5848.3	

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

v: Coefficiente di Poisson

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

E: Modulo di Young

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

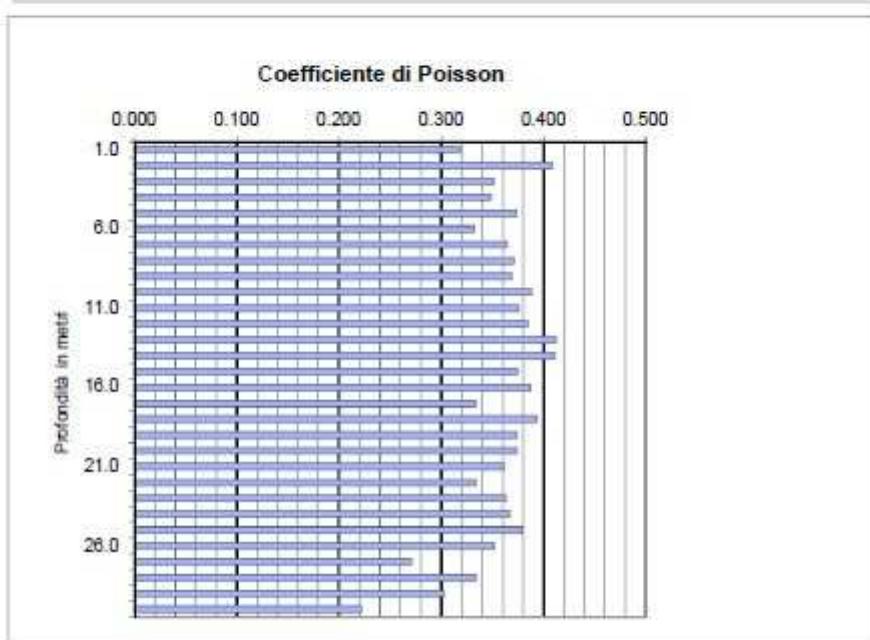
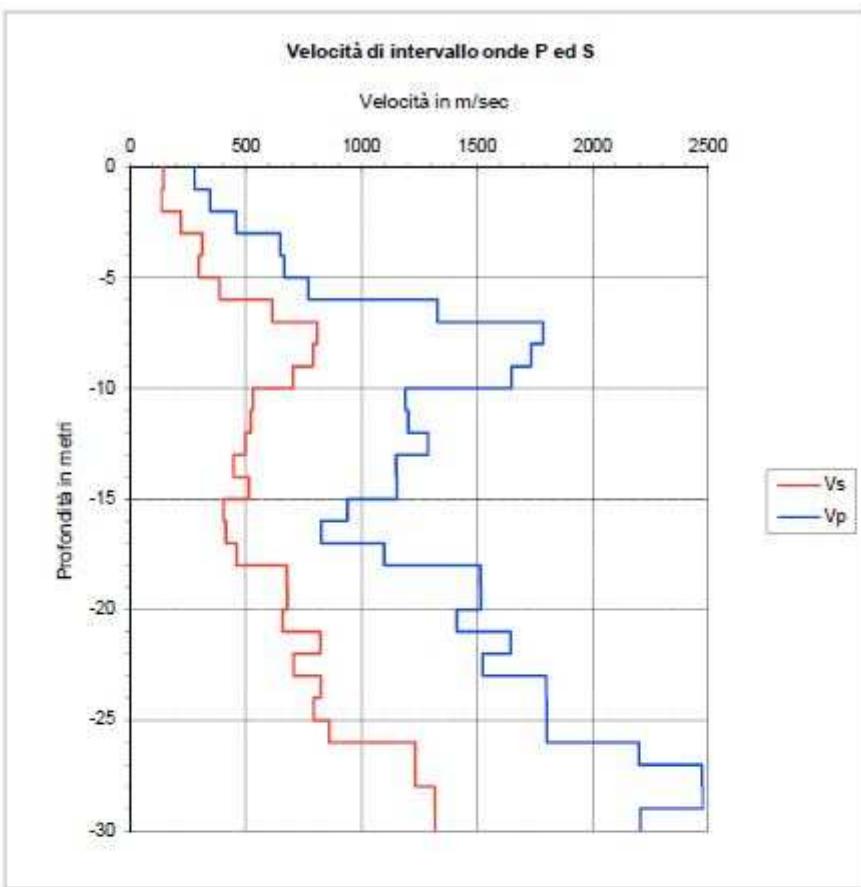
G: Modulo di taglio

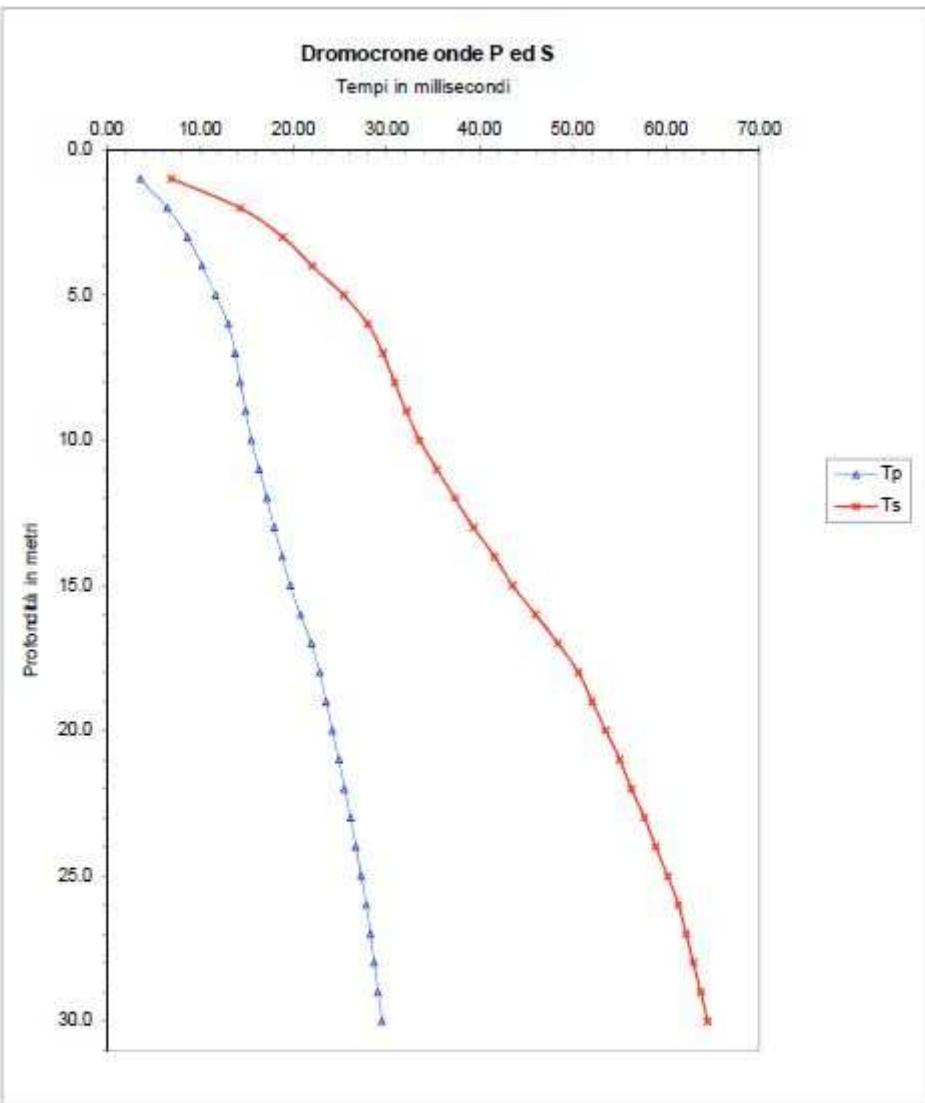
Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

γ : Peso di Volume

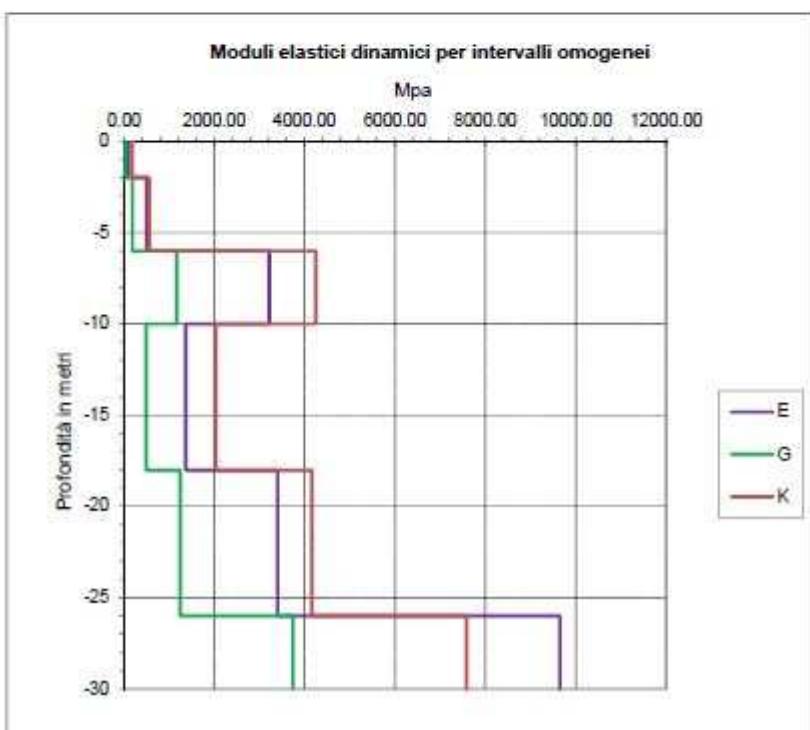
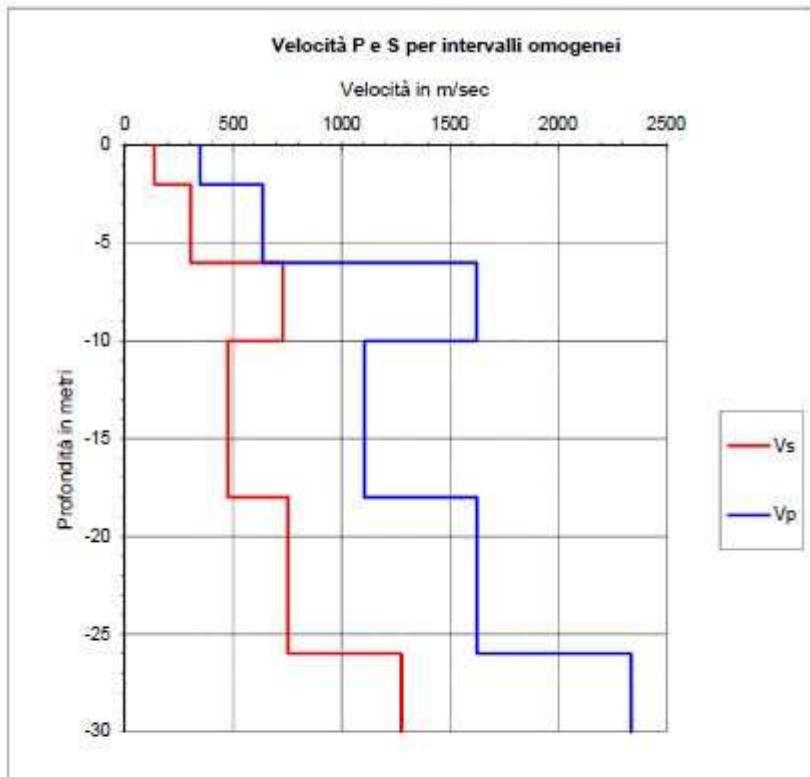
Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

K: Modulo di incompressibilità





Intervalli misure	Intervallo omogenei di velocità		γ g/cm ³	v	Moduli elasticici dinamici		
	V_p m/sec	V_s m/sec			E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 2	346	136	1.90	0.41	99.02	35.15	180.3
2 - 6	636	304	2.00	0.35	499.73	184.87	561.2
6 - 10	1624	729	2.20	0.37	3215.87	1170.56	4242.0
10 - 18	1107	474	2.20	0.39	1371.43	494.14	2035.1
18 - 26	1627	753	2.20	0.36	3401.81	1247.34	4157.5
26 - 30	2338	1276	2.30	0.29	9646.61	3745.14	7579.6



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

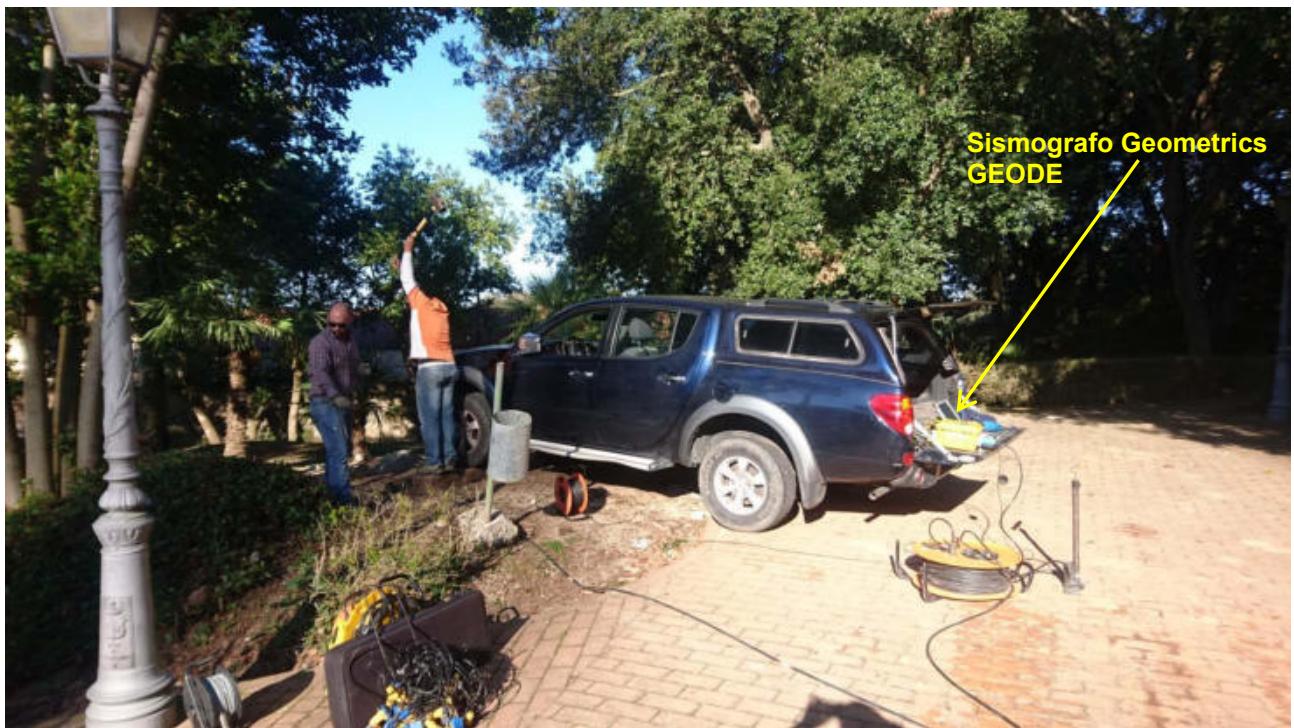


Foto 1. Prosezione sismica in foro DH-S₁

Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
DOTTORE DI RICERCA IN ANALISI E
MODELLAZIONE DEI SISTEMI AMBIENTALI
Via Salvo D'Acquisto, 69 - 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
pec: annalisa.vietri@epap.sicurezzapostale.it
CELL. 3384077823



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA E VALUTAZIONE DELLA
SICUREZZA STRUTTURALE, RILIEVO ARCHITETTONICO,
TOPOGRAFICO, IMPIANTISTICO E STRUTTURALE E VERIFICA
PREVENTIVA DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO, FINALIZZATO
ALLA REDAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO
ECONOMICA DELL'INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE E
RIFUNZIONALIZZAZIONE DA EFFETTUARSI SULL'IMMOBILE
DEMANIALE “CASERMA FLORESTANO PEPE”.**

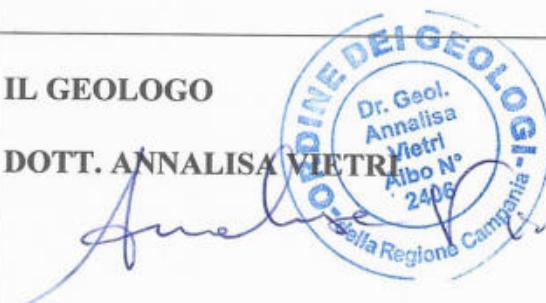


Data: Giugno 2018

IL COMMITTENTE: AICI ENGINEERING SRL

IL GEOLOGO

DOTT. ANNALISA VIETRI



**INDAGINE GEOFISICA TRAMITE TECNICA MASW
ELABORAZIONE MASW1 E MASW2**

Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

GENERALITÀ SULLE TECNICHE DI INDAGINE UTILIZZATE

La scrivente, dott. geol. Annalisa Vietri, iscritta all'Ordine dei Geologi della Regione Campania col n.º 2406, ha ricevuto incarico da AICI Engineering srl, di effettuare, nel rispetto di quanto disciplinato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 17-01-18, delle indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di determinare il parametro V_{Seq} e la categoria del sottosuolo di fondazione. Nello specifico sono state eseguite due indagini nell'area del Comune di Vibo Valentia in via Francesco Cordopatri per la "VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE, RILIEVO ARCHITETTONICO, TOPOGRAFICO, IMPIANTISTICO E STRUTTURALE E VERIFICA PREVENTIVA DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO, FINALIZZATO ALLA REDAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA DELL'INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE E RIFUNZIONALIZZAZIONE DA EFFETTUARSI SULL'IMMOBILE DEMANIALE "CASERMA FLORESTANO PEPE".

L'elaborazione è stata effettuata con il **Easy MASW della Geostru Software**.

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

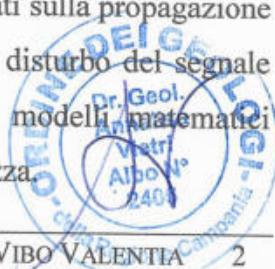
Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L-Love**: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh**: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.



Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.



Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Per ottenere un profilo verticale di velocità V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di *dispersione*, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione.

La tecnica MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde **S** (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D), che descrive la variazione di V_s con la profondità.

L'elaborazione del MASW con software specifico ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio, il valore del parametro V_{se} e la relativa classe di terreno, nonché la frequenza di risonanza caratteristica del sì.



MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) - GENERALITA'

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio) e, tramite valutazione dell'equazione della risonanza e modellazione del rapporto spettrale H/V, stimare il periodo proprio di sito.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 gennaio 2018.

Seguendo quanto richiesto dalla NTC 2018 la classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Strumentazione impiegata

Lo strumento adoperato per l'indagine in oggetto è il DOREMI, prodotto dalla "Sara Electronic Instruments" di Perugia; si tratta di un sismografo a trasmissione digitale del segnale, concepito per garantire la massima flessibilità di utilizzo in tutte le indagini geofisiche ed è costituito da unità miniaturizzate e indipendenti che distribuiscono l'elettronica lungo tutto lo stendimento. È uno strumento adatto ai seguenti tipi di indagine: rifrazione; rifrazione e Microtremori (ReMi); M.A.S.W.; S.A.S.W.; riflessione; down-hole, crosshole; up-hole. L'architettura innovativa del sismografo DoReMi offre un'eccezionale silenziosità ed immunità ai rumori raggiungendo una dinamica totale di 155dB la quale



permette, ad esempio in una indagine per rifrazione, il superamento dei 70 metri energizzando con una mazza da 8 Kg.

I geofoni adoperati sono i geofoni verticali da 4.5Hz.

Nel caso specifico in esame, l'acquisizione delle MASW è stata eseguita posizionando 24 geofoni da 4.5 Hz lungo un profilo con le seguenti caratteristiche:

- distanza intergeofonica: 1.0 m;
- offset sorgente: 1.0 m;
- durata acquisizione: 1000 ms;
- intervallo di campionamento: 1.0 ms.

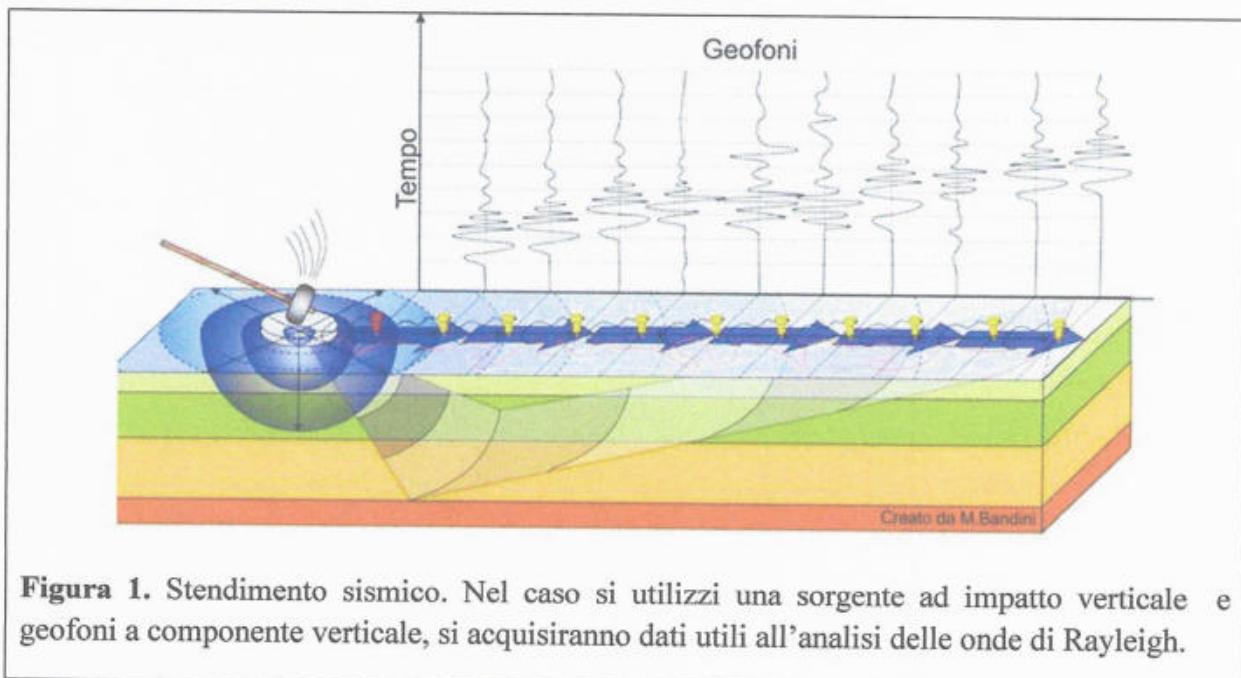


Figura 1. Stendimento sismico. Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.

Elaborazione

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software **Easy MASW della Geostru Software**. I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s).



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

DATI GENERALI

COMMITTENTE AICI Engineering srl
CANTIERE via Francesco Cordopatri



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

ELABORAZIONE MASW1



ELABORAZIONE MASW - COMM.: AICI ENGINEERING SRL – VIA CORDOPATRI – VIBO VALENTEA



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

DATI GENERALI MASW1

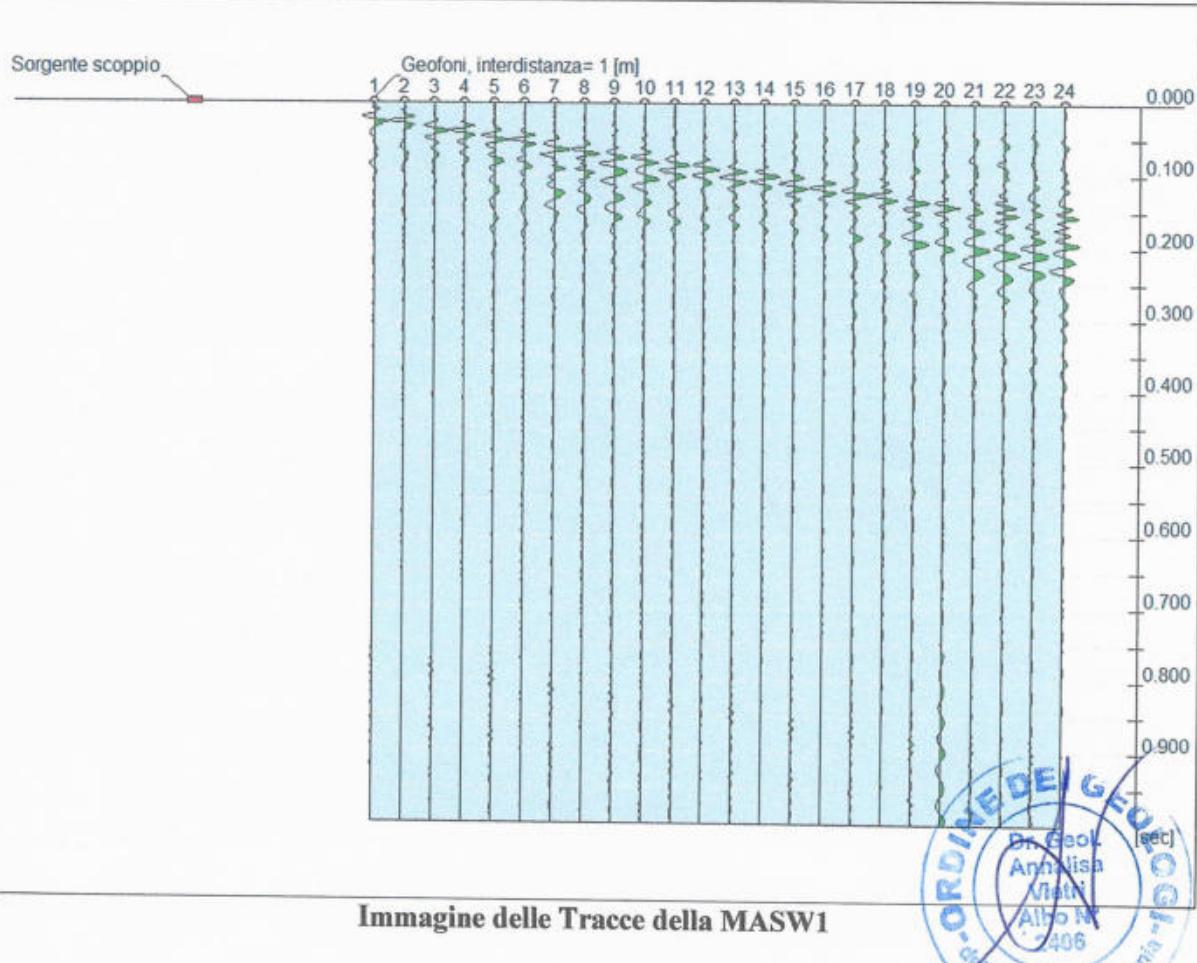
Committente	AICI Engineering srl
Cantiere	via Francesco Cordopatri
Località	Vibo Valentia
Latitudine	38.6738
Longitudine	16.1075



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69 - 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 - 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.: 338/4077823 - P. IVA 02482130644

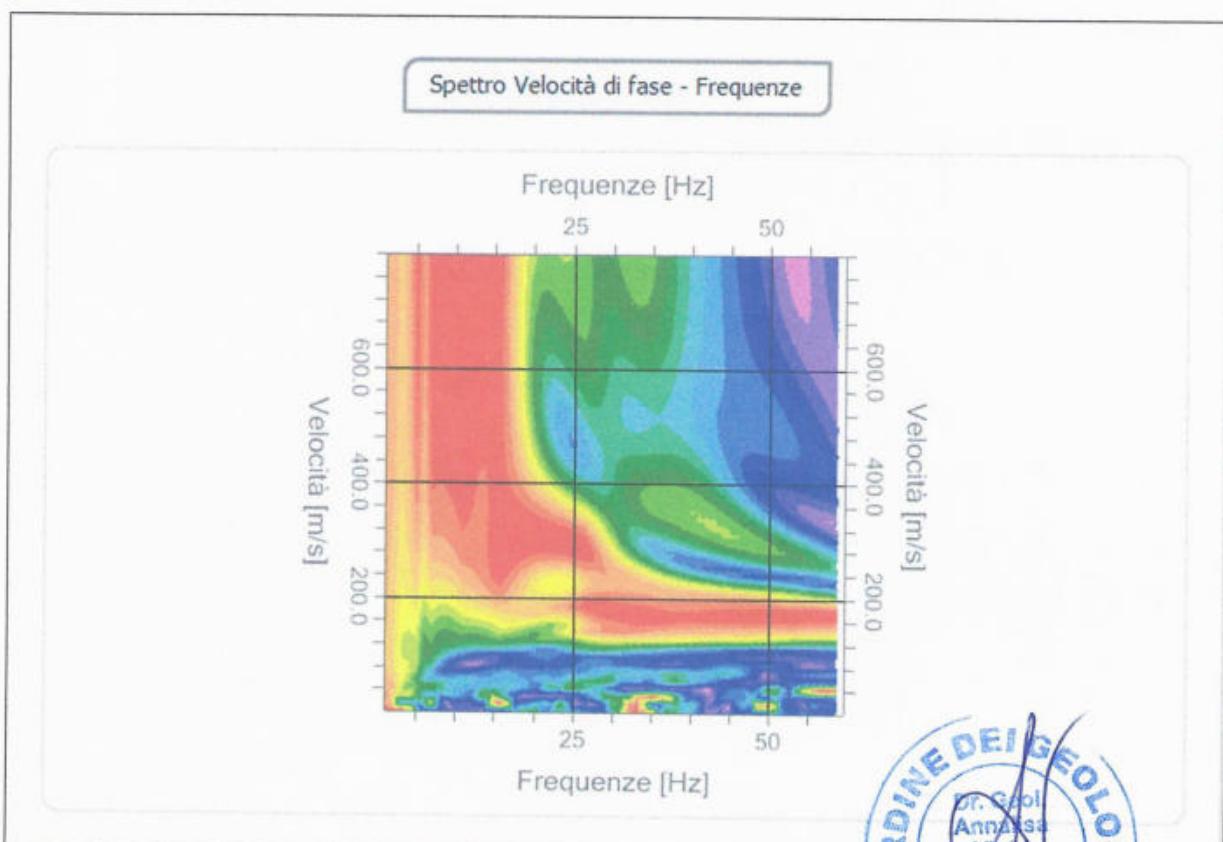
TRACCE MASW1

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



ANALISI SPETTRALE MASW1

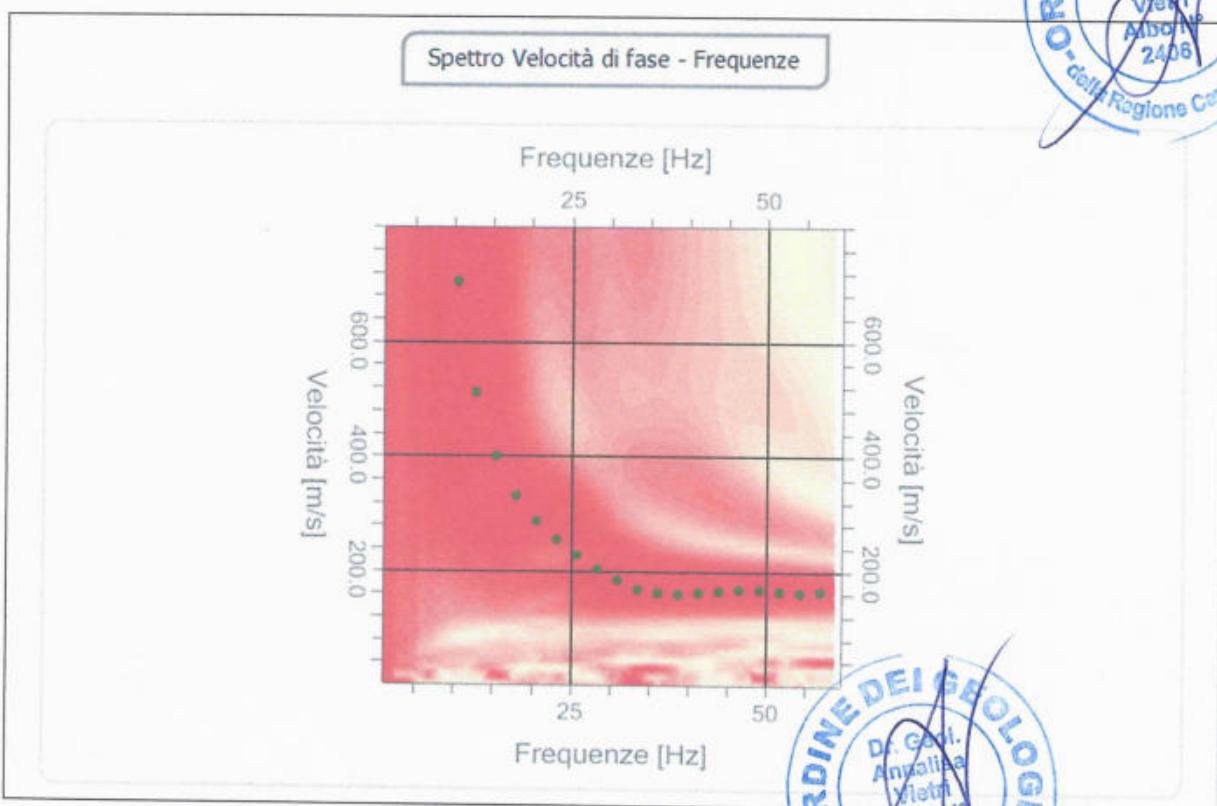
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
 Dottore di Ricerca in Analisi e
 Modellazione dei Sistemi Ambientali
 Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
 Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
 e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
 Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

CURVA DI DISPERSIONE MASW1

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.3	705.1	0
2	12.9	512.1	0
3	15.5	398.8	0
4	18.1	331.0	0
5	20.7	286.9	0
6	23.2	254.0	0
7	25.8	226.5	0
8	28.4	202.5	0
9	31.0	182.7	0
10	33.6	168.5	0
11	36.2	160.6	0
12	38.8	159.2	0
13	41.4	160.9	0
14	44.0	163.9	0
15	46.5	166.4	0
16	49.1	167.2	0
17	51.7	165.6	0
18	54.3	163.1	0
19	56.9	163.6	0



INVERSIONE MASW1

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume satufo [kg/mc]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	Sismostrato 1	3.00	3.00	1600.0	287.4	176.0
2	Sismostrato 2	10.00	7.00	1700.0	886.1	542.6
3	Sismostrato 3	17.66	7.66	1800.0	1164.2	712.9
4	Sismostrato 4	35.00	17.34	1900.0	1866.9	1143.3

Percentuale di errore

0.072 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.034

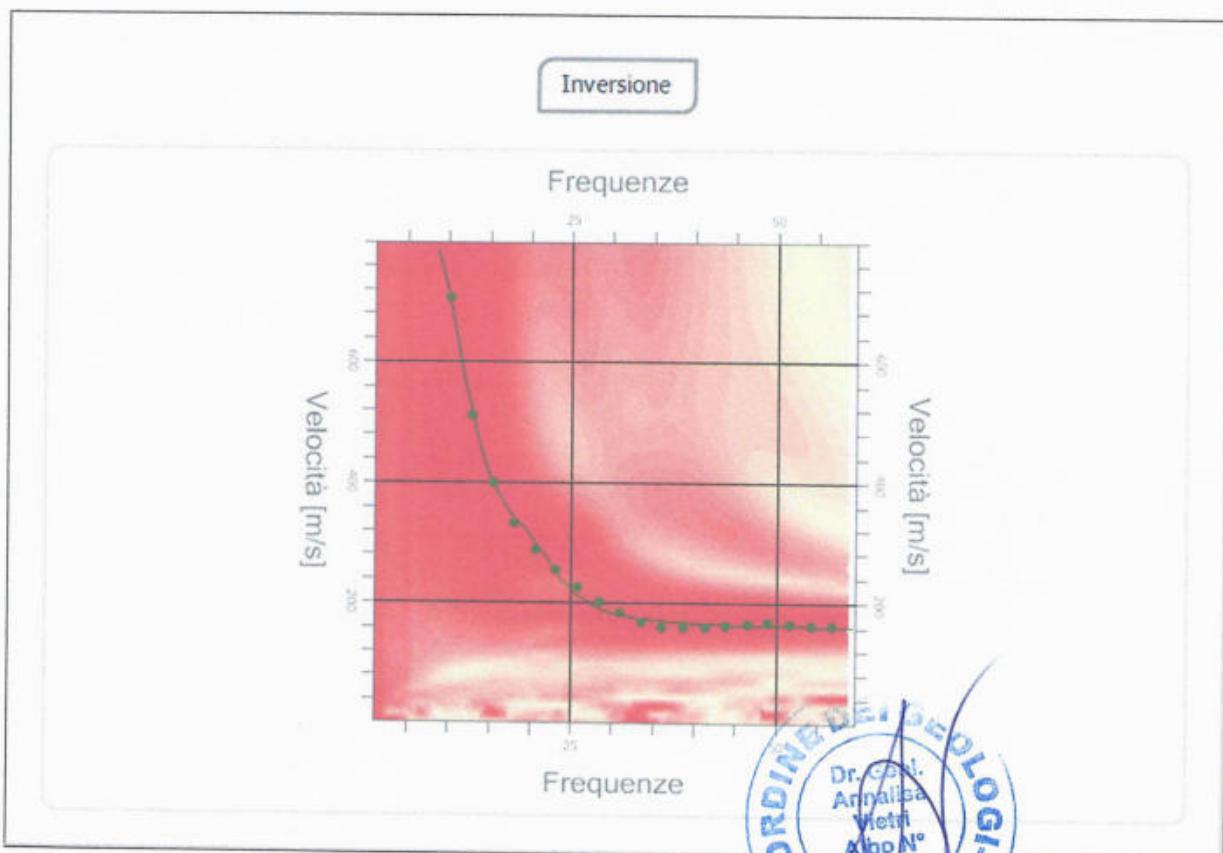
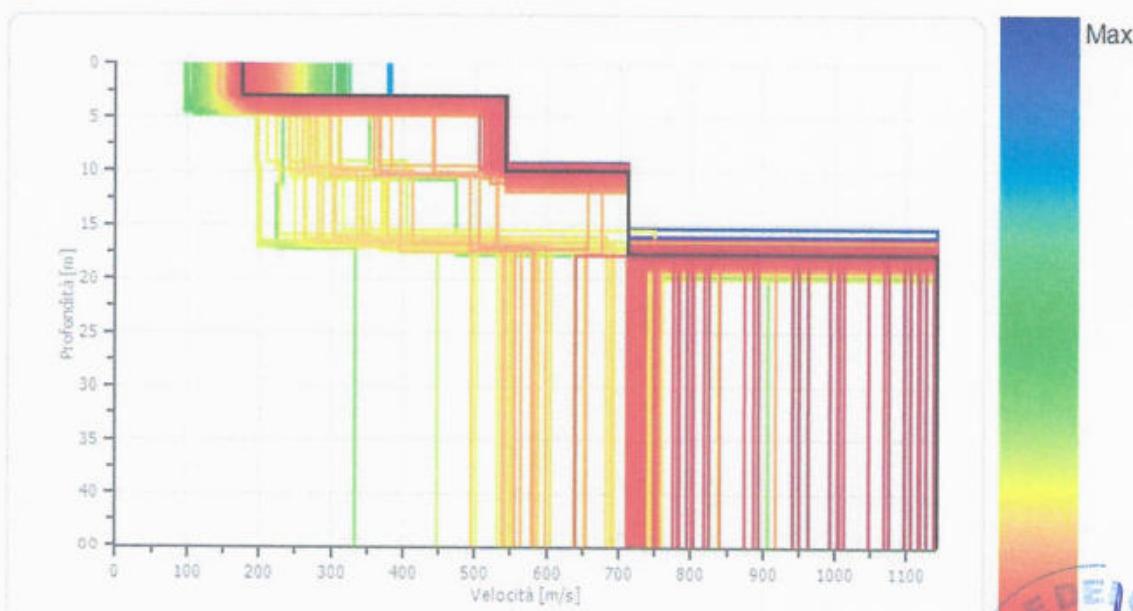


Grafico dell'inversione – MASWI

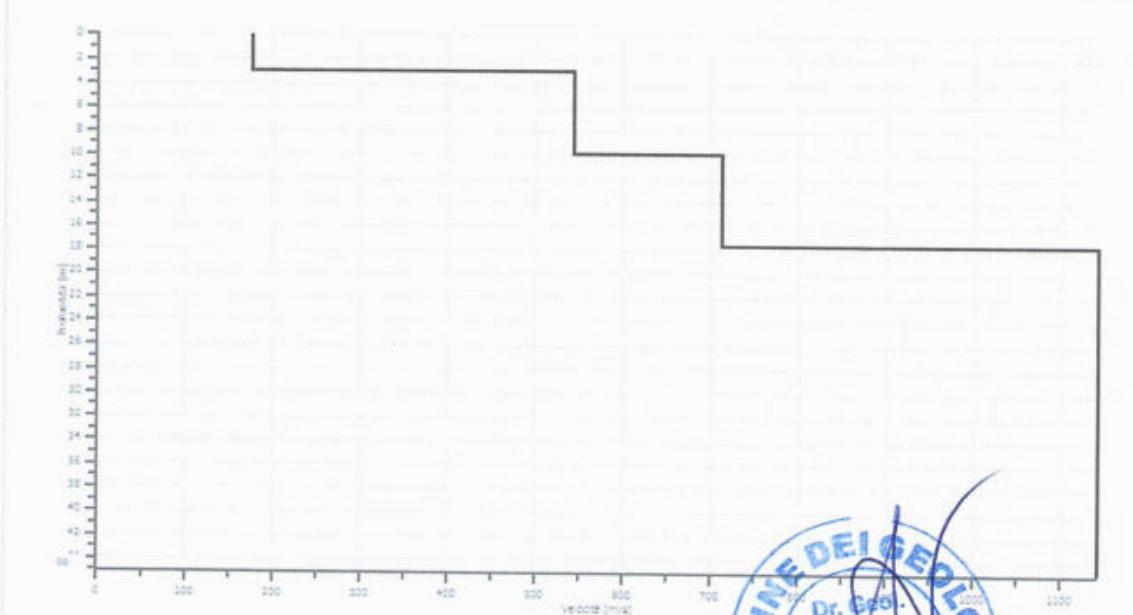


Profilo di velocità

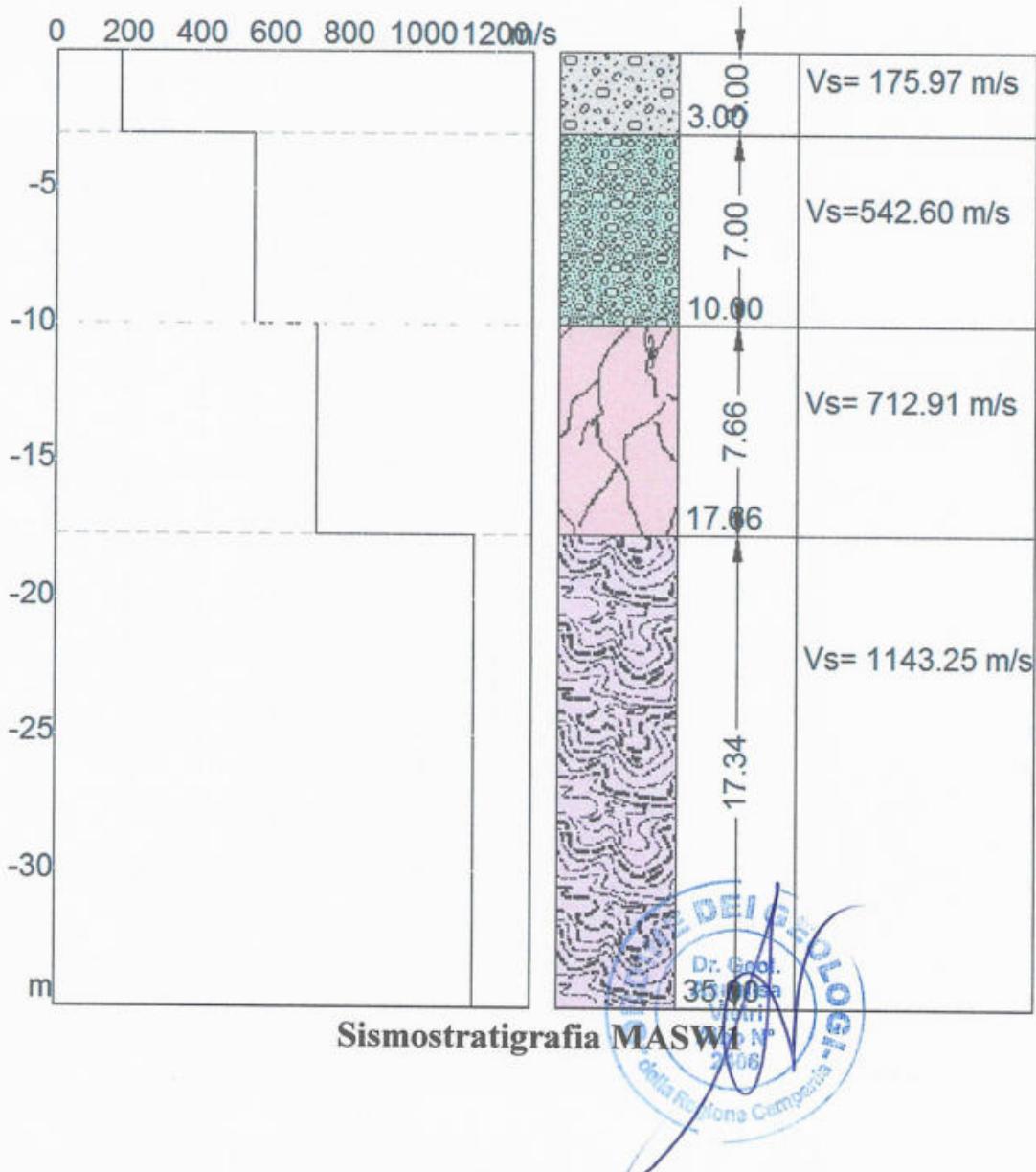


Profili di velocità individuati dall'elaborazione della MASW1

Profilo di velocità



Profilo di velocità scelto – MASW1



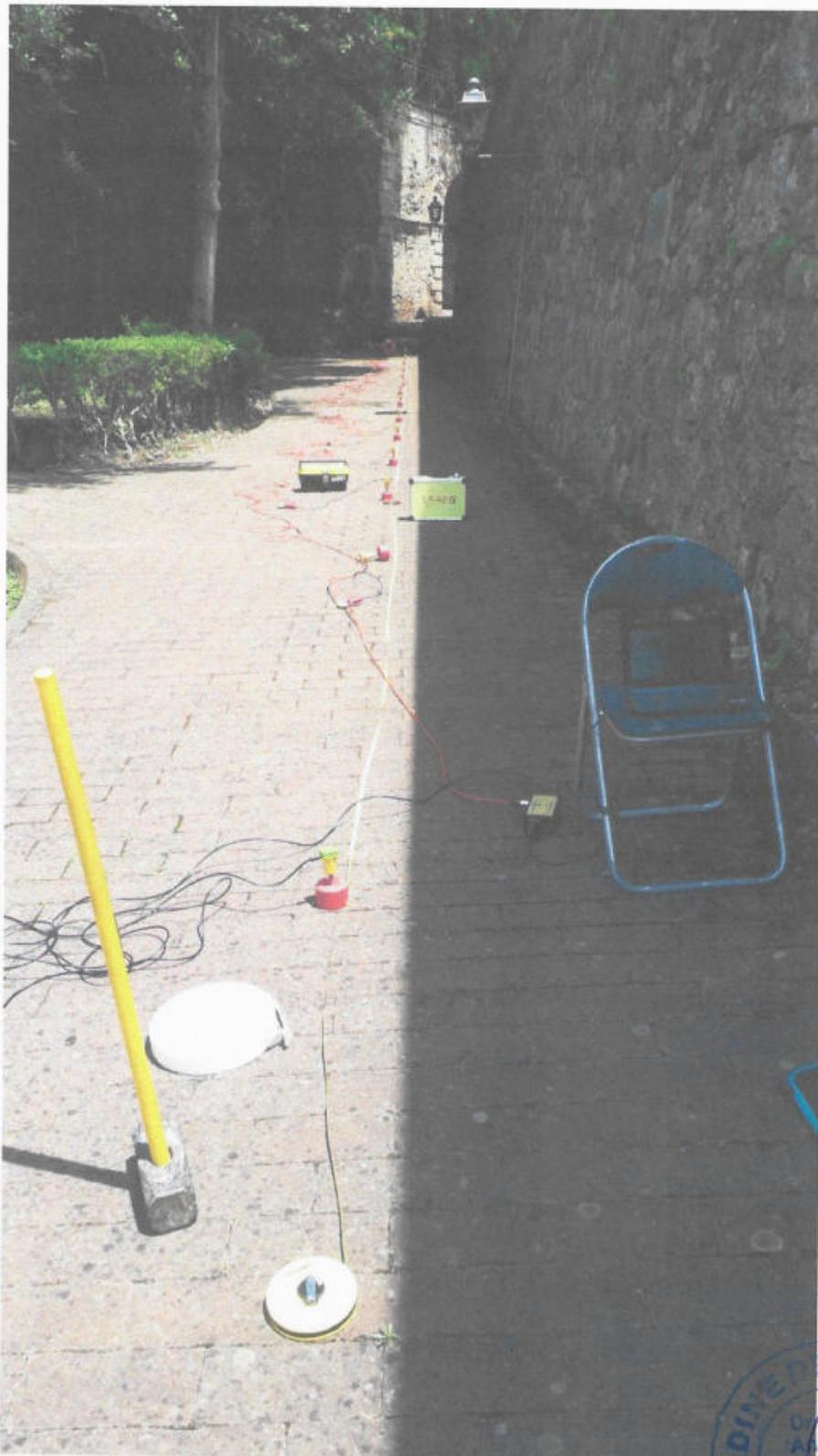
RISULTATO ELABORAZIONE MASW1

Profondità piano di posa [m]	0.00
V_s, eq [m/sec]	582.68
Categoria del suolo	B

SOTTOSUOLO DI TIPO B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

ELABORAZIONE MASW2



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

DATI GENERALI MASW2

Committente	AICI Engineering srl
Cantiere	via Francesco Cordopatri
Località	Vibo Valentia
Latitudine	38.67434
Longitudine	16.107822



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

TRACCE MASW2

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

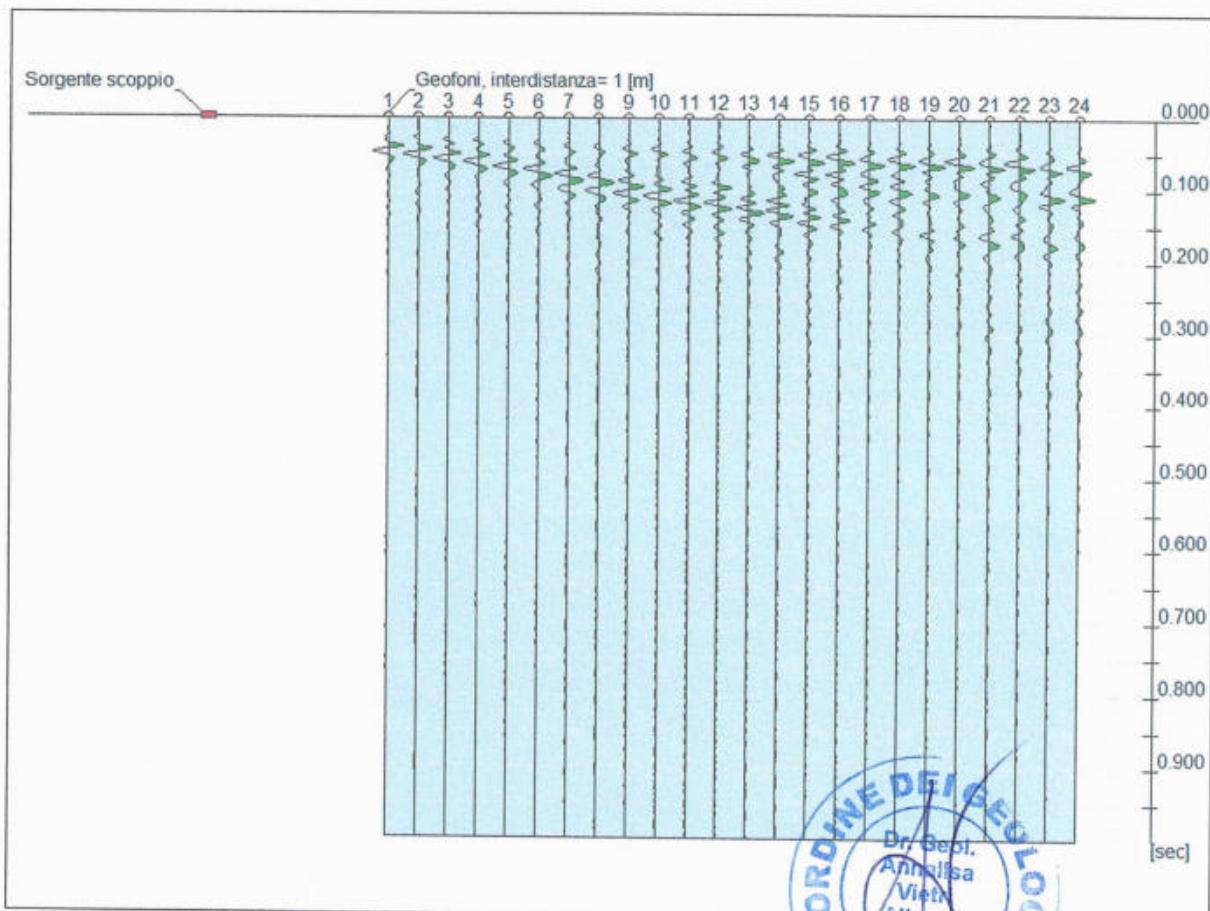


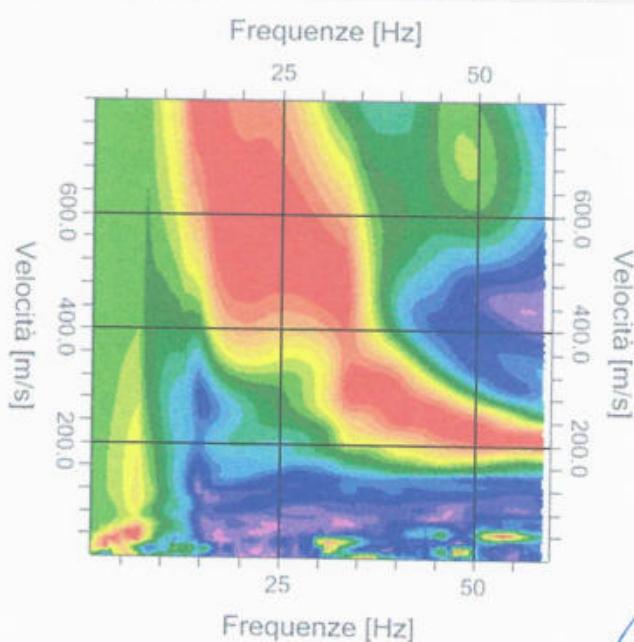
Immagine delle Tracce della MASW2

Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

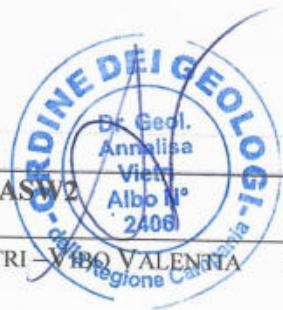
ANALISI SPETTRALE MASW2

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Spettro velocità di fase- Frequenze in 2D – xy – MASW2



Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
 Dottore di Ricerca in Analisi e
 Modellazione dei Sistemi Ambientali
 Via Salvo D'Acquisto, 69- 83030 Torre le Nocelle (AV)
 Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
 e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
 Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

CURVA DI DISPERSIONE MASW2

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.5	731.7	0
2	17.9	602.4	0
3	20.4	510.6	0
4	22.8	445.8	0
5	25.3	400.2	0
6	27.7	367.4	0
7	30.1	342.7	0
8	32.6	322.9	0
9	35.0	305.8	0
10	37.5	289.9	0
11	39.9	274.7	0
12	42.3	260.1	0
13	44.8	246.3	0
14	47.2	234.0	0
15	49.7	223.7	0
16	52.1	216.1	0
17	54.5	212.0	0
18	57.0	211.8	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze

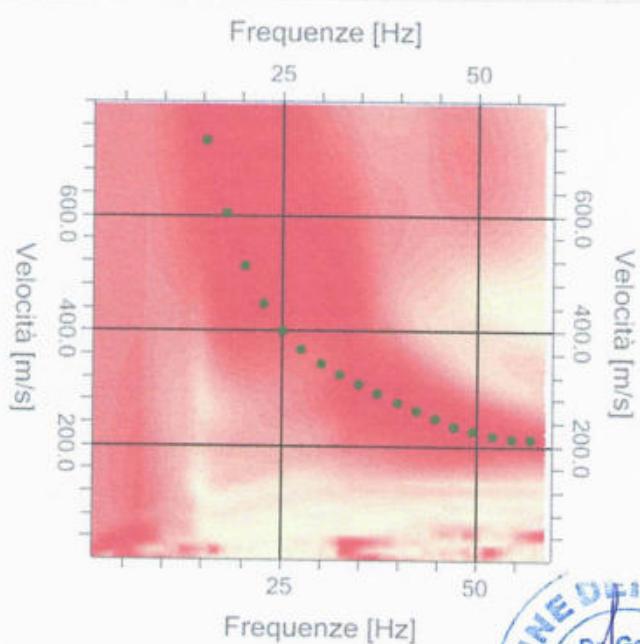


Grafico Frequenze- Velocità – MASW2

INVERSIONE MASW2

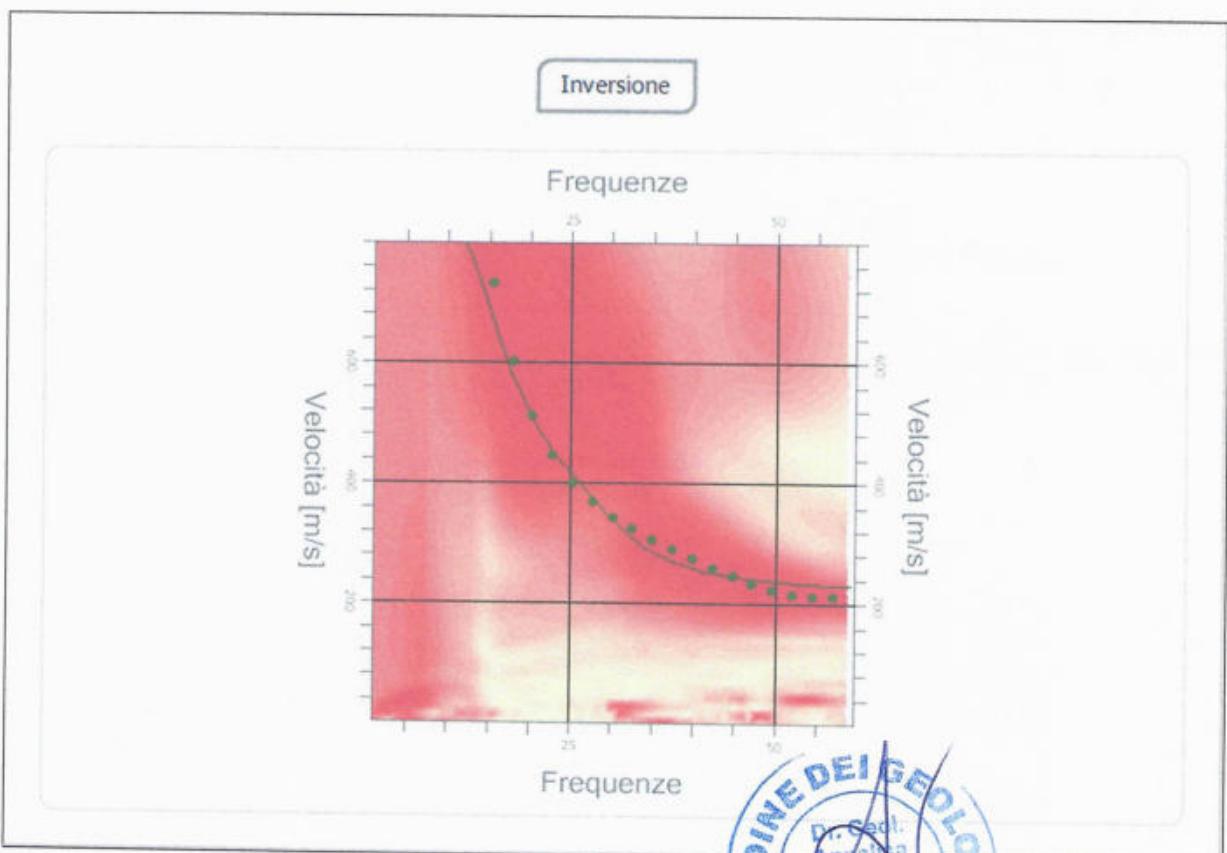
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume saturato [kg/mc]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	Sismostrato 1	3.00	3.00	1600.0	400.9	245.5
2	Sismostrato 2	7.00	4.00	1700.0	912.2	558.6
3	Sismostrato 3	13.00	6.00	1800.0	1257.7	770.2
4	Sismostrato 4	35.00	22.00	1900.0	1877.2	1149.5

Percentuale di errore

0.277 %

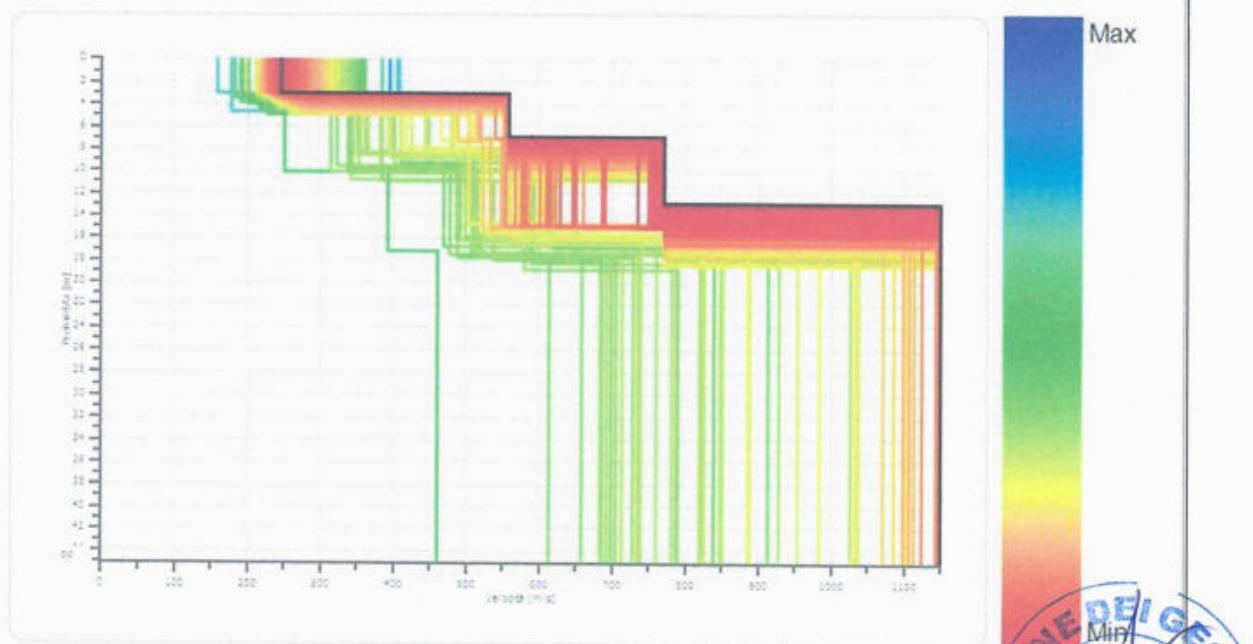
Fattore di disadattamento della soluzione

0.055



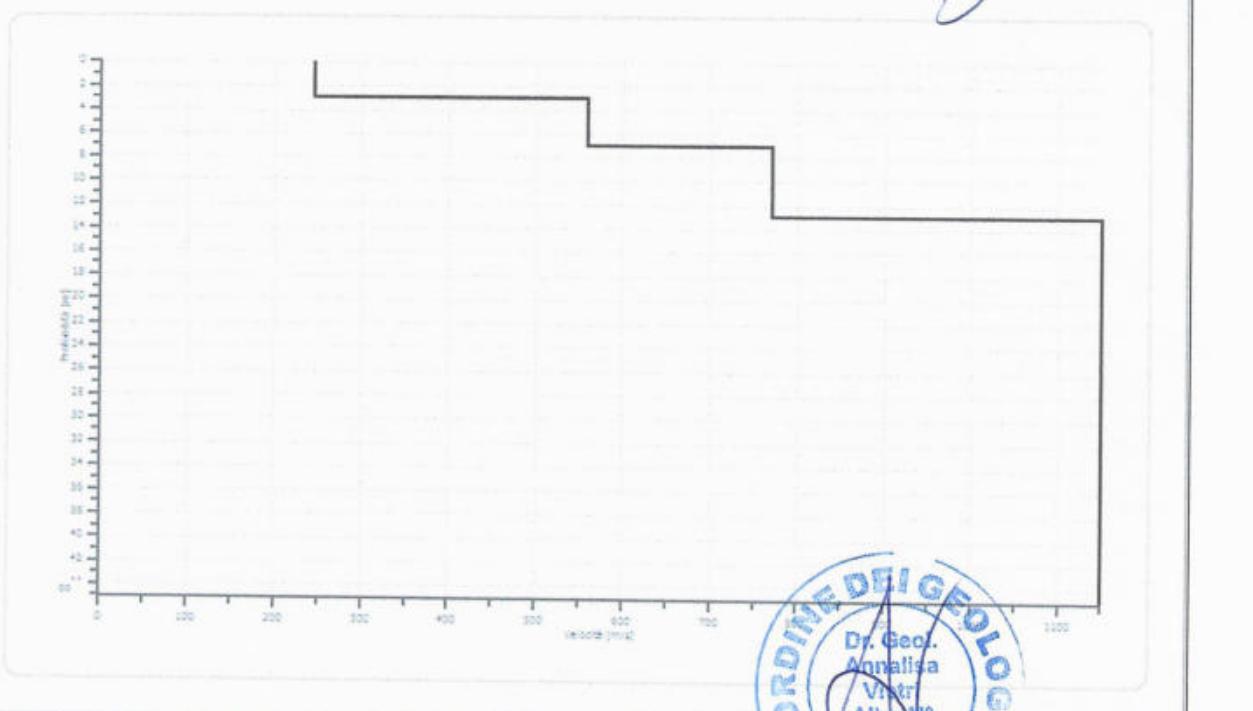
Dott. Geol. ANNALISA VIETRI
Dottore di Ricerca in Analisi e
Modellazione dei Sistemi Ambientali
Via Salvo D'Acquisto, 69 - 83030 Torre le Nocelle (AV)
Via Del Franco, 12 – 83100 Avellino
e mail: annalisa.vietri74@gmail.com
Cell.:338/4077823 - P. IVA 02482130644

Profilo di velocità

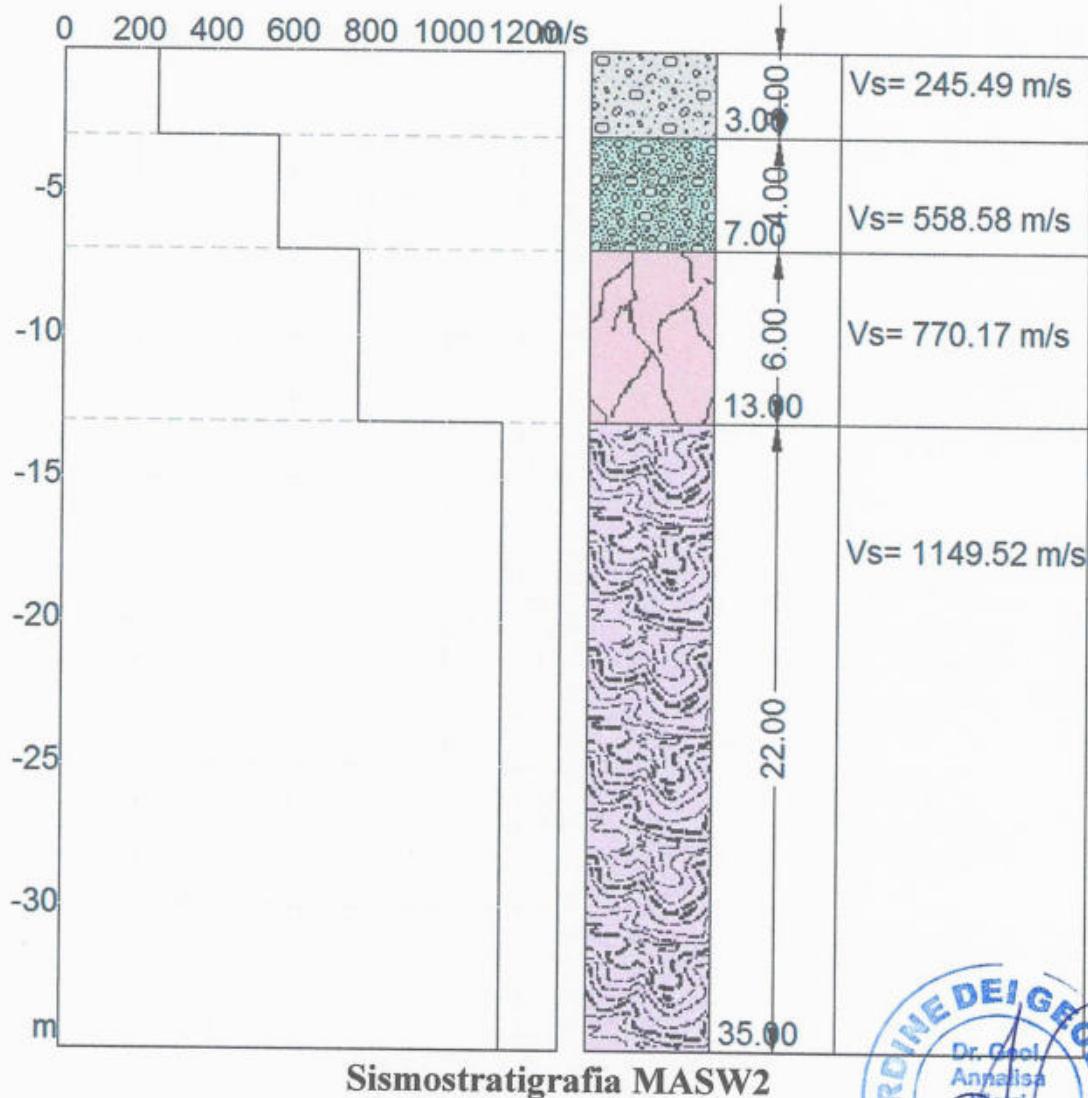


Profili di velocità individuati dall'elaborazione della MASW2

Profilo di velocità



Profilo di velocità scelto – MASW2

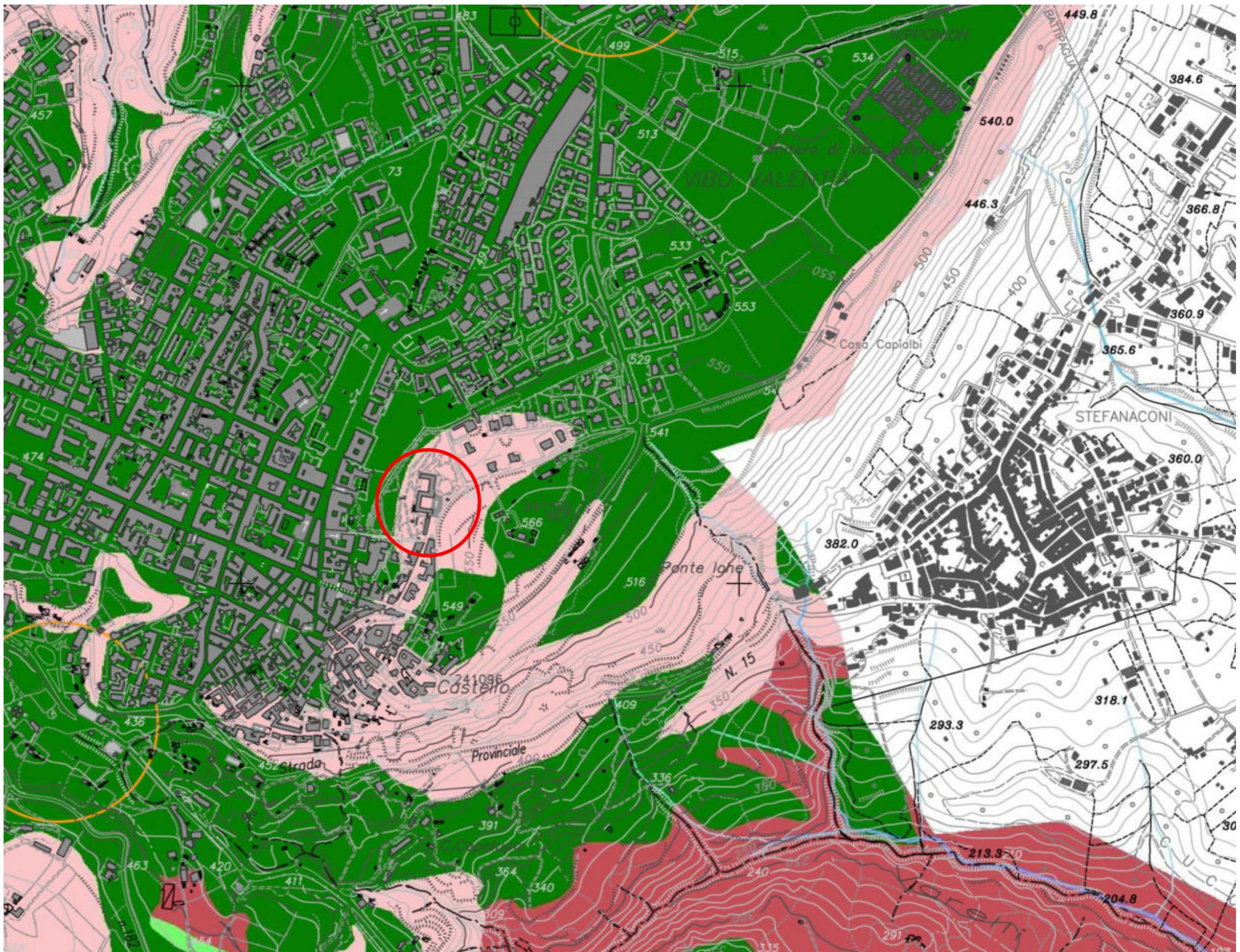


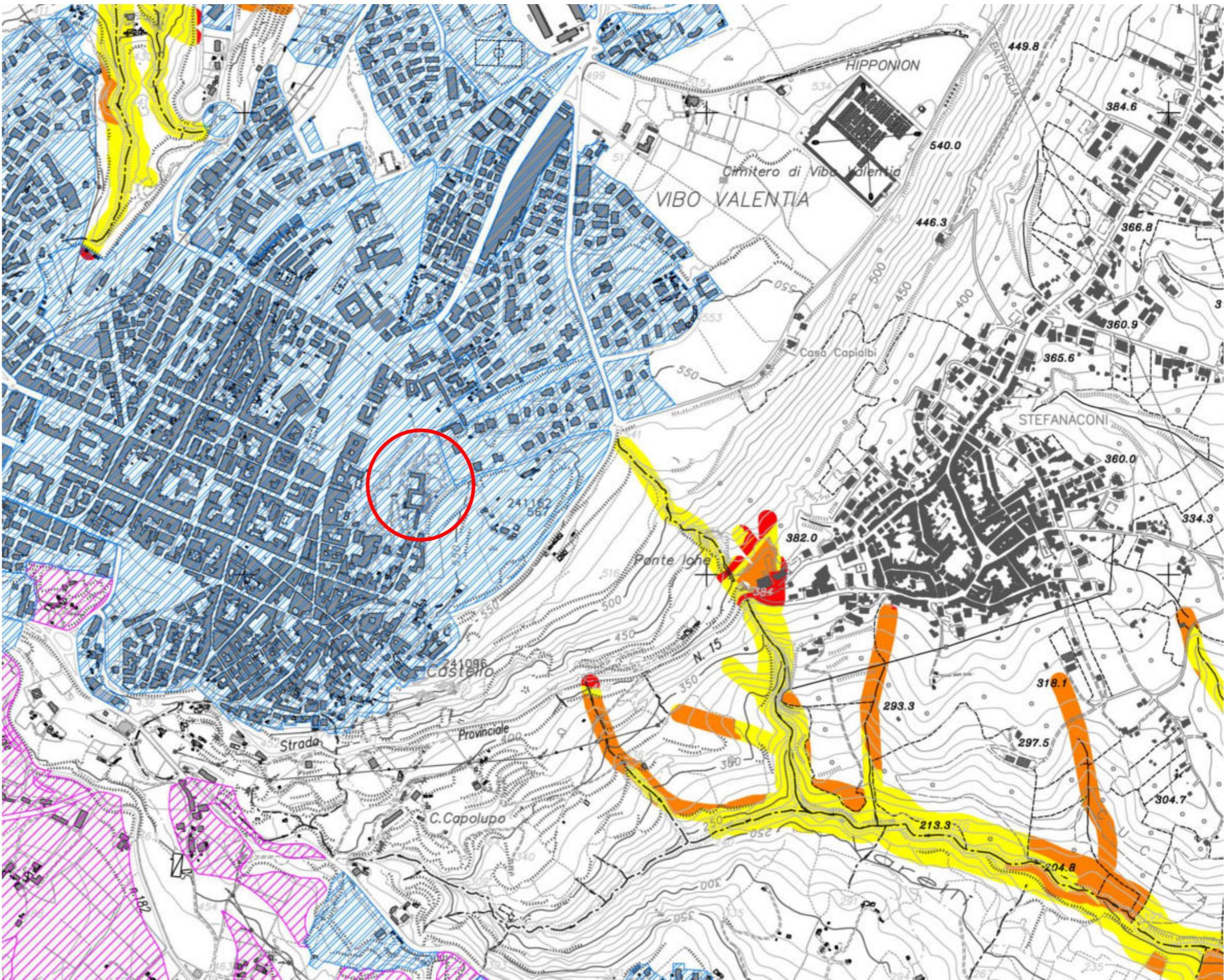
RISULTATO ELABORAZIONE MASW2

Profondità piano di posa [m]	0.00
V_s, eq [m/sec]	714.95
Categoria del suolo	B

SOTTOSUOLO DI TIPO B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.









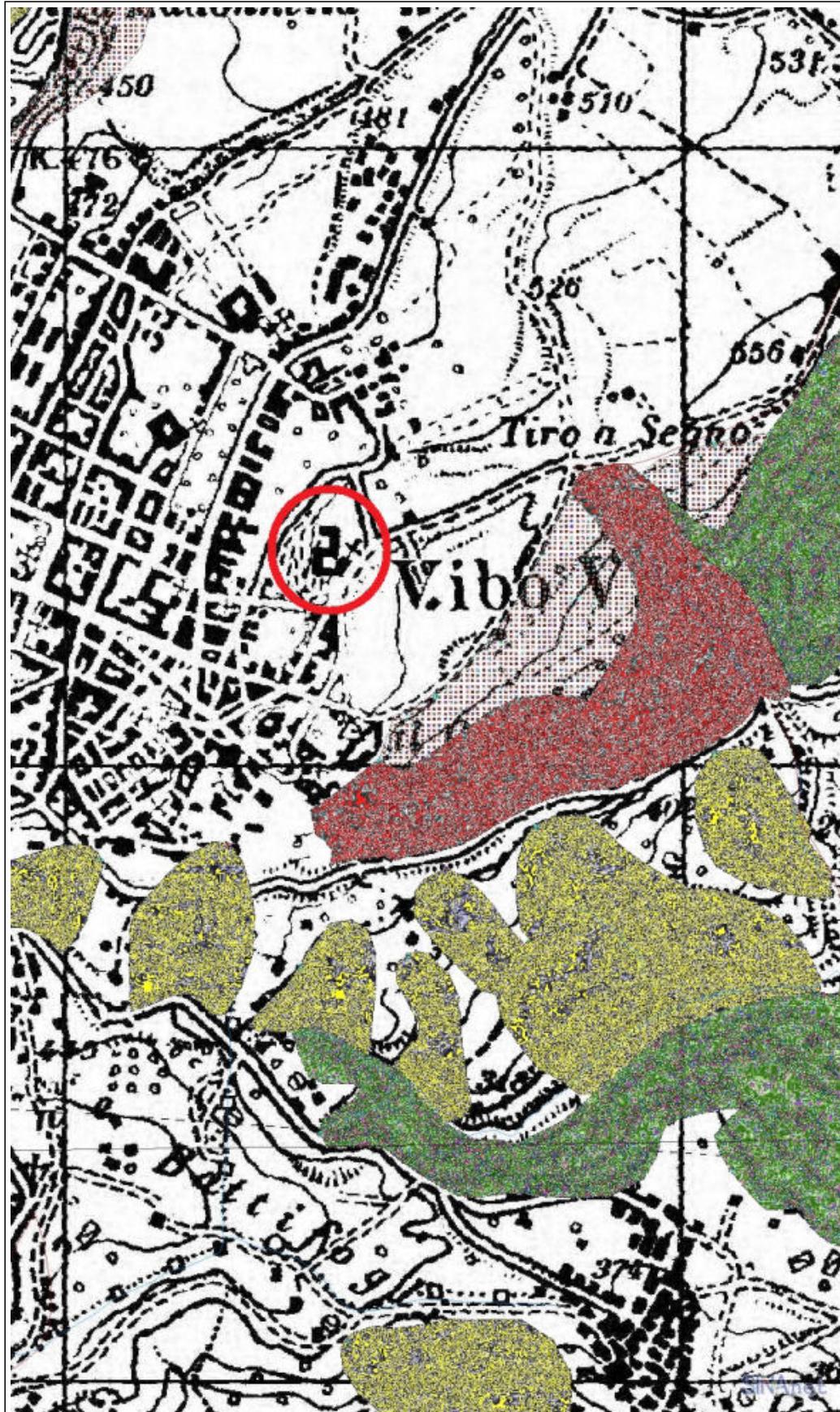
ISPRRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Inventario
Fenomeni
Franosi in
Italia

PROGETTO IFFI

Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia



Layer IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Franoso

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

Tipologia di frana

- Crollo/ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- N.D.
- DGPV
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Frane lineari

Layer BASE

- Reticolo stradale
- Tracciato ferroviario
- Urbanizzato CLC2000
- Laghi
- Fiumi
- Limiti regionali
- Limiti provinciali
- Limiti comunali
- Limiti autorità di bacino
- Reticolo tavolette 25.000

SCALA: 1:10.000

PROIEZIONE: UTM 33

DATUM: WGS84

CARTOGRAFIA: CALABRIA

COORDINATE

N.O. E: 595.840

N: 4.282.050

S.E. E: 597.190

N: 4.279.760

DATA:

21/10/2018

COMUNE DI VIBO VALENTIA

Via Francesco Cordopatri

***INDAGINI DI VULNERABILITA' SISMICA PER IL
CONVENTO SANT'ANTONIO DI VIBO VALENTIA
IN LOCALITA' VIA FRANCESCO CORDOPATRI***

RELAZIONE SULL'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE



Carmine Mazzarotti

1. PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nelle NTC08 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

C_U = *coefficiente d'uso*

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC08, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

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. Le NTC08 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

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. $C_U = 1.0$;

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. $C_U = 1.5$;

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, 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. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso IV** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 2$.

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 2 = 100 \text{ anni.}$$

3. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC08 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolinità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC08, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC08, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC08, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1 – Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stati limite			P_{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'**Allegato A** delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 100$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2 – Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	60
	Stato limite di danno	SLD	101
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	949
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	1950

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e **T_C^*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (figura 4.2), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T^*_c	a_g	F_0	T^*_c	a_g	F_0	T^*_c	a_g	F_0	T^*_c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230

10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Figura 4.2 – Stralcio della tabella contenuta nell’Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (figura 3), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell’Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right) \right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_O , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1}, 2$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l’espressione dell’Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_O , T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell’i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall’i-esimo vertice della suddetta maglia.

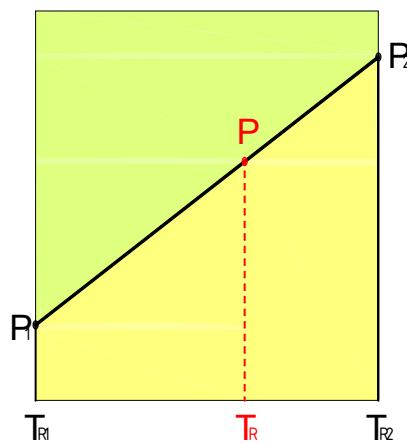


Figura 4.3 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura 4.

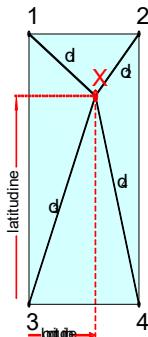


Figura 4.4 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all’interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall’espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(lat\beta) \cdot \sin(lat\alpha) + \cos(lat\beta) \cdot \cos(lat\alpha) \cdot \cos(lon\alpha - lon\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $lat\alpha$, $lon\alpha$, $lat\beta$ e $lon\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l’inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell’ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d’uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

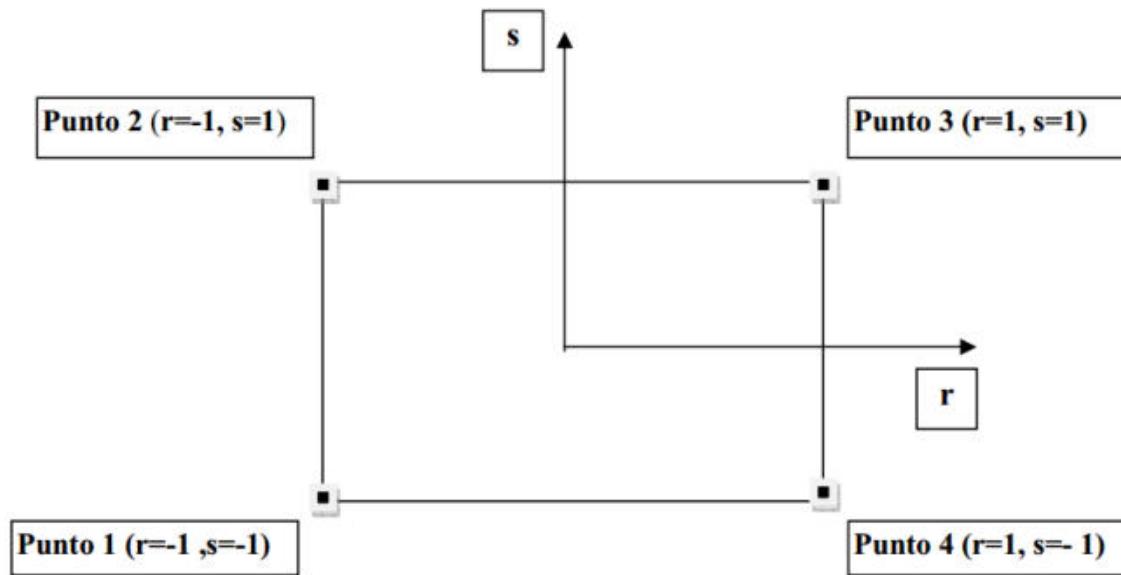


Figura 4.5 – Applicazione dell’interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r)(1 - s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1 - r)(1 + s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1 + r)(1 + s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1 + r)(1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x,y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1 - r)(1 - s)x_1 + (1 - r)(1 + s)x_2 + (1 + r)(1 + s)x_3 + (1 + r)(1 - s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1 - r)(1 - s)y_1 + (1 - r)(1 + s)y_2 + (1 + r)(1 + s)y_3 + (1 + r)(1 - s)y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g , F_0 , T_c * dall’equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1 - r)(1 - s)p_1 + (1 - r)(1 + s)p_2 + (1 + r)(1 + s)p_3 + (1 + r)(1 - s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5. Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1. Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2. Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
$0,2 < a_s(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_s(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_s(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\text{T1: } S_T = 1.0; \text{ T2: } S_T = 1.20; \text{ T3: } S_T = 1.2; \text{ T4: } S_T = 1.40.$$

5.3. Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_m \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati nella Tabella 5.2.

Tabella 5.2. - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	β_m	β_m
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.31	0.31
$a_g(g) \leq 0.1$	0.29	0.24
	0.20	0.18

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.4 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = K_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

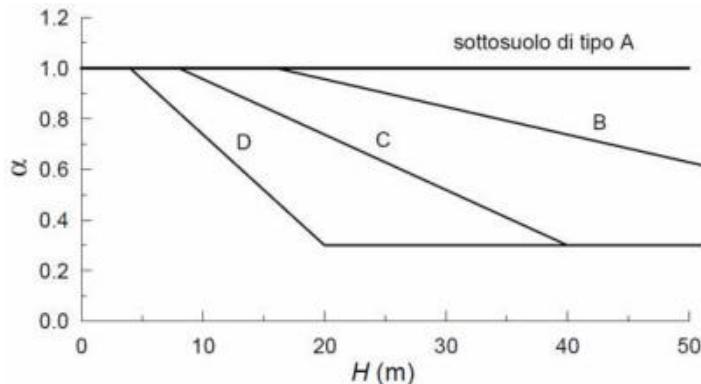


Figura 5.1 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.00H$

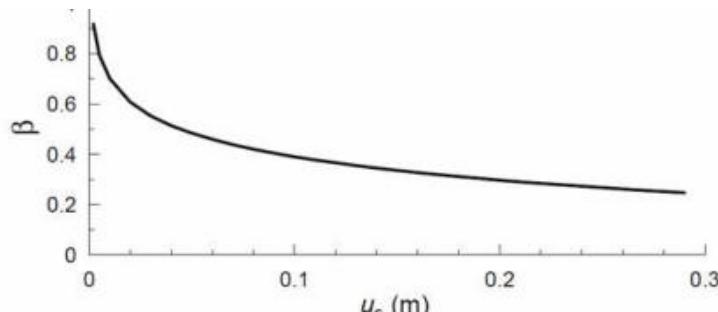


Tabella 5.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Se $\alpha \times \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \times a_{max}/g$.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Descrizione: Indagini di Vulnerabilità Sismica del Convento Sant'Antonio di Vibo Valentia in Località Via Francesco Cordopatri

Committente: AICI Engineering S.r.l.

Cantiere: Vibo Valentia

Località: Via Francesco Cordopatri

Data: 12/10/2018

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: IV

Coefficiente d'uso (Cu): 2

Periodo di riferimento (Vr): 100 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 60 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 101 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 949 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1950 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 38,6741100 [°]

Longitudine (WGS84): 16,1082600 [°]

Latitudine (ED50): 38,6751400 [°]

Longitudine (ED50): 16,1090600 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	42775	38,655150	16,047000	5828,55
2	42776	38,653630	16,110860	2396,95
3	42554	38,703610	16,112810	3182,38
4	42553	38,705120	16,048910	6193,97

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,099	2,274	0,305
SLD	101	0,129	2,308	0,321
SLV	949	0,353	2,463	0,389
SLC	1950	0,464	2,494	0,427

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,101	2,274	0,304
SLD	101	0,132	2,305	0,320
SLV	949	0,358	2,468	0,390
SLC	1950	0,468	2,499	0,428

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,100	2,275	0,305
SLD	101	0,130	2,307	0,321
SLV	949	0,355	2,467	0,390
SLC	1950	0,466	2,497	0,428

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,096	2,272	0,311
SLD	101	0,126	2,312	0,323
SLV	949	0,346	2,458	0,388
SLC	1950	0,455	2,491	0,425

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,100	2,274	0,306
SLD	101	0,130	2,307	0,321
SLV	949	0,354	2,465	0,390
SLC	1950	0,465	2,496	0,427

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo:

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

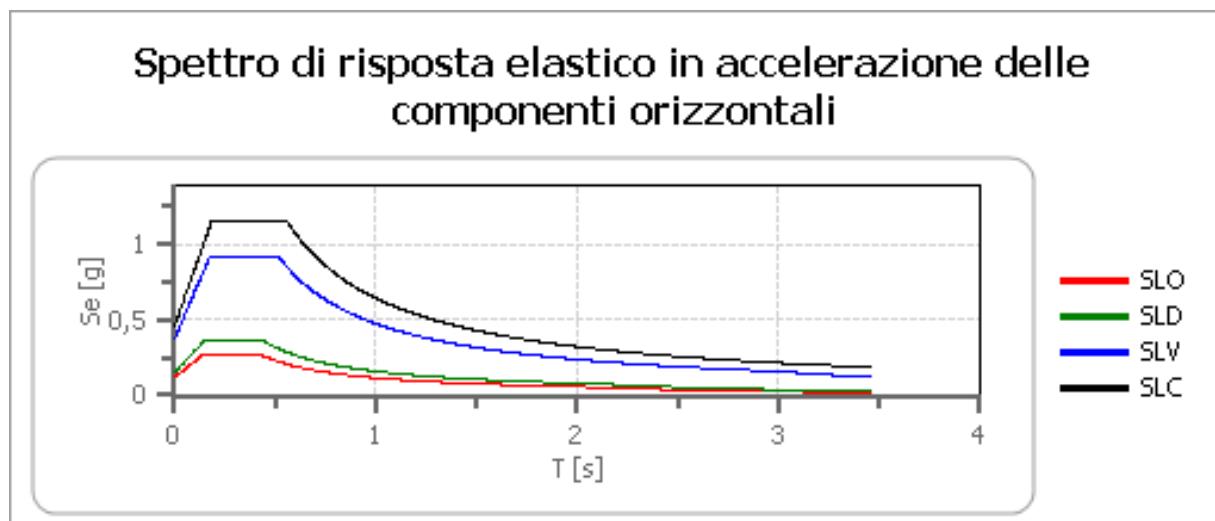
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,024	0,037	0,104	0,465
kv	0,012	0,019	0,052	0,232
Amax [m/s ²]	1,171	1,527	3,647	4,558
Beta	0,200	0,240	0,280	1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

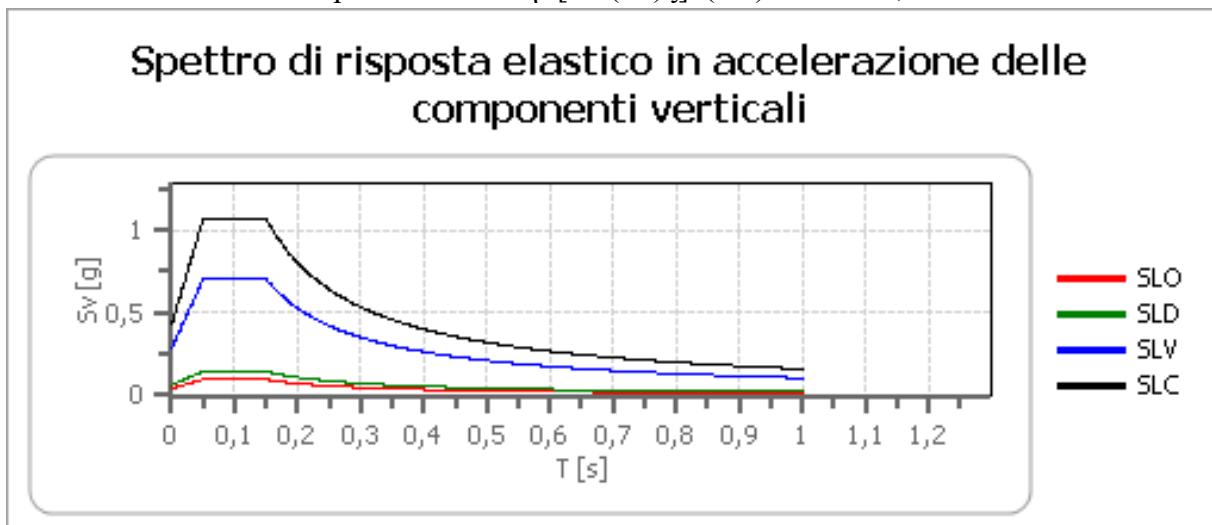


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,100	2,274	0,306	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,142	0,425	1,998	0,119	0,272
SLD	2,0	0,130	2,307	0,321	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,148	0,443	2,119	0,156	0,359
SLV	2,0	0,354	2,465	0,390	1,050	1,330	1,000	1,050	1,000	0,173	0,518	3,017	0,372	0,917
SLC	2,0	0,465	2,496	0,427	1,000	1,300	1,000	1,000	1,000	0,185	0,555	3,459	0,465	1,160

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,100	2,274	0,306	1	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,042	0,096
SLD	2,0	0,130	2,307	0,321	1	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,063	0,146
SLV	2,0	0,354	2,465	0,390	1	1,330	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,285	0,702
SLC	2,0	0,465	2,496	0,427	1	1,300	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,428	1,068

Spettro di progetto

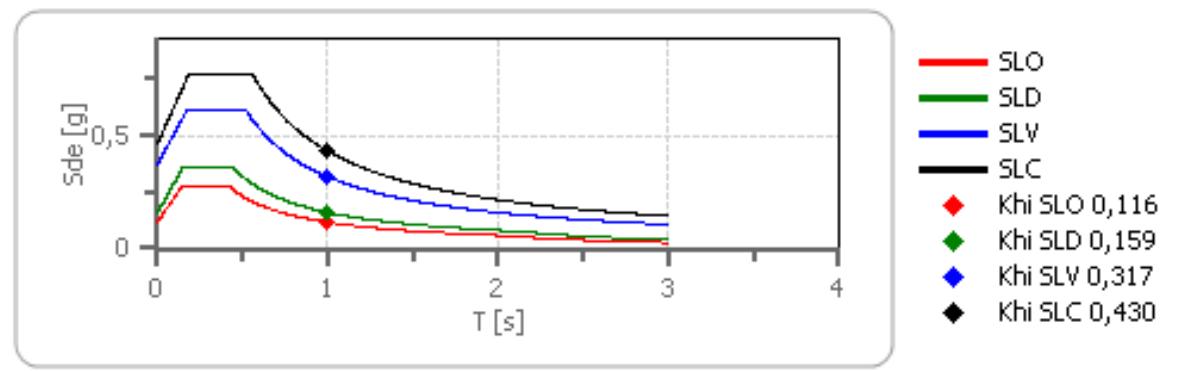
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50

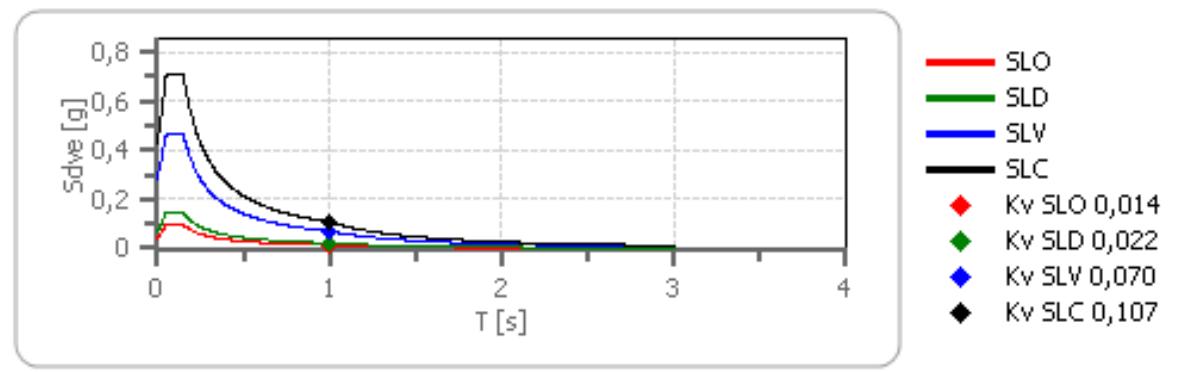
Periodo fondamentale T : 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,116	0,159	0,317	0,430
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,014	0,022	0,070	0,107

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



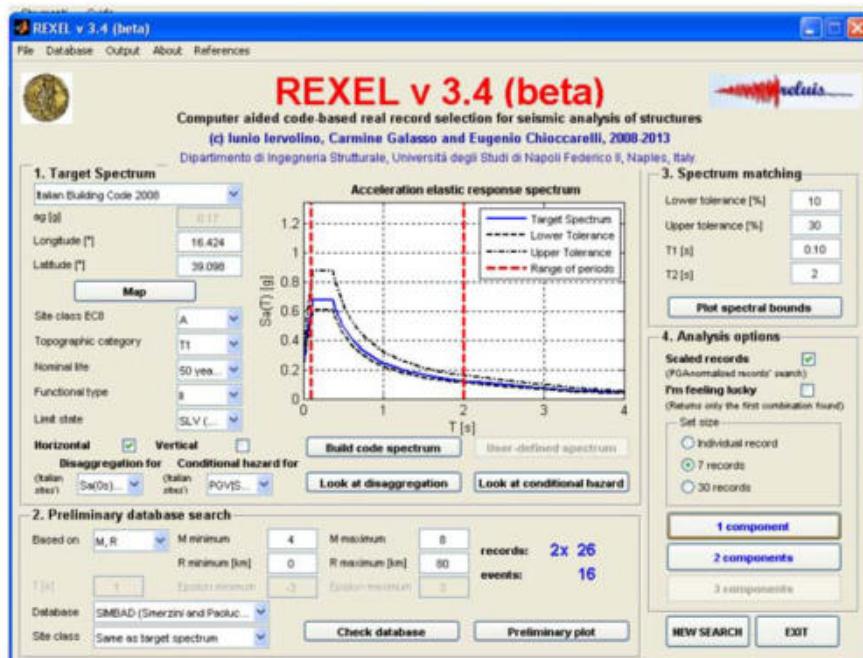
Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzont	2,0	0,100	2,274	0,306	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,142	0,425	1,998	0,119	0,272
SLO verticale	2,0	0,100	2,274	0,306	1,200	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,042	0,096
SLD orizzont	2,0	0,130	2,307	0,321	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,148	0,443	2,119	0,156	0,359
SLD verticale	2,0	0,130	2,307	0,321	1,200	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,063	0,146
SLV orizzont	2,0	0,354	2,465	0,390	1,050	1,330	1,000	1,050	1,500	0,173	0,518	3,017	0,372	0,611
SLV verticale	2,0	0,354	2,465	0,390	1,050	1,330	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,285	0,468
SLC orizzont	2,0	0,465	2,496	0,427	1,000	1,300	1,000	1,000	1,500	0,185	0,555	3,459	0,465	0,774
SLC verticale	2,0	0,465	2,496	0,427	1,000	1,300	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,428	0,712

PROCEDIMENTO DI CALCOLO DEGLI ACCELEROGRAMMI

Per la definizione degli accelerogrammi relativi ai vari stati limite è stato utilizzato il Software messo a punto dalla ReLuis di Napoli REXEL v 3.5 Beta. Questo software permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche da più banche dati, quali la banca dati europea (ESD) e la banca dati italiana (ITACA), mediante un interfaccia semplice elaborata in ambiente Matlab. Tali accelerogrammi naturali sono compatibili con gli spettri delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC – CSLL.PP. 2008), dell'Eurocodice 8 (EC-CEN,2003) dell'ASCE/SEI 7-10 (ASCE,2010). In figura è illustrata l'interfaccia finale di Rexel v 3.5 Beta, in cui sono stati inseriti i parametri già identificati nelle precedenti fasi.



Il database utilizzato è l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) aggiornato ad ottobre 2010, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Tale database classifica il suolo secondo l'Eurocodice 8 facendo riferimento ai risultati del task 2 del Progetto S4 dell'INGV <http://esse4.mn.ingv.it>.

La prima fase per la definizione dello spettro in accelerazione del sito in esame consiste nello scegliere, tra le opzioni del Target Spectrum la voce “Italian bulding code”, successivamente si inseriscono le coordinate del sito ed i parametri progettuali. Così facendo si viene a determinare il Build Code Spectrum.

La fase successiva consiste nell'inserire i dati derivanti dall'analisi di Disaggregazione precedentemente effettuata, sono state scelte le coppie per magnitudo-distanza (M and R), e gli intervalli di probabilità maggiore, e confermando la finestra Same as target spectrum si sono ottenuti input sismici la cui media è aderente allo spettro di classe A.

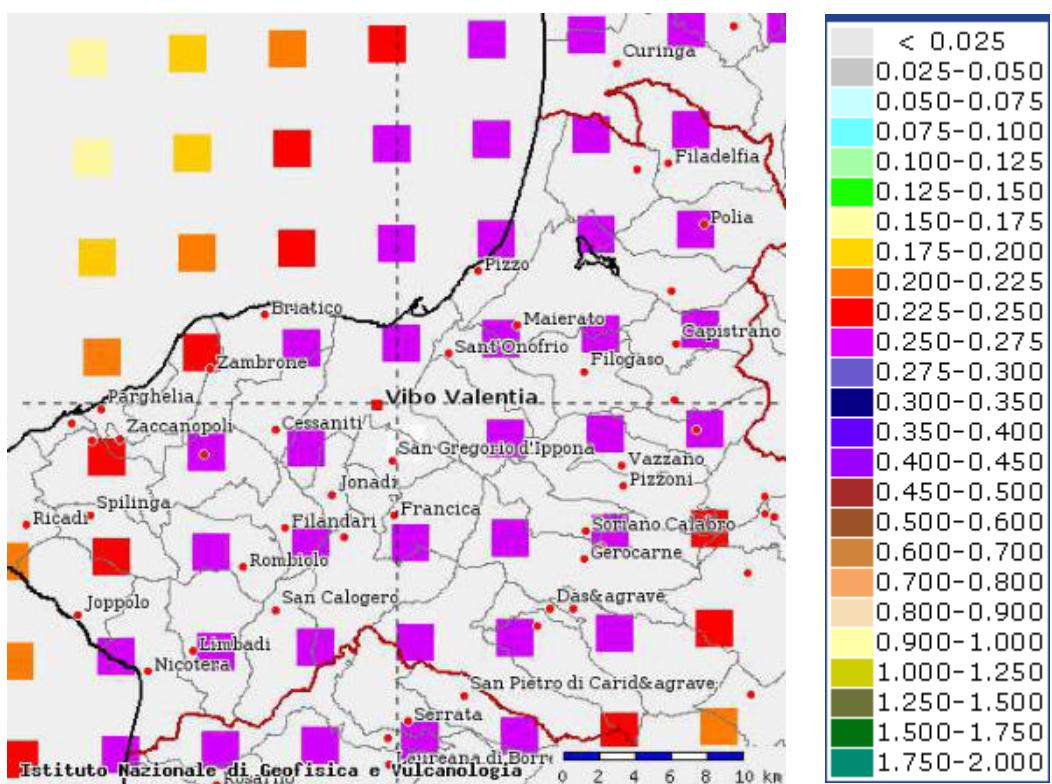
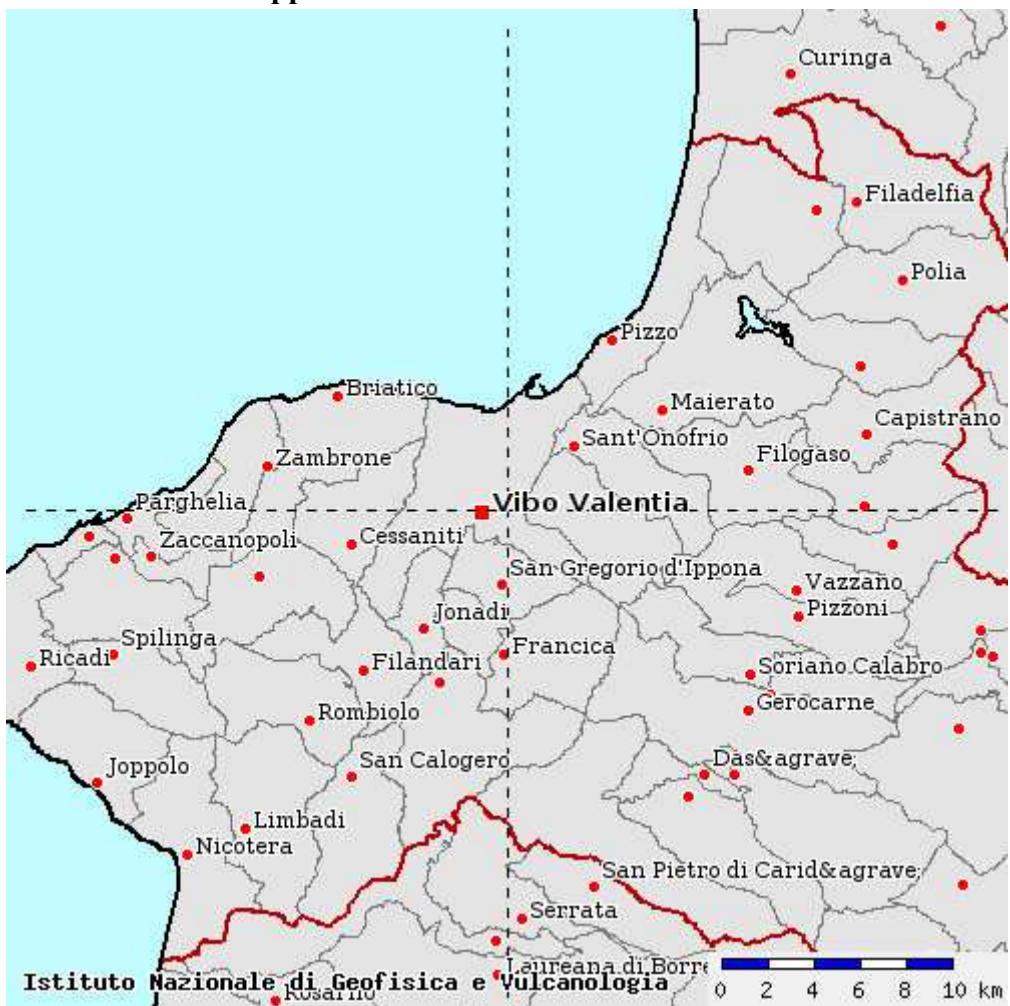
Successivamente è stata inserita la massima tolleranza relativamente allo scarto tra spettro di riferimento del sito e spettro di risposta medio dei 7 input da estrarre, indicando la tolleranza in difetto, in eccesso, ed i valori di periodo (T1s e T2s) per cui verificare la corrispondenza.

L'ultima fase per completare l'estrazione è quella di scegliere il numero massimo di combinazioni compatibili da ricercare (ognuna delle quali caratterizzata da 7 accelerogrammi) ed il massimo

fattore di scala medio. Eseguendo questi ultimi passaggi è possibile far partire l'analisi e successivamente scaricare tutti i dati necessari tra cui di assoluta importanza:

- il file readme.pdf (con l'indicazione delle caratteristiche del dato);
- il file info.xls (che riporta i dati associati ai 7 accelerogrammi relativi alla combinazione scelta)
- i file codiceterremoto_record.txt (che riporta le storie temporali, time-histories, di ognuno dei 7 input sismici).

Mappe Interattive di Pericolosità Sismica

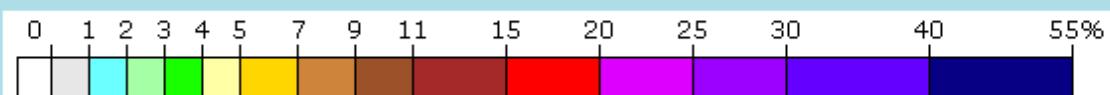
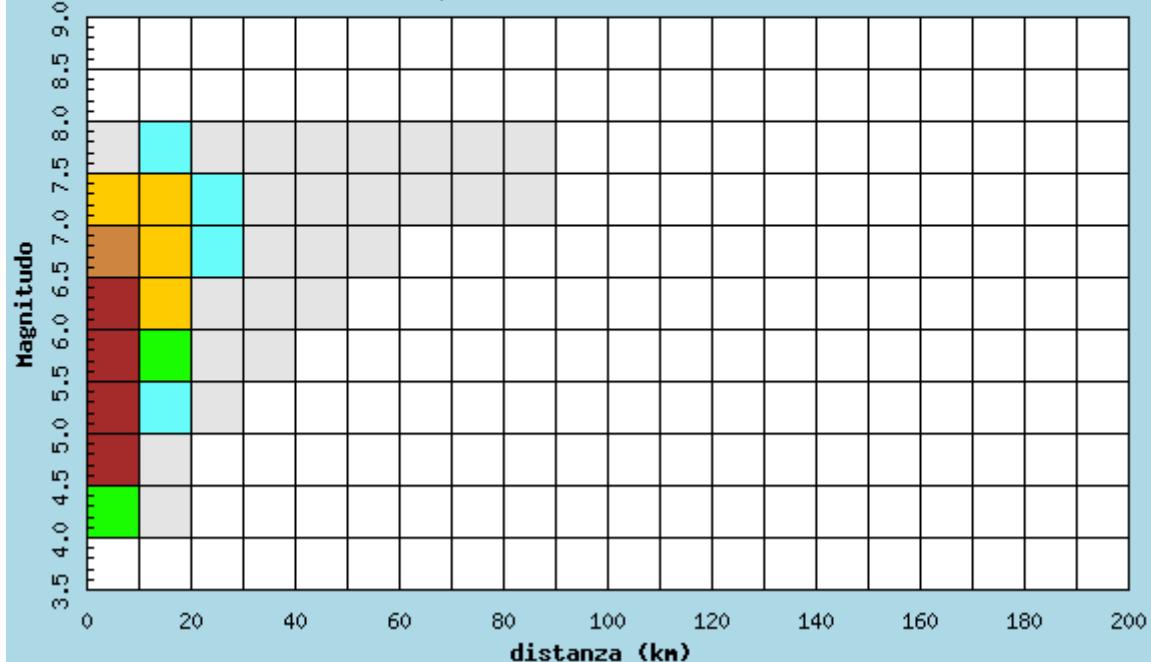


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni										
	(Coordinate del punto lat: 38.6536, lon: 16.1109, ID: 42776)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	3.560	11.700	14.100	14.000	11.600	8.250	5.090	0.713	0.000	0.000
10-20	0.000	0.003	0.375	1.800	3.890	5.690	6.430	5.890	1.020	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.010	0.274	0.917	1.270	1.590	0.337	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.135	0.293	0.492	0.122	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.063	0.195	0.056	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.076	0.027	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.013	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.005	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.000	8.570	0.833

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza
del 10% in 50 anni

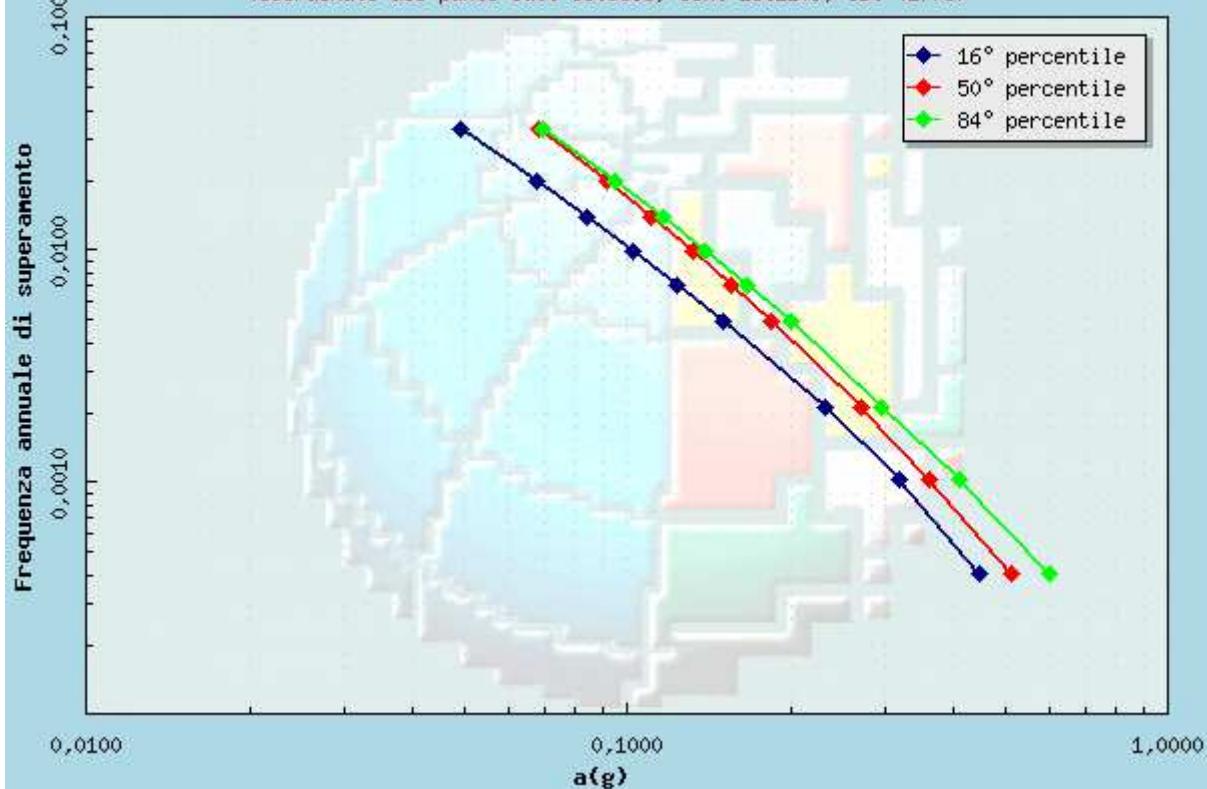
(Coordinate del punto lat: 38.6536, lon: 16.1109, ID: 42776)



Contributo percentuale alla pericolosità'

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Valori di $a(g)$ per diverse frequenze annuali di superamento

(Coordinate del punto lat: 38.6536, lon: 16.1109, ID: 42776)



Frequenza annuale di superamento	$a(g)$		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.4476	0.5117	0.6011
0.0010	0.3187	0.3615	0.4100
0.0021	0.2311	0.2690	0.2944
0.0050	0.1501	0.1834	0.2005
0.0071	0.1232	0.1545	0.1655
0.0099	0.1023	0.1315	0.1387
0.0139	0.0838	0.1107	0.1161
0.0200	0.0677	0.0917	0.0949
0.0333	0.0491	0.0682	0.0697

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;
- Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{\text{eff}}}{\gamma_{\text{max}}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

$$\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t}$$

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z)^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega \eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega \eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, è fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

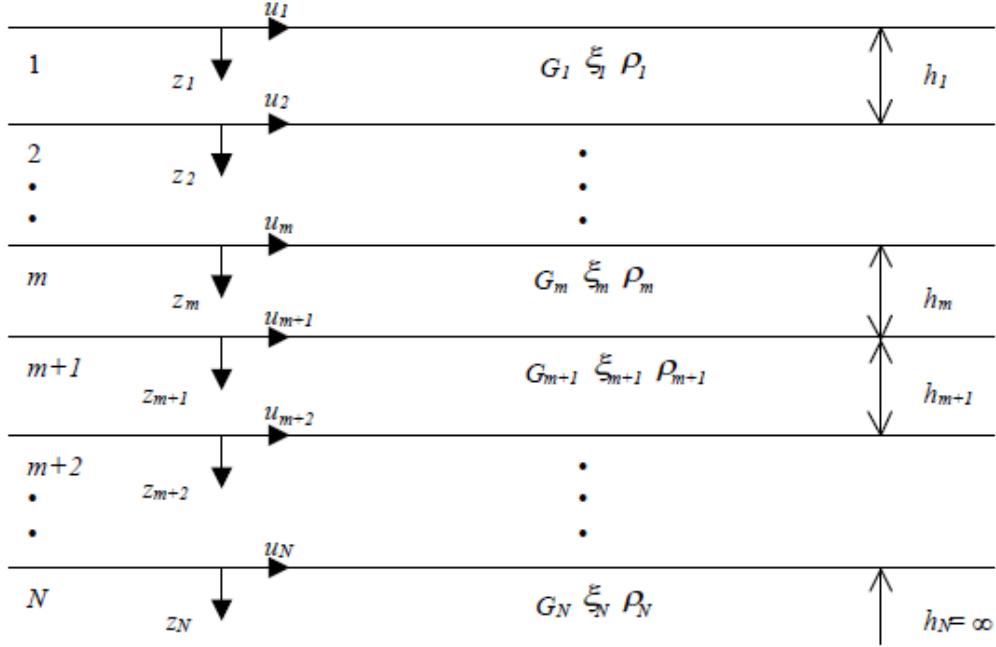


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto ($-z$) e verso il basso ($+z$), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

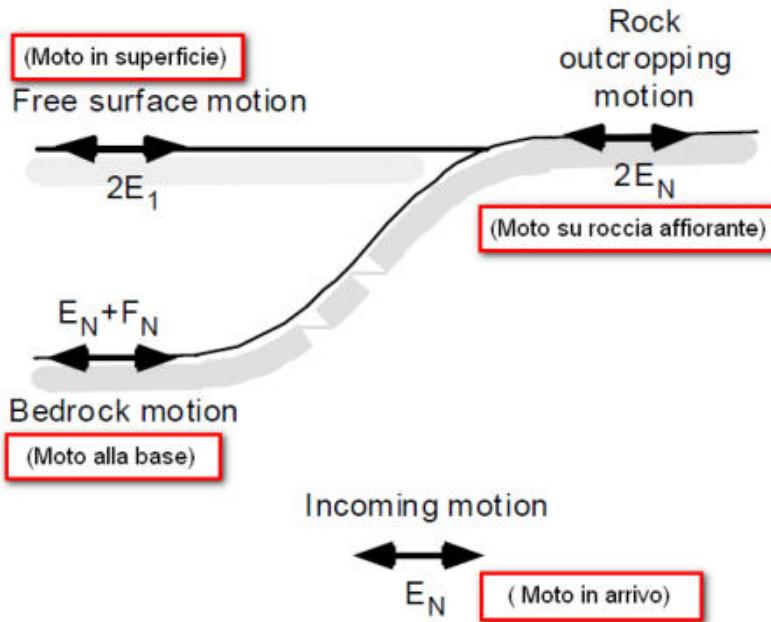


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

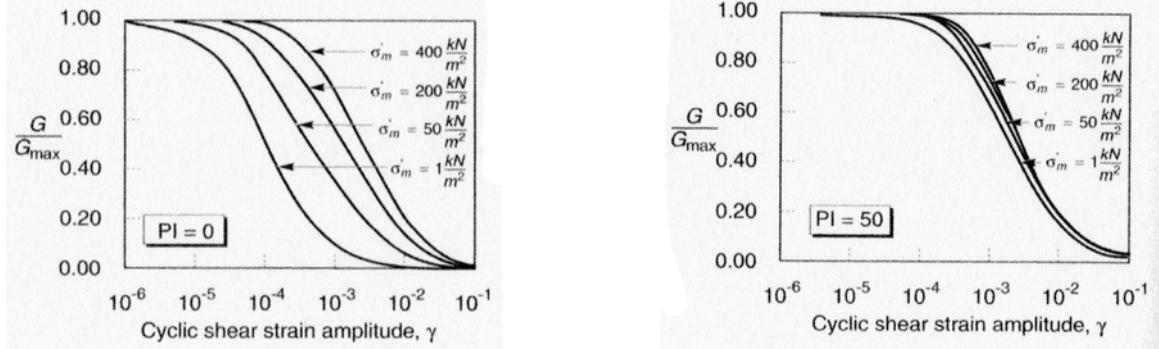


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.8})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

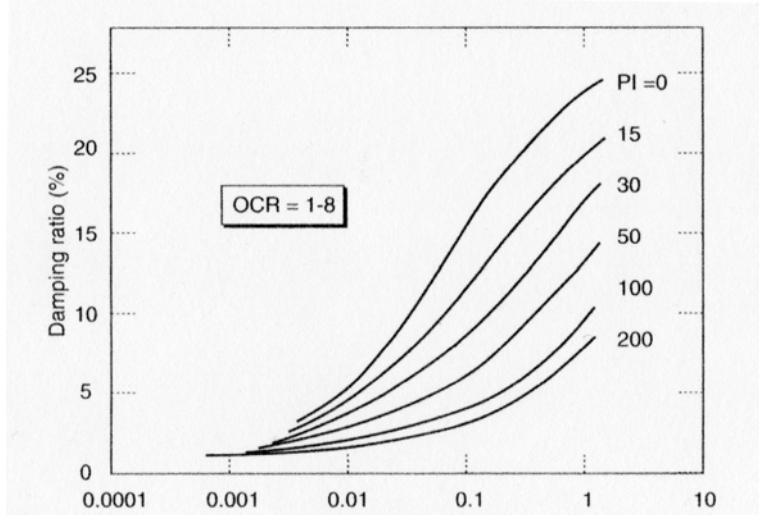


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

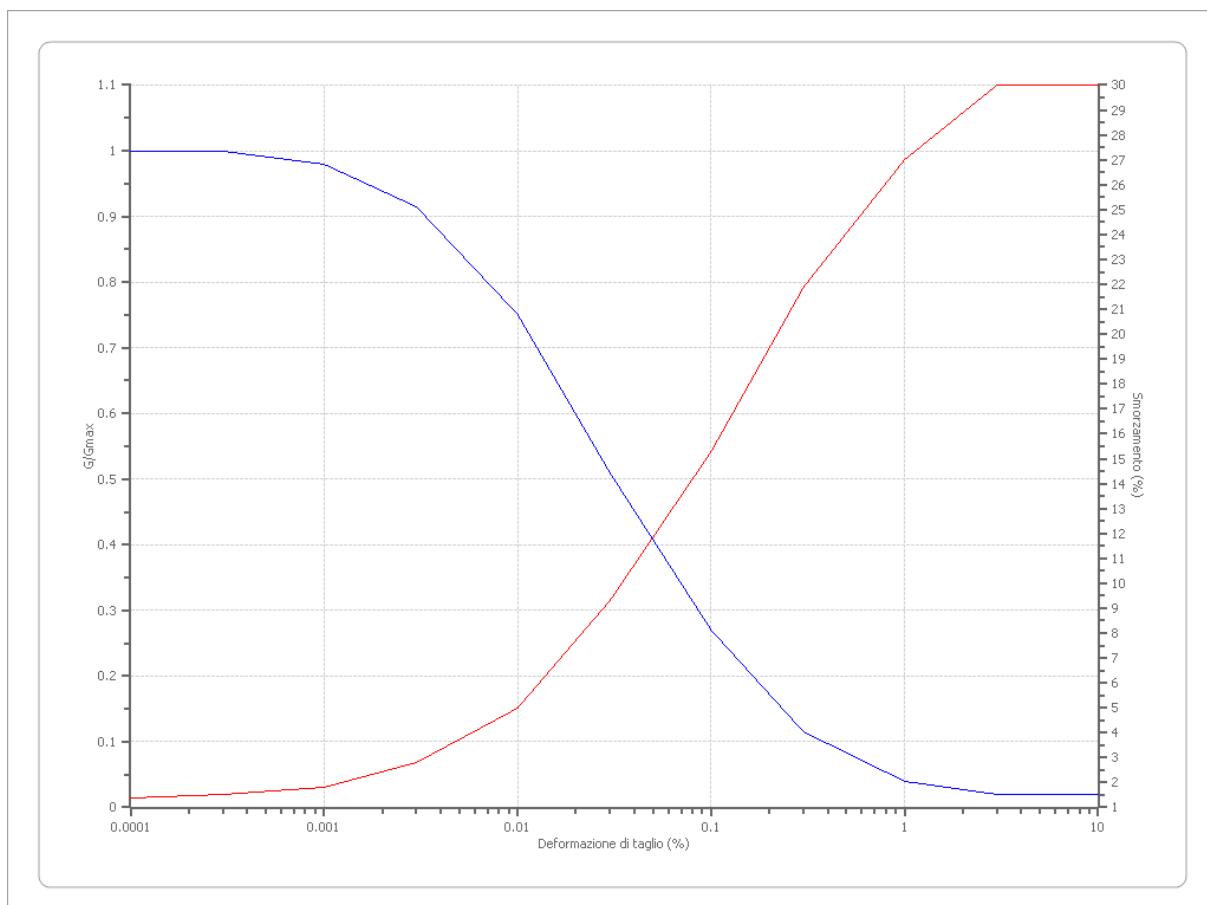
Dati generali

Descrizione	Indagini di Vulnerabilità Sismica del Convento Sant'Antonio di Vibo Valentia in Località Via Francesco Cordopatri
Committente	AICI Engineering S.r.l.
Cantiere	Vibo Valentia
Responsabile della prova	Dott. Geol. Borgese Francesco
Data della prova	d.C./10/2018
Latitudine	38,67411[°]
Longitudine	16,1082535[°]

Terreni

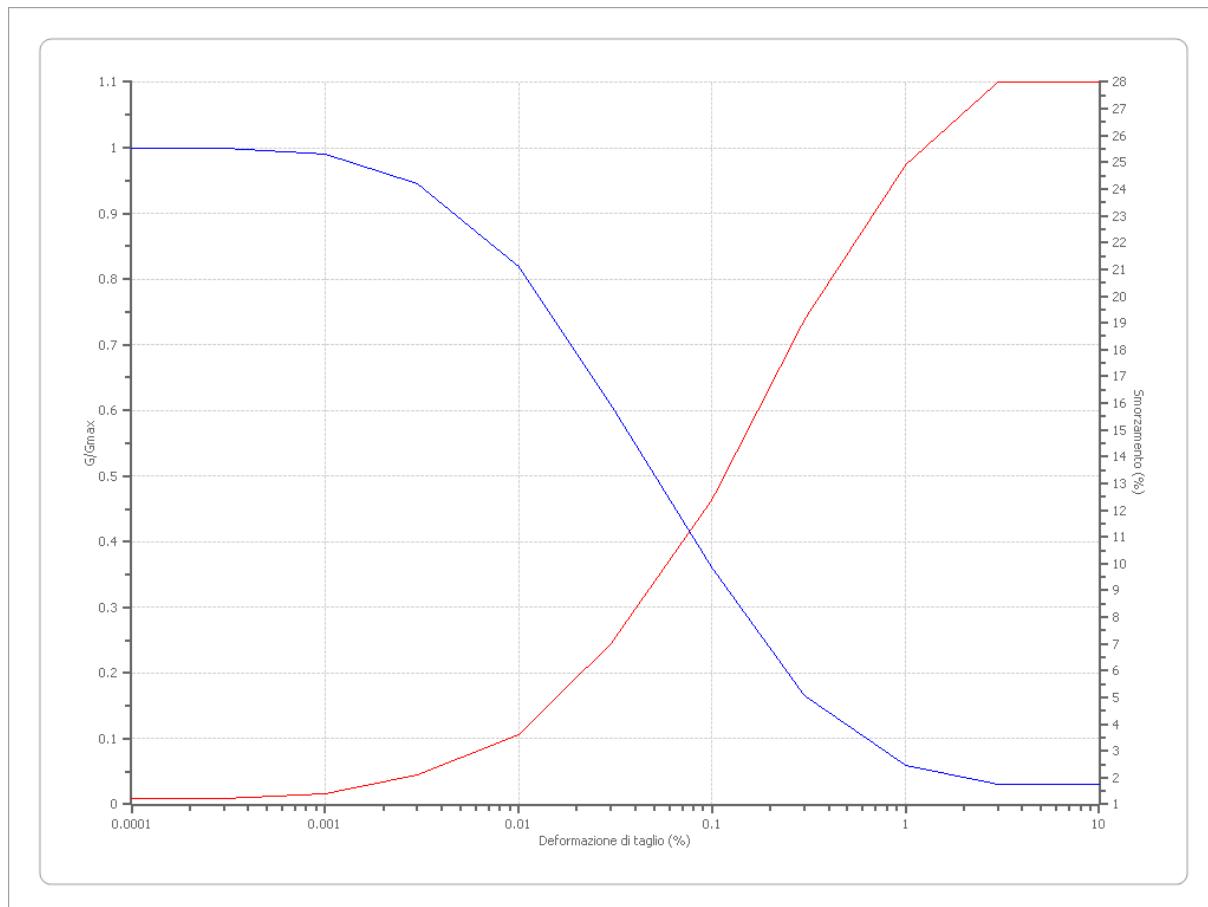
EPRI Sand (1993) 0-6 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.400
0.0003	1.000	0.0003	1.500
0.001	0.980	0.001	1.800
0.003	0.914	0.003	2.800
0.010	0.750	0.010	5.000
0.030	0.509	0.030	9.300
0.100	0.270	0.100	15.300
0.300	0.116	0.300	21.900
1.000	0.040	1.000	27.000
3.000	0.020	3.000	30.000
10.000	0.020	10.000	30.000



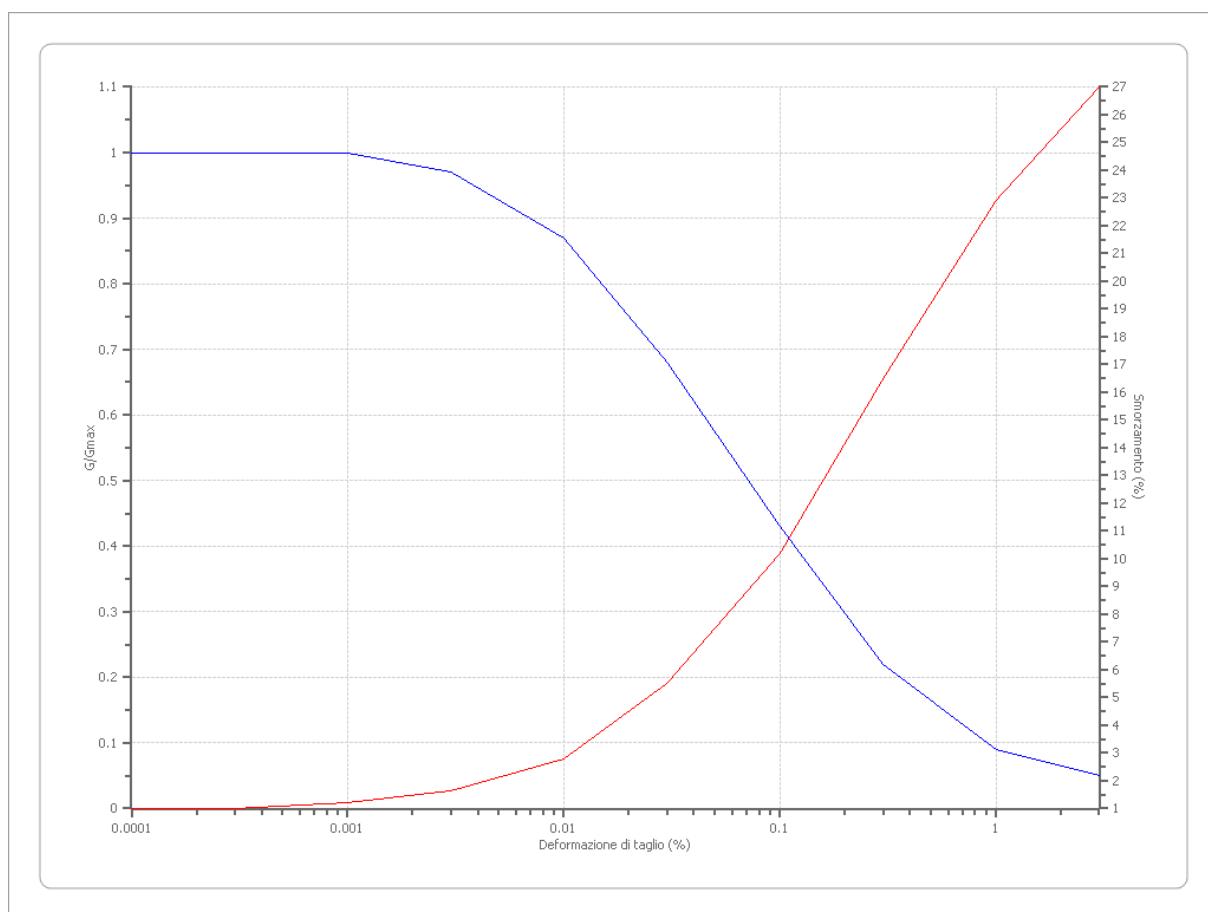
EPRI Sand (1993) 6,4-15,24 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.200
0.0003	1.000	0.0003	1.200
0.001	0.990	0.001	1.400
0.003	0.946	0.003	2.100
0.010	0.820	0.010	3.600
0.030	0.608	0.030	7.000
0.100	0.360	0.100	12.400
0.300	0.165	0.300	19.100
1.000	0.060	1.000	24.900
3.000	0.030	3.000	28.000
10.000	0.030	10.000	28.000



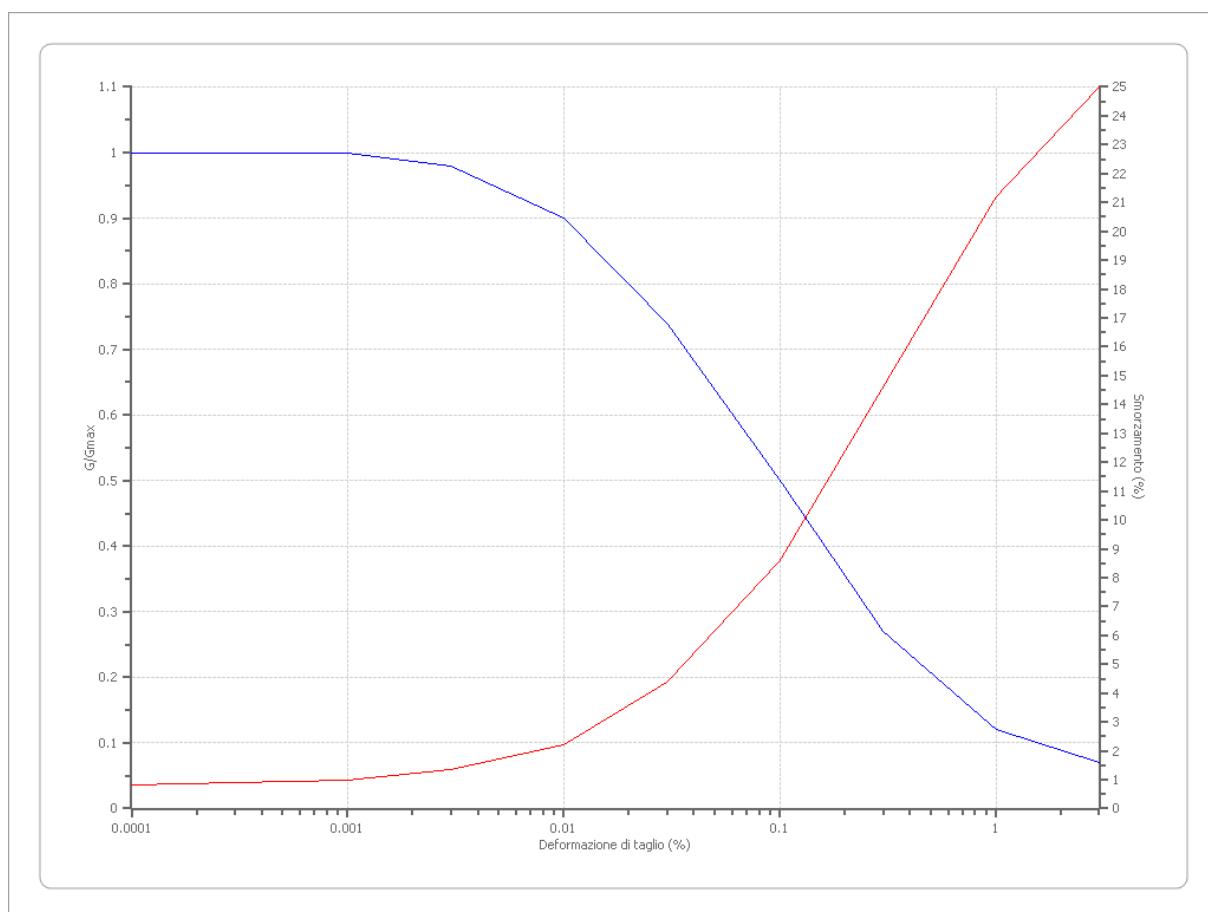
EPRI Sand (1993) 15,54-36,57 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.000
0.0003	1.000	0.0003	1.000
0.001	1.000	0.001	1.200
0.003	0.970	0.003	1.640
0.010	0.870	0.010	2.800
0.030	0.680	0.030	5.490
0.100	0.430	0.100	10.200
0.300	0.220	0.300	16.500
1.000	0.090	1.000	22.900
3.000	0.050	3.000	27.000



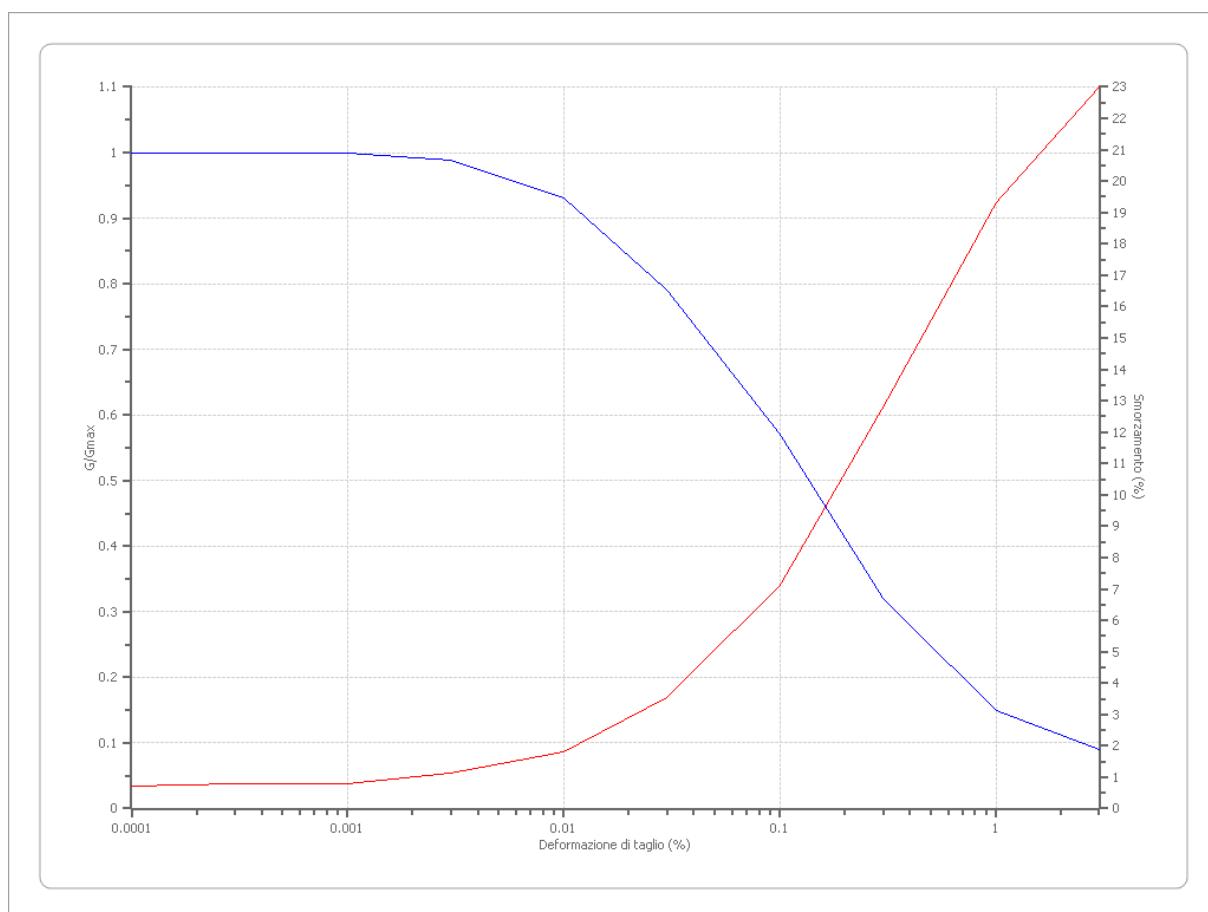
EPRI Sand (1993) 36,88-76,20 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.800
0.0003	1.000	0.0003	0.900
0.001	1.000	0.001	1.000
0.003	0.980	0.003	1.330
0.010	0.900	0.010	2.200
0.030	0.740	0.030	4.360
0.100	0.500	0.100	8.600
0.300	0.270	0.300	14.610
1.000	0.120	1.000	21.200
3.000	0.070	3.000	25.000



EPRI Sand (1993) 76,50-152,40 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.0003	1.000	0.0003	0.800
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.988	0.003	1.120
0.010	0.930	0.010	1.800
0.030	0.791	0.030	3.530
0.100	0.570	0.100	7.100
0.300	0.321	0.300	12.780
1.000	0.150	1.000	19.300
3.000	0.090	3.000	23.000



Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostanti	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	1.6	EPRI Sand (1993) 0-6 metri	0	35.93	--	17.0	144.0	13.6
2		1.6	3.9	EPRI Sand (1993) 6,4-15,24 metri	0	823.67	--	18.0	670.0	62.3
3		5.5	6.5	EPRI Sand (1993) 15,54-36,57 metri	0	513.86	--	18.5	522.0	157.5
4		12.0	16.0	EPRI Sand (1993) 15,54-36,57 metri	0	3265.01	--	21.0	1235.0	385.7
5		28.0	28.5	EPRI Sand (1993) 36,88-76,20 metri	0	3955.03	--	22.0	1328.0	867.2
6	oo	--		EPRI Sand (1993) 76,50-152,40 metri	0	3955.03	--	22.0	1328.0	1180.7

Strato rilevamento accelerogramma:

6 Affiorante

SLO Elaborazione

Numero di iterazioni 8

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 5.01 E-02

Fattori di amplificazione ICMS 2018

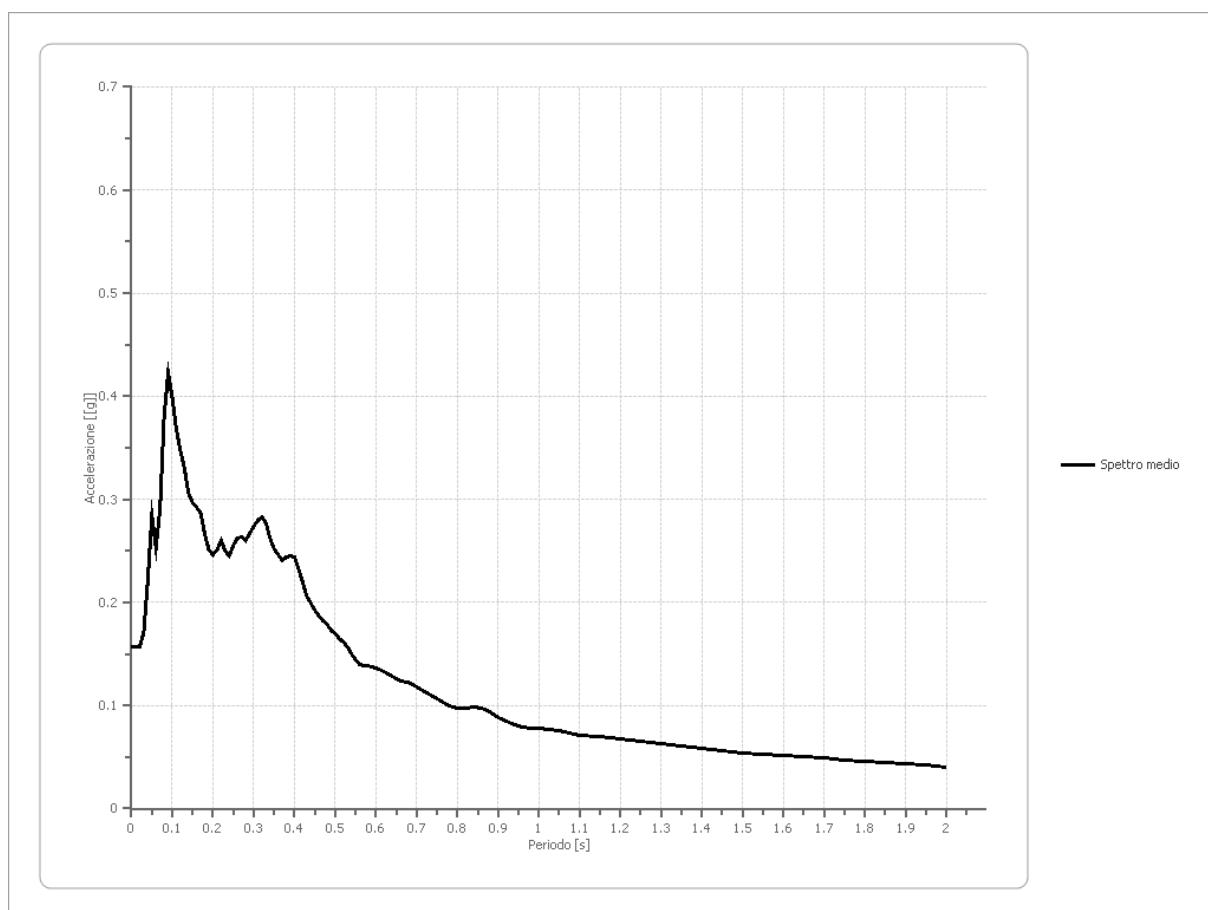
Tai	0.170 [s]
Tvi	1.850 [s]
Tao	0.090 [s]
Tvo	0.400 [s]
Sami	2.191 [m/s ²]
Svmi	0.134 [m/s]
Samo	3.340 [m/s ²]
Svmo	0.145 [m/s]
Fa	1.525 [-]
Fv	1.075 [-]
TB	0.123 [s]
TC	0.368 [s]
TD	2.000 [s]
SA(0)	0.186 [g]
SA(TB)	0.423 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA

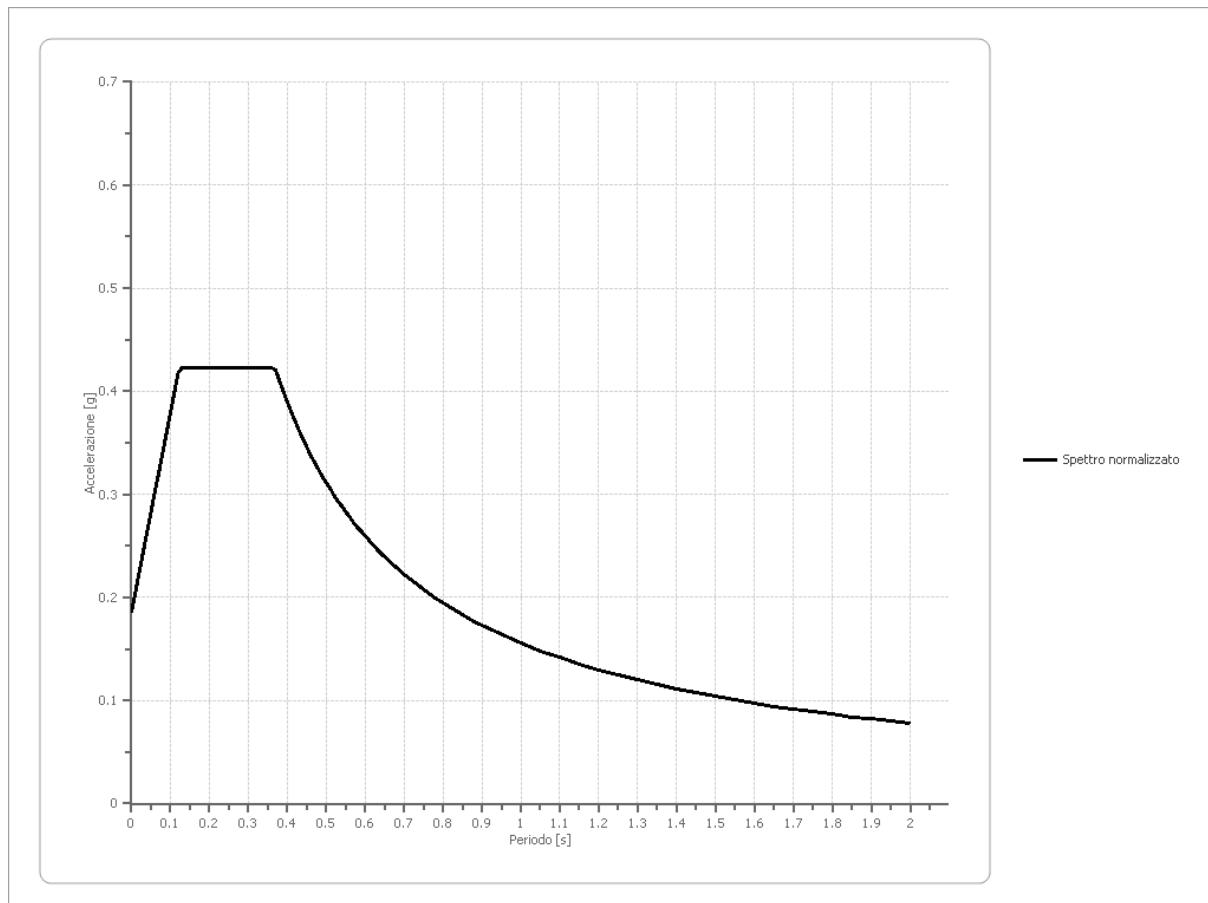
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1569	0.21	0.2513	0.42	0.2203	0.68	0.1225	1.25	0.0655
0.01	0.1570	0.22	0.2600	0.43	0.2066	0.70	0.1185	1.30	0.0627
0.02	0.1570	0.23	0.2493	0.44	0.1994	0.72	0.1132	1.35	0.0604
0.03	0.1706	0.24	0.2453	0.45	0.1928	0.74	0.1087	1.40	0.0579
0.04	0.2215	0.25	0.2560	0.46	0.1873	0.76	0.1041	1.45	0.0562
0.05	0.2845	0.26	0.2626	0.47	0.1822	0.78	0.0999	1.50	0.0544
0.06	0.2533	0.27	0.2631	0.48	0.1786	0.80	0.0970	1.55	0.0528
0.07	0.2913	0.28	0.2596	0.49	0.1735	0.82	0.0979	1.60	0.0518
0.08	0.3803	0.29	0.2668	0.50	0.1693	0.84	0.0987	1.65	0.0505
0.09	0.4231	0.30	0.2737	0.51	0.1650	0.86	0.0974	1.70	0.0488
0.10	0.3983	0.31	0.2793	0.52	0.1614	0.88	0.0939	1.75	0.0472
0.11	0.3677	0.32	0.2835	0.53	0.1566	0.90	0.0882	1.80	0.0457
0.12	0.3471	0.33	0.2767	0.54	0.1506	0.92	0.0845	1.85	0.0445
0.13	0.3297	0.34	0.2622	0.55	0.1446	0.94	0.0818	1.90	0.0432
0.14	0.3064	0.35	0.2525	0.56	0.1397	0.96	0.0795	1.95	0.0420
0.15	0.2964	0.36	0.2462	0.57	0.1391	0.98	0.0779	2.00	0.0403
0.16	0.2923	0.37	0.2406	0.58	0.1389	1.00	0.0778		
0.17	0.2865	0.38	0.2437	0.60	0.1366	1.05	0.0757		
0.18	0.2664	0.39	0.2455	0.62	0.1329	1.10	0.0711		
0.19	0.2514	0.40	0.2437	0.64	0.1285	1.15	0.0696		
0.20	0.2458	0.41	0.2329	0.66	0.1242	1.20	0.0680		



Spettro normalizzato di risposta elastico

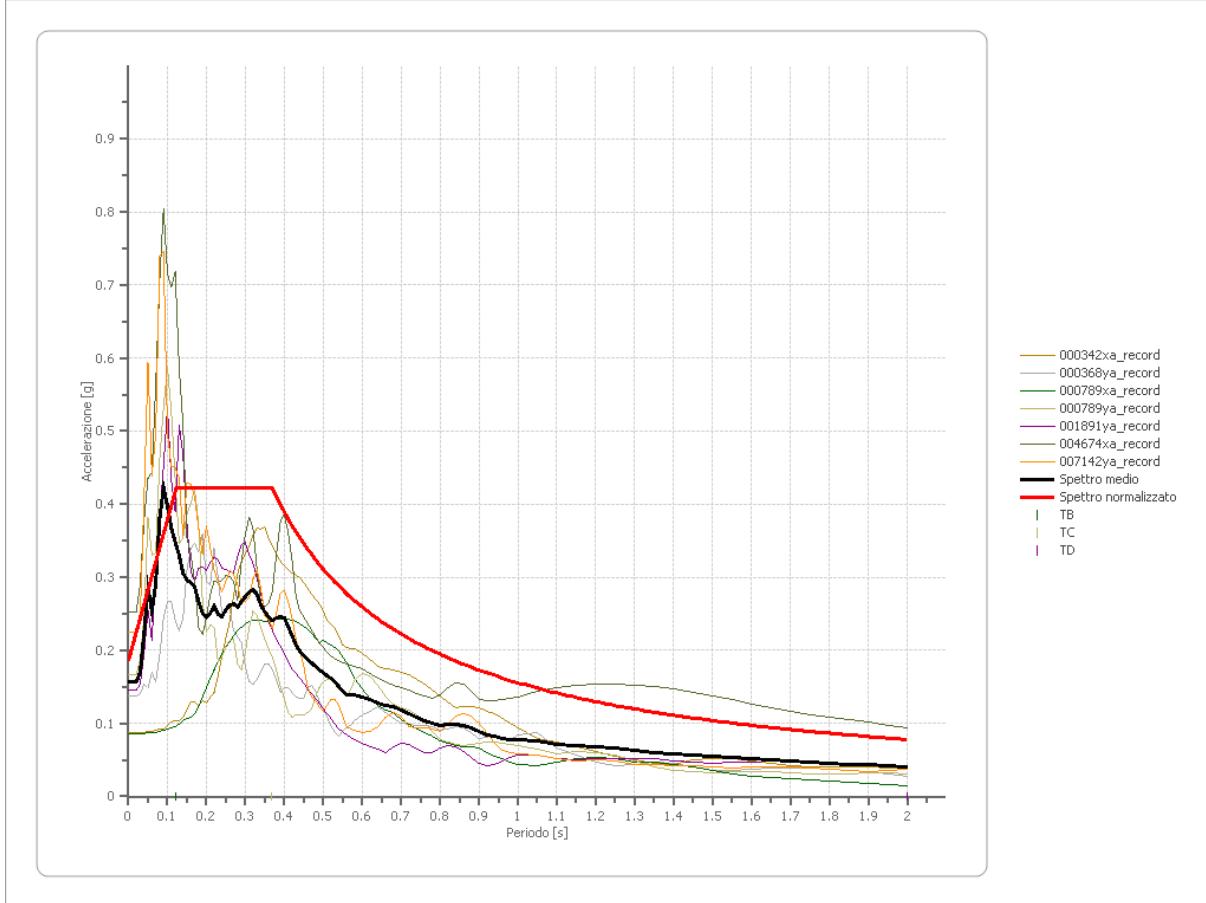
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1860	0.21	0.4231	0.42	0.3708	0.68	0.2290	1.25	0.1246
0.01	0.2054	0.22	0.4231	0.43	0.3621	0.70	0.2225	1.30	0.1198
0.02	0.2247	0.23	0.4231	0.44	0.3539	0.72	0.2163	1.35	0.1153
0.03	0.2440	0.24	0.4231	0.45	0.3460	0.74	0.2104	1.40	0.1112
0.04	0.2633	0.25	0.4231	0.46	0.3385	0.76	0.2049	1.45	0.1074
0.05	0.2826	0.26	0.4231	0.47	0.3313	0.78	0.1996	1.50	0.1038
0.06	0.3020	0.27	0.4231	0.48	0.3244	0.80	0.1946	1.55	0.1005
0.07	0.3213	0.28	0.4231	0.49	0.3178	0.82	0.1899	1.60	0.0973
0.08	0.3406	0.29	0.4231	0.50	0.3114	0.84	0.1854	1.65	0.0944
0.09	0.3599	0.30	0.4231	0.51	0.3053	0.86	0.1811	1.70	0.0916
0.10	0.3792	0.31	0.4231	0.52	0.2995	0.88	0.1770	1.75	0.0890
0.11	0.3986	0.32	0.4231	0.53	0.2938	0.90	0.1730	1.80	0.0865
0.12	0.4179	0.33	0.4231	0.54	0.2884	0.92	0.1693	1.85	0.0842
0.13	0.4231	0.34	0.4231	0.55	0.2831	0.94	0.1657	1.90	0.0820
0.14	0.4231	0.35	0.4231	0.56	0.2781	0.96	0.1622	1.95	0.0799
0.15	0.4231	0.36	0.4231	0.57	0.2732	0.98	0.1589	2.00	0.0779
0.16	0.4231	0.37	0.4209	0.58	0.2685	1.00	0.1557		
0.17	0.4231	0.38	0.4098	0.60	0.2595	1.05	0.1483		
0.18	0.4231	0.39	0.3993	0.62	0.2512	1.10	0.1416		
0.19	0.4231	0.40	0.3893	0.64	0.2433	1.15	0.1354		
0.20	0.4231	0.41	0.3798	0.66	0.2359	1.20	0.1298		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.186	2.274	--	0.123	0.368	2.000	0.186	0.423

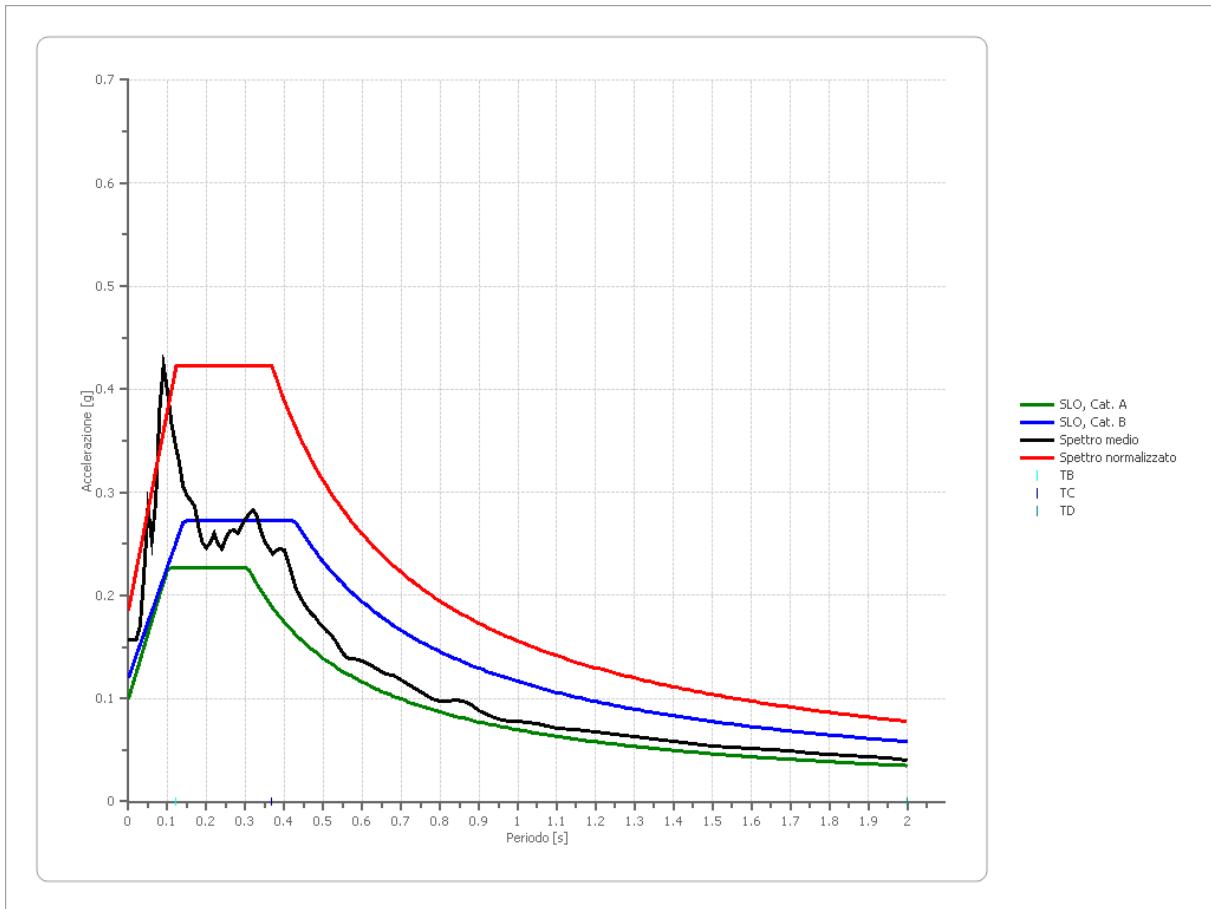
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

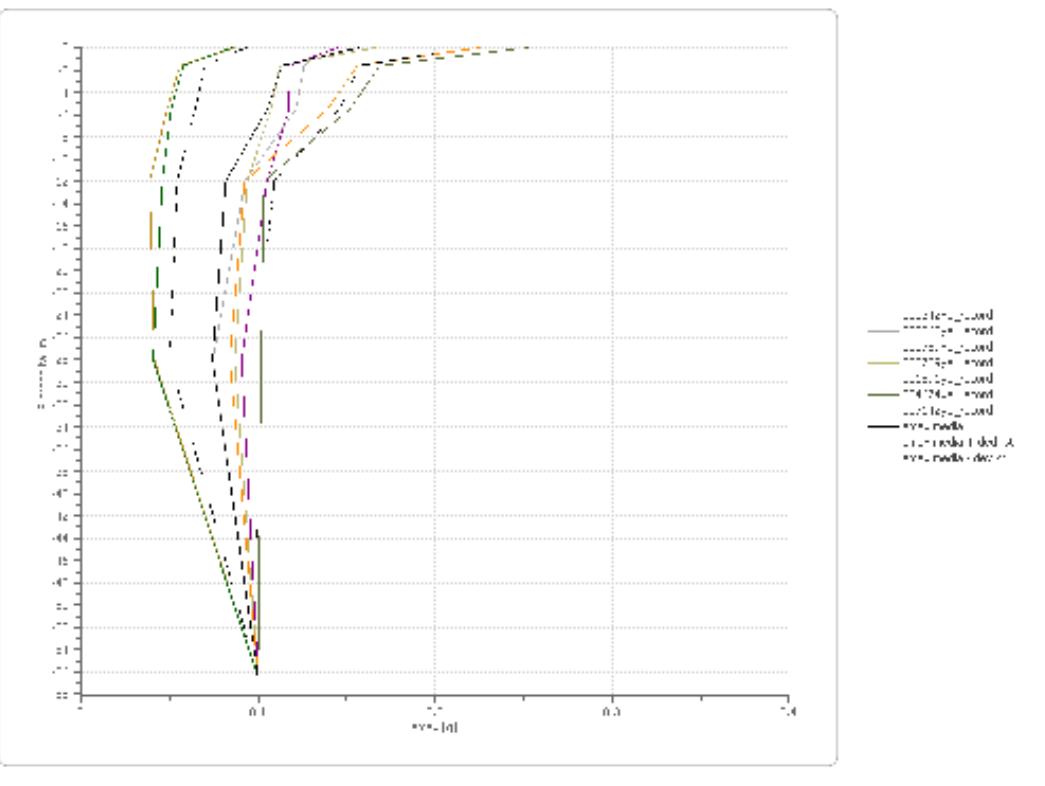
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. colllasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia vita SLV Cat. B	Prev. colllasso SLC Cat. B
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [g]	0.100	0.130	0.354	0.465	0.100	0.130	0.354	0.465
Fo	2.274	2.307	2.465	2.496	2.274	2.307	2.465	2.496
Tc* [s]	0.306	0.321	0.39	0.427	0.306	0.321	0.39	0.427
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.05	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.39	1.38	1.33	1.30
TB [s]	0.102	0.107	0.130	0.142	0.142	0.148	0.173	0.186
TC [s]	0.306	0.321	0.390	0.427	0.427	0.443	0.518	0.557
TD [s]	2.000	2.120	3.016	3.460	2.000	2.120	3.016	3.460
Se(0) [g]	0.100	0.130	0.354	0.465	0.120	0.156	0.372	0.465
Se(TB) [g]	0.227	0.300	0.873	1.161	0.273	0.360	0.917	1.161



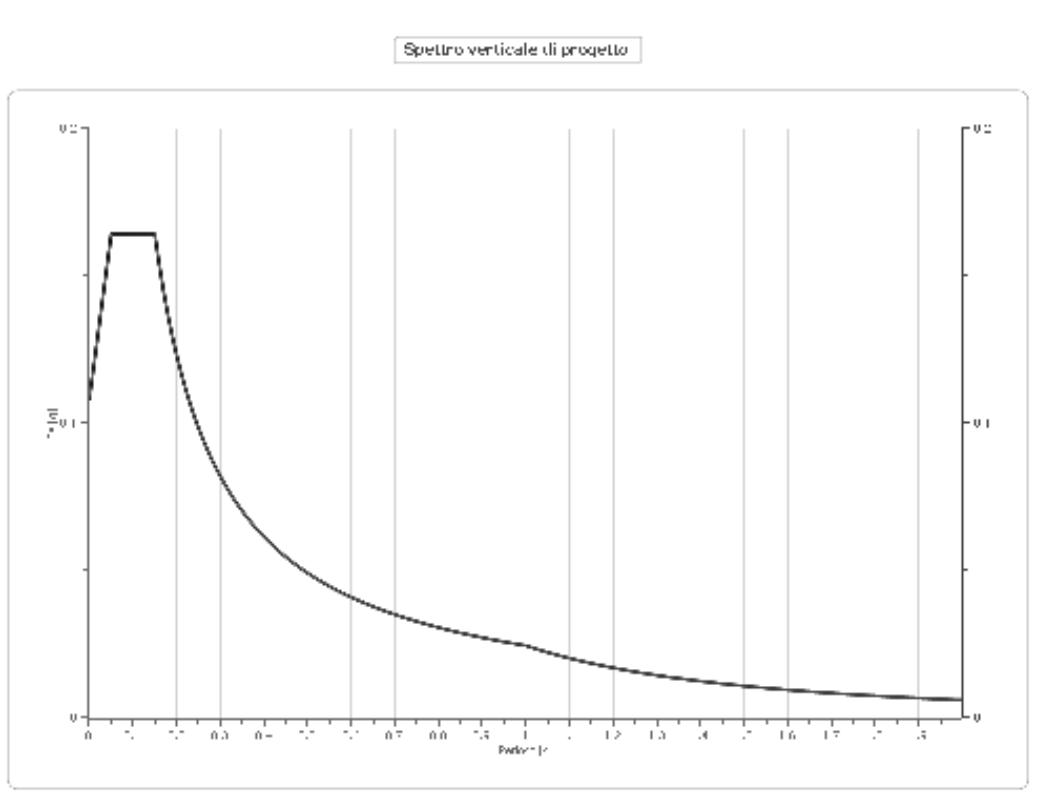
Profilo a max

	0.0 [m]	1.6 [m]	5.5 [m]	12.0 [m]	28.0 [m]	56.5 [m]
000342xa_re cord [g]	0.087	0.056	0.049	0.039	0.041	0.100
000368ya_re cord [g]	0.137	0.126	0.121	0.093	0.074	0.100
000789xa_re cord [g]	0.085	0.058	0.051	0.046	0.041	0.100
000789ya_re cord [g]	0.167	0.112	0.107	0.094	0.087	0.100
001891ya_re cord [g]	0.145	0.118	0.117	0.105	0.091	0.100
004674xa_re cord [g]	0.253	0.169	0.152	0.103	0.102	0.100
007142ya_re cord [g]	0.225	0.156	0.139	0.092	0.084	0.100
media [g]	0.157	0.113	0.105	0.082	0.074	0.100
Dev. St. [g]	0.064	0.044	0.041	0.027	0.024	0.000



Spettro verticale di progetto

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.186	2.274	0.150	1.324	1.5	0.050	0.150	1.000	0.108	0.164



SLD
Elaborazione

Numero di iterazioni 8

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 6.07 E-02

Fattori di amplificazione ICMS 2018

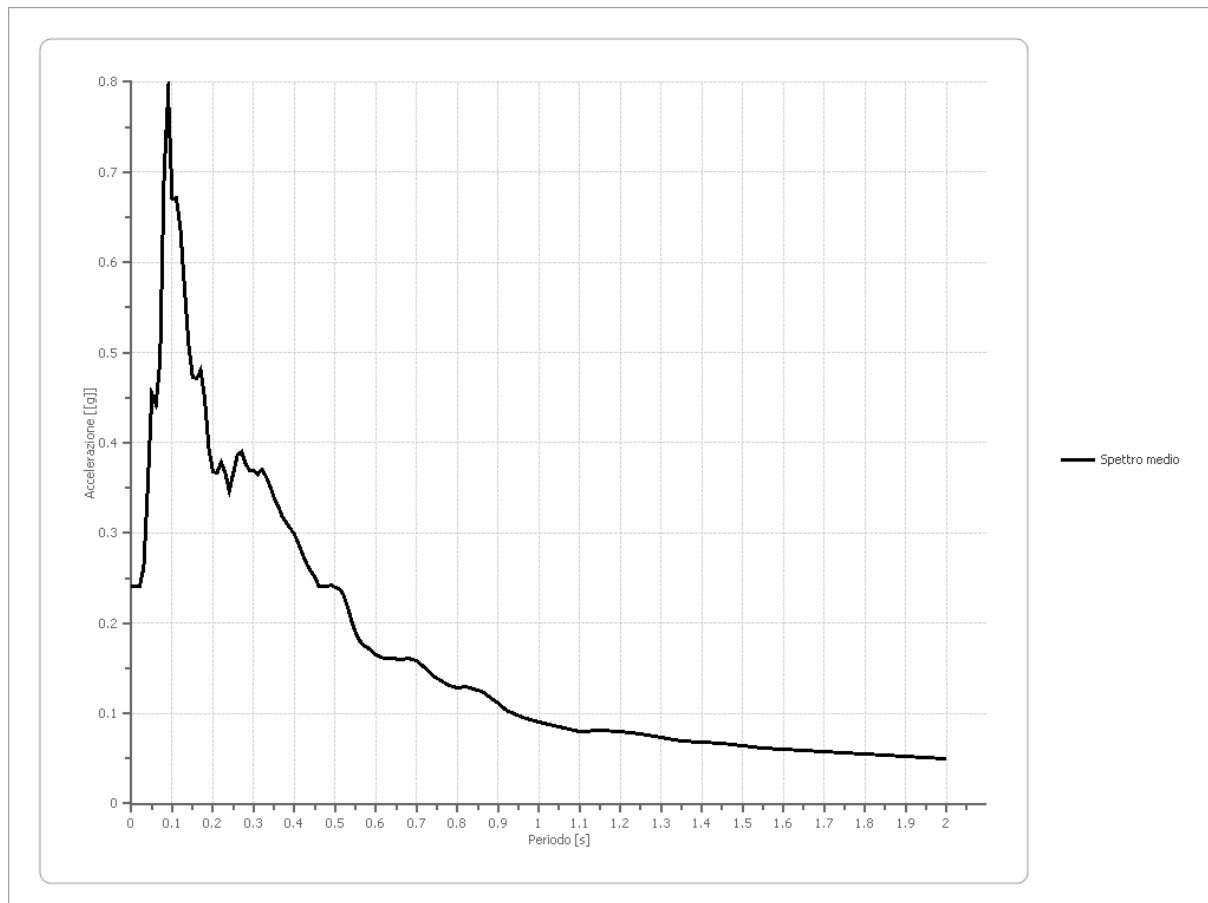
Tai	0.270 [s]
Tvi	0.510 [s]
Tao	0.090 [s]
Tvo	0.500 [s]
Sami	2.927 [m/s ²]
Svmi	0.172 [m/s]
Samo	5.889 [m/s ²]
Svmo	0.188 [m/s]
Fa	2.012 [-]
Fv	1.098 [-]
TB	0.123 [s]
TC	0.368 [s]
TD	2.120 [s]
SA(0)	0.341 [g]
SA(TB)	0.786 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA

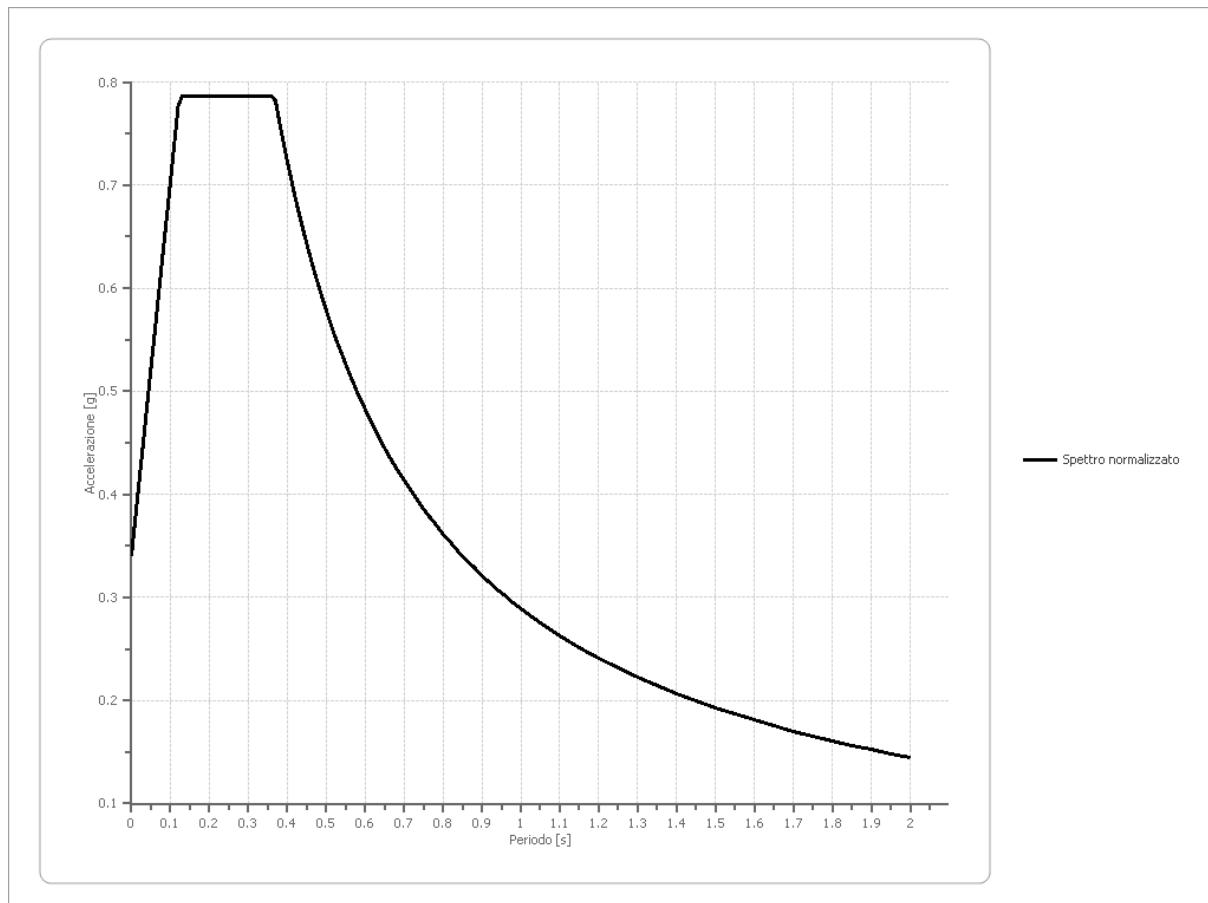
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2411	0.21	0.3671	0.42	0.2762	0.68	0.1607	1.25	0.0771
0.01	0.2412	0.22	0.3787	0.43	0.2655	0.70	0.1585	1.30	0.0734
0.02	0.2411	0.23	0.3664	0.44	0.2585	0.72	0.1508	1.35	0.0700
0.03	0.2616	0.24	0.3476	0.45	0.2510	0.74	0.1416	1.40	0.0684
0.04	0.3525	0.25	0.3665	0.46	0.2406	0.76	0.1362	1.45	0.0666
0.05	0.4548	0.26	0.3865	0.47	0.2407	0.78	0.1304	1.50	0.0641
0.06	0.4427	0.27	0.3908	0.48	0.2408	0.80	0.1286	1.55	0.0618
0.07	0.4909	0.28	0.3776	0.49	0.2421	0.82	0.1293	1.60	0.0603
0.08	0.6983	0.29	0.3693	0.50	0.2398	0.84	0.1275	1.65	0.0587
0.09	0.7863	0.30	0.3696	0.51	0.2377	0.86	0.1241	1.70	0.0575
0.10	0.6704	0.31	0.3652	0.52	0.2318	0.88	0.1178	1.75	0.0563
0.11	0.6712	0.32	0.3711	0.53	0.2192	0.90	0.1107	1.80	0.0551
0.12	0.6371	0.33	0.3627	0.54	0.2023	0.92	0.1034	1.85	0.0542
0.13	0.5722	0.34	0.3521	0.55	0.1896	0.94	0.0990	1.90	0.0529
0.14	0.5087	0.35	0.3388	0.56	0.1801	0.96	0.0956	1.95	0.0516
0.15	0.4727	0.36	0.3304	0.57	0.1758	0.98	0.0929	2.00	0.0500
0.16	0.4713	0.37	0.3184	0.58	0.1729	1.00	0.0903		
0.17	0.4802	0.38	0.3115	0.60	0.1646	1.05	0.0845		
0.18	0.4479	0.39	0.3053	0.62	0.1614	1.10	0.0804		
0.19	0.3933	0.40	0.2986	0.64	0.1610	1.15	0.0806		
0.20	0.3673	0.41	0.2876	0.66	0.1601	1.20	0.0799		



Spettro normalizzato di risposta elastico

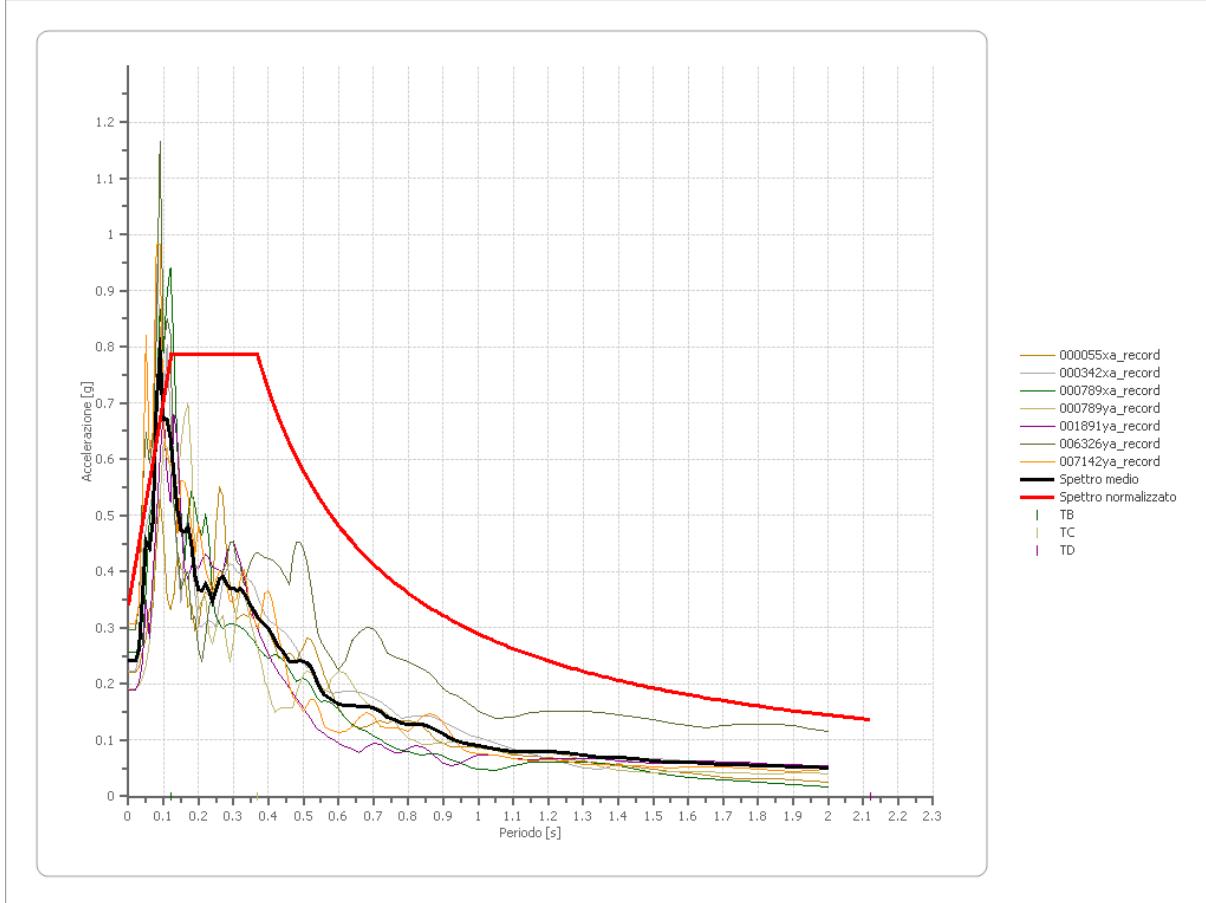
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.3408	0.21	0.7863	0.42	0.6891	0.68	0.4256	1.25	0.2315
0.01	0.3771	0.22	0.7863	0.43	0.6730	0.70	0.4134	1.30	0.2226
0.02	0.4134	0.23	0.7863	0.44	0.6577	0.72	0.4019	1.35	0.2144
0.03	0.4497	0.24	0.7863	0.45	0.6431	0.74	0.3911	1.40	0.2067
0.04	0.4861	0.25	0.7863	0.46	0.6291	0.76	0.3808	1.45	0.1996
0.05	0.5224	0.26	0.7863	0.47	0.6158	0.78	0.3710	1.50	0.1929
0.06	0.5587	0.27	0.7863	0.48	0.6029	0.80	0.3618	1.55	0.1867
0.07	0.5950	0.28	0.7863	0.49	0.5906	0.82	0.3529	1.60	0.1809
0.08	0.6313	0.29	0.7863	0.50	0.5788	0.84	0.3445	1.65	0.1754
0.09	0.6676	0.30	0.7863	0.51	0.5675	0.86	0.3365	1.70	0.1702
0.10	0.7039	0.31	0.7863	0.52	0.5565	0.88	0.3289	1.75	0.1654
0.11	0.7402	0.32	0.7863	0.53	0.5460	0.90	0.3216	1.80	0.1608
0.12	0.7765	0.33	0.7863	0.54	0.5359	0.92	0.3146	1.85	0.1564
0.13	0.7863	0.34	0.7863	0.55	0.5262	0.94	0.3079	1.90	0.1523
0.14	0.7863	0.35	0.7863	0.56	0.5168	0.96	0.3015	1.95	0.1484
0.15	0.7863	0.36	0.7863	0.57	0.5077	0.98	0.2953	2.00	0.1447
0.16	0.7863	0.37	0.7822	0.58	0.4990	1.00	0.2894		
0.17	0.7863	0.38	0.7616	0.60	0.4823	1.05	0.2756		
0.18	0.7863	0.39	0.7421	0.62	0.4668	1.10	0.2631		
0.19	0.7863	0.40	0.7235	0.64	0.4522	1.15	0.2517		
0.20	0.7863	0.41	0.7059	0.66	0.4385	1.20	0.2412		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.341	2.307	--	0.123	0.368	2.120	0.341	0.786

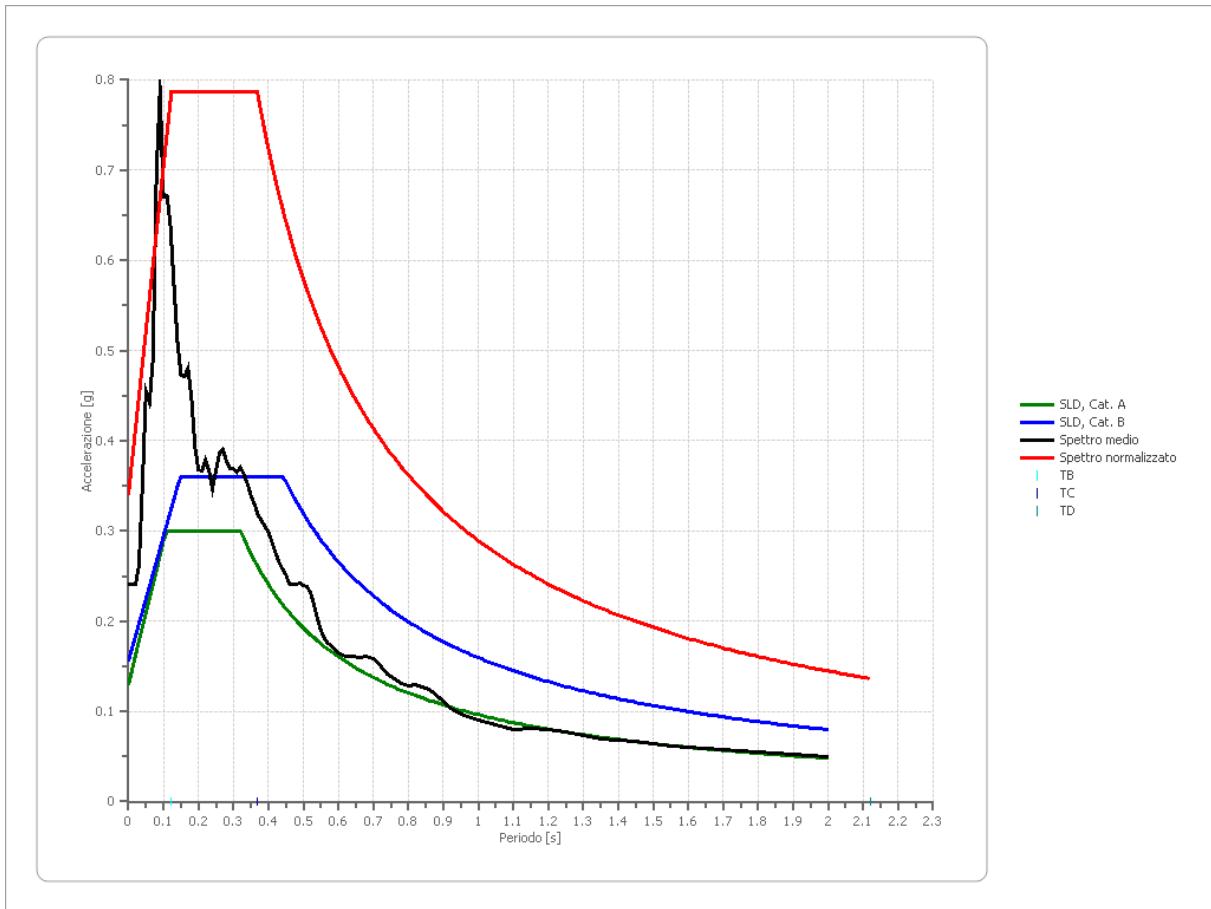
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

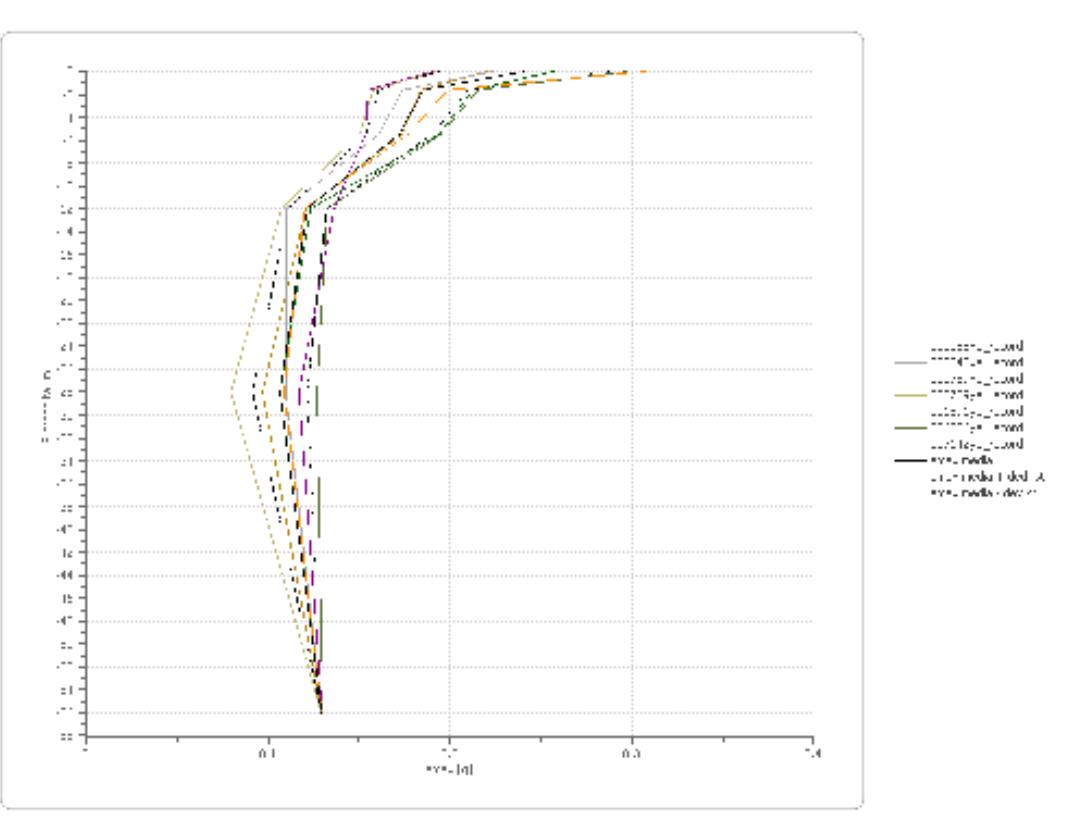
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [g]	0.100	0.130	0.354	0.465	0.100	0.130	0.354	0.465
Fo	2.274	2.307	2.465	2.496	2.274	2.307	2.465	2.496
Tc* [s]	0.306	0.321	0.39	0.427	0.306	0.321	0.39	0.427
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.05	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.39	1.38	1.33	1.30
TB [s]	0.102	0.107	0.130	0.142	0.142	0.148	0.173	0.186
TC [s]	0.306	0.321	0.390	0.427	0.427	0.443	0.518	0.557
TD [s]	2.000	2.120	3.016	3.460	2.000	2.120	3.016	3.460
Se(0) [g]	0.100	0.130	0.354	0.465	0.120	0.156	0.372	0.465
Se(TB) [g]	0.227	0.300	0.873	1.161	0.273	0.360	0.917	1.161



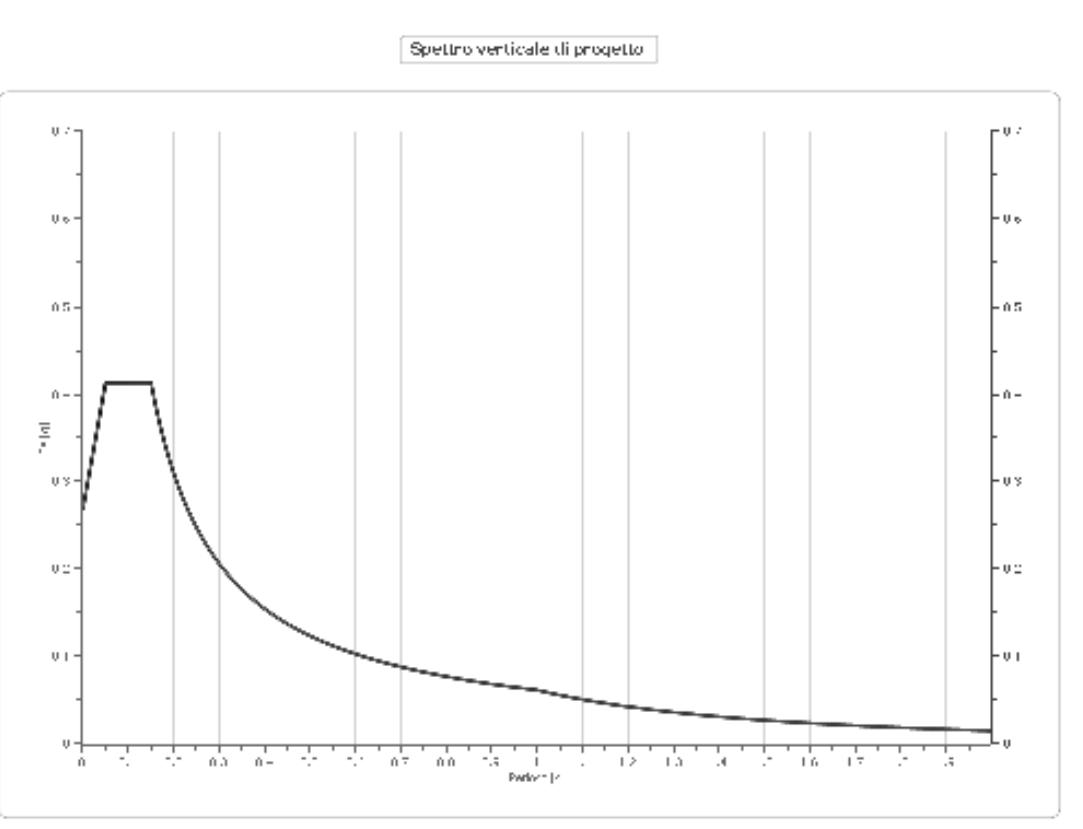
Profilo a max

	0.0 [m]	1.6 [m]	5.5 [m]	12.0 [m]	28.0 [m]	56.5 [m]
000055xa_re cord [g]	0.220	0.184	0.173	0.121	0.097	0.130
000342xa_re cord [g]	0.224	0.174	0.161	0.110	0.110	0.130
000789xa_re cord [g]	0.257	0.212	0.194	0.123	0.107	0.130
000789ya_re cord [g]	0.192	0.158	0.150	0.107	0.080	0.130
001891ya_re cord [g]	0.190	0.155	0.154	0.136	0.117	0.130
006326ya_re cord [g]	0.297	0.215	0.195	0.132	0.127	0.130
007142ya_re cord [g]	0.307	0.199	0.177	0.120	0.109	0.130
media [g]	0.241	0.185	0.172	0.121	0.106	0.130
Dev. St. [g]	0.048	0.025	0.018	0.011	0.015	0.000



Spettro verticale di progetto

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.341	2.307	0.150	1.818	1.5	0.050	0.150	1.000	0.269	0.413



SLV
Elaborazione

Numero di iterazioni 8

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 5.11 E00

Fattori di amplificazione ICMS 2018

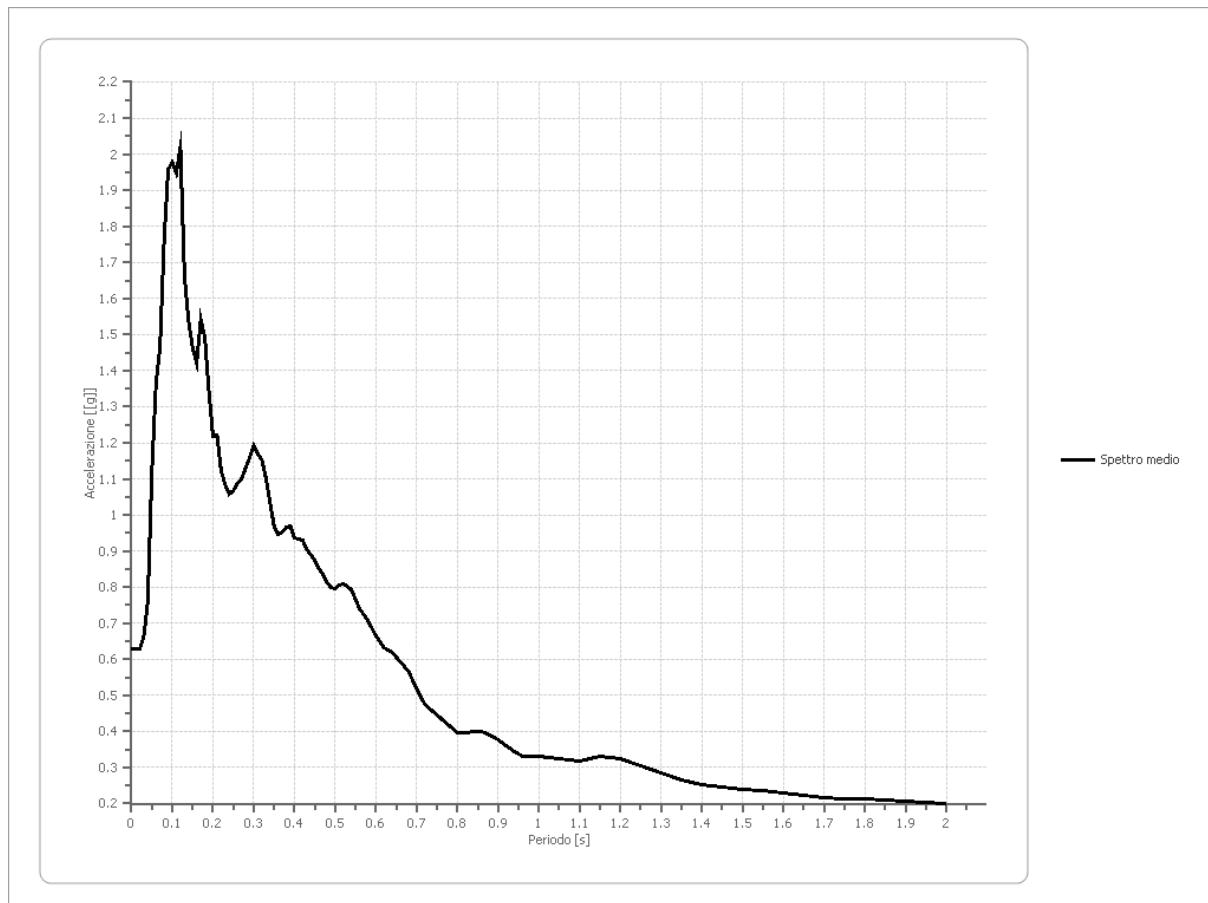
Tai	0.170 [s]
Tvi	1.950 [s]
Tao	0.120 [s]
Tvo	1.950 [s]
Sami	8.494 [m/s ²]
Svmi	0.645 [m/s]
Samo	16.502 [m/s ²]
Svmo	0.670 [m/s]
Fa	1.943 [-]
Fv	1.040 [-]
TB	0.123 [s]
TC	0.368 [s]
TD	3.016 [s]
SA(0)	0.820 [g]
SA(TB)	2.021 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA

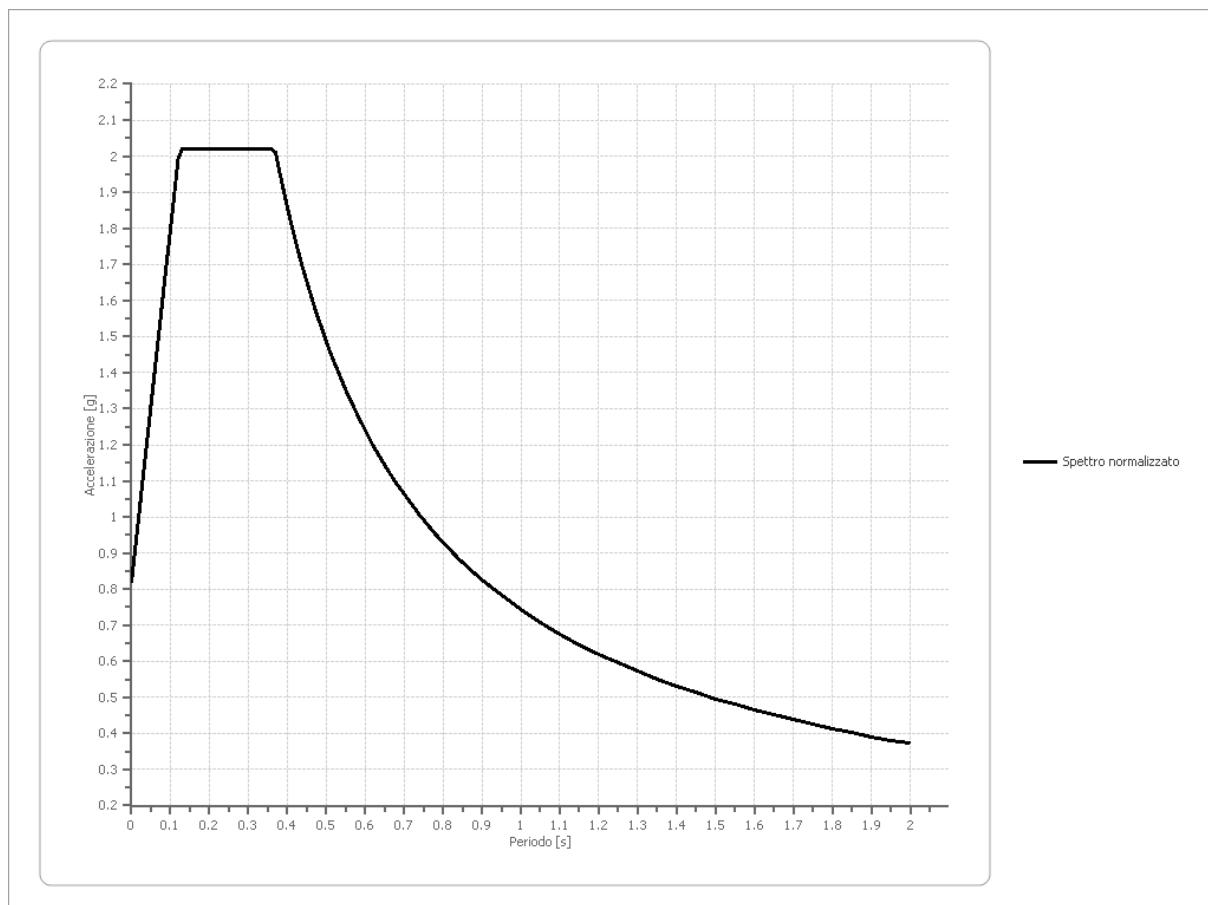
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.6283	0.21	1.2208	0.42	0.9296	0.68	0.5650	1.25	0.3053
0.01	0.6285	0.22	1.1243	0.43	0.9035	0.70	0.5174	1.30	0.2845
0.02	0.6284	0.23	1.0841	0.44	0.8891	0.72	0.4763	1.35	0.2657
0.03	0.6626	0.24	1.0578	0.45	0.8735	0.74	0.4543	1.40	0.2527
0.04	0.7595	0.25	1.0678	0.46	0.8505	0.76	0.4347	1.45	0.2468
0.05	1.1206	0.26	1.0875	0.47	0.8339	0.78	0.4176	1.50	0.2405
0.06	1.3605	0.27	1.1001	0.48	0.8117	0.80	0.3977	1.55	0.2352
0.07	1.4664	0.28	1.1308	0.49	0.8006	0.82	0.3973	1.60	0.2302
0.08	1.7624	0.29	1.1582	0.50	0.7960	0.84	0.4010	1.65	0.2217
0.09	1.9591	0.30	1.1923	0.51	0.8047	0.86	0.3981	1.70	0.2148
0.10	1.9767	0.31	1.1699	0.52	0.8079	0.88	0.3911	1.75	0.2138
0.11	1.9471	0.32	1.1513	0.53	0.8036	0.90	0.3758	1.80	0.2122
0.12	2.0209	0.33	1.1045	0.54	0.7915	0.92	0.3607	1.85	0.2108
0.13	1.6628	0.34	1.0360	0.55	0.7660	0.94	0.3447	1.90	0.2082
0.14	1.5380	0.35	0.9705	0.56	0.7411	0.96	0.3321	1.95	0.2046
0.15	1.4641	0.36	0.9449	0.57	0.7236	0.98	0.3297	2.00	0.2000
0.16	1.4203	0.37	0.9531	0.58	0.7062	1.00	0.3306		
0.17	1.5411	0.38	0.9660	0.60	0.6662	1.05	0.3246		
0.18	1.4914	0.39	0.9687	0.62	0.6307	1.10	0.3171		
0.19	1.3408	0.40	0.9358	0.64	0.6179	1.15	0.3294		
0.20	1.2167	0.41	0.9338	0.66	0.5927	1.20	0.3247		



Spettro normalizzato di risposta elastico

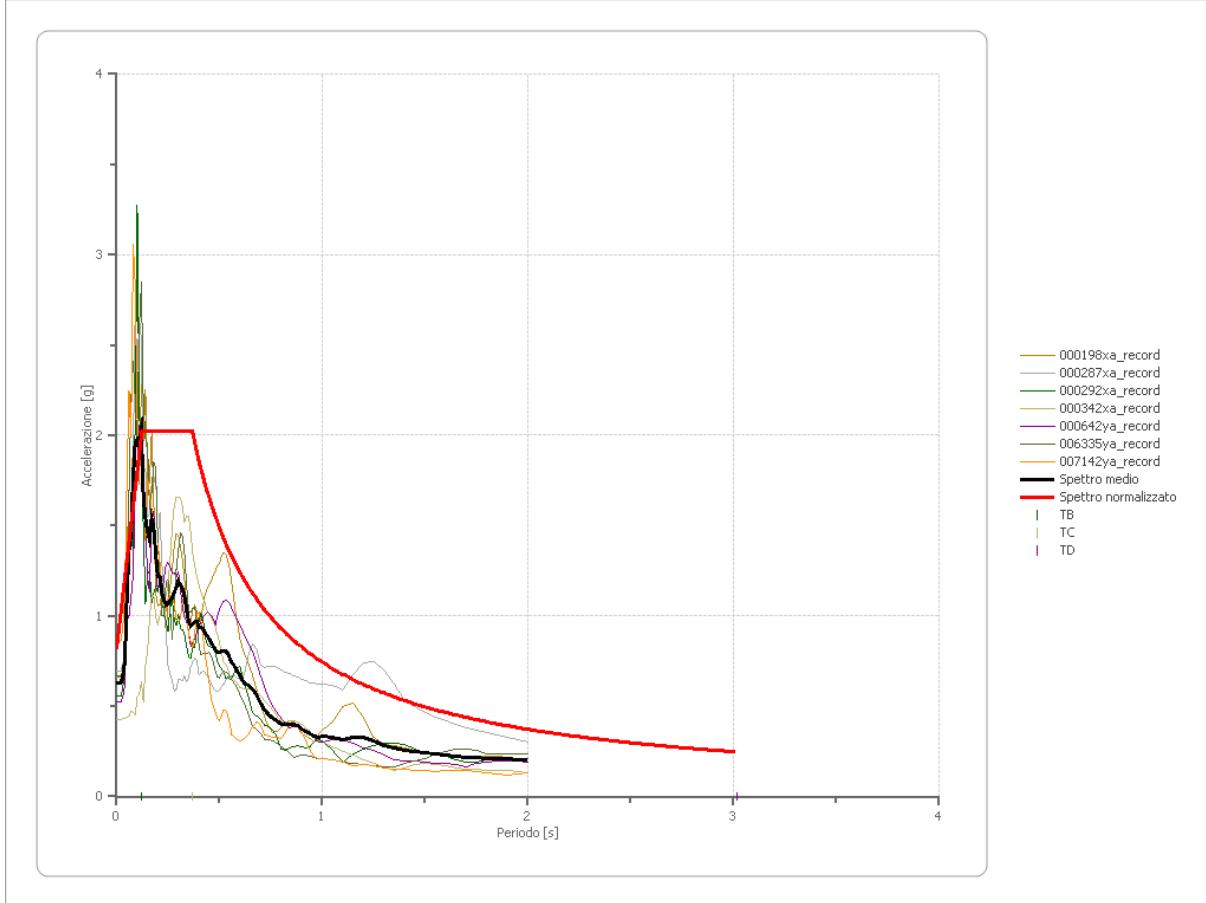
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.8198	0.21	2.0209	0.42	1.7710	0.68	1.0939	1.25	0.5951
0.01	0.9177	0.22	2.0209	0.43	1.7298	0.70	1.0626	1.30	0.5722
0.02	1.0156	0.23	2.0209	0.44	1.6905	0.72	1.0331	1.35	0.5510
0.03	1.1135	0.24	2.0209	0.45	1.6530	0.74	1.0052	1.40	0.5313
0.04	1.2114	0.25	2.0209	0.46	1.6170	0.76	0.9787	1.45	0.5130
0.05	1.3093	0.26	2.0209	0.47	1.5826	0.78	0.9536	1.50	0.4959
0.06	1.4072	0.27	2.0209	0.48	1.5496	0.80	0.9298	1.55	0.4799
0.07	1.5051	0.28	2.0209	0.49	1.5180	0.82	0.9071	1.60	0.4649
0.08	1.6030	0.29	2.0209	0.50	1.4877	0.84	0.8855	1.65	0.4508
0.09	1.7009	0.30	2.0209	0.51	1.4585	0.86	0.8649	1.70	0.4375
0.10	1.7988	0.31	2.0209	0.52	1.4304	0.88	0.8453	1.75	0.4250
0.11	1.8967	0.32	2.0209	0.53	1.4034	0.90	0.8265	1.80	0.4132
0.12	1.9946	0.33	2.0209	0.54	1.3775	0.92	0.8085	1.85	0.4021
0.13	2.0209	0.34	2.0209	0.55	1.3524	0.94	0.7913	1.90	0.3915
0.14	2.0209	0.35	2.0209	0.56	1.3283	0.96	0.7748	1.95	0.3815
0.15	2.0209	0.36	2.0209	0.57	1.3050	0.98	0.7590	2.00	0.3719
0.16	2.0209	0.37	2.0103	0.58	1.2825	1.00	0.7438		
0.17	2.0209	0.38	1.9574	0.60	1.2397	1.05	0.7084		
0.18	2.0209	0.39	1.9073	0.62	1.1997	1.10	0.6762		
0.19	2.0209	0.40	1.8596	0.64	1.1622	1.15	0.6468		
0.20	2.0209	0.41	1.8142	0.66	1.1270	1.20	0.6199		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.820	2.465	--	0.123	0.368	3.016	0.820	2.021

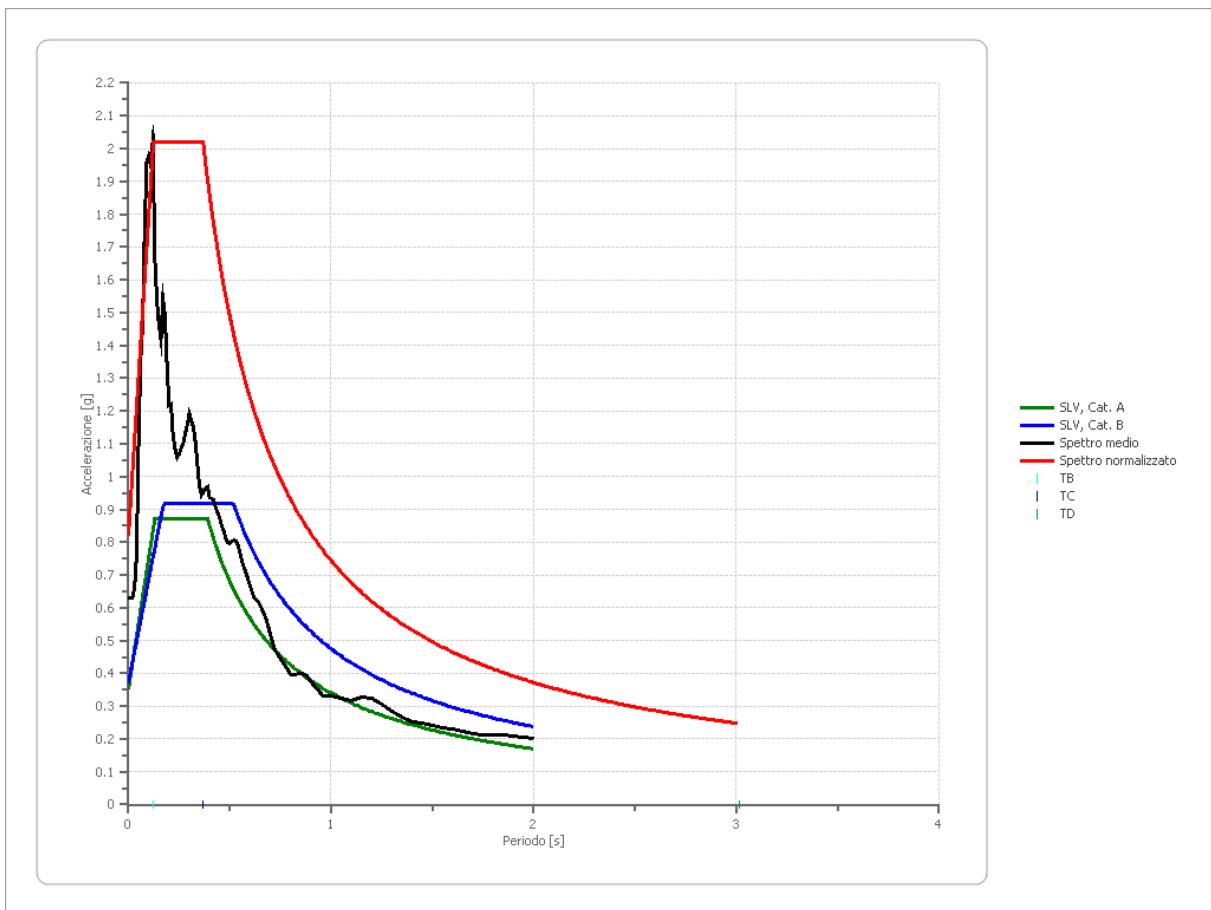
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

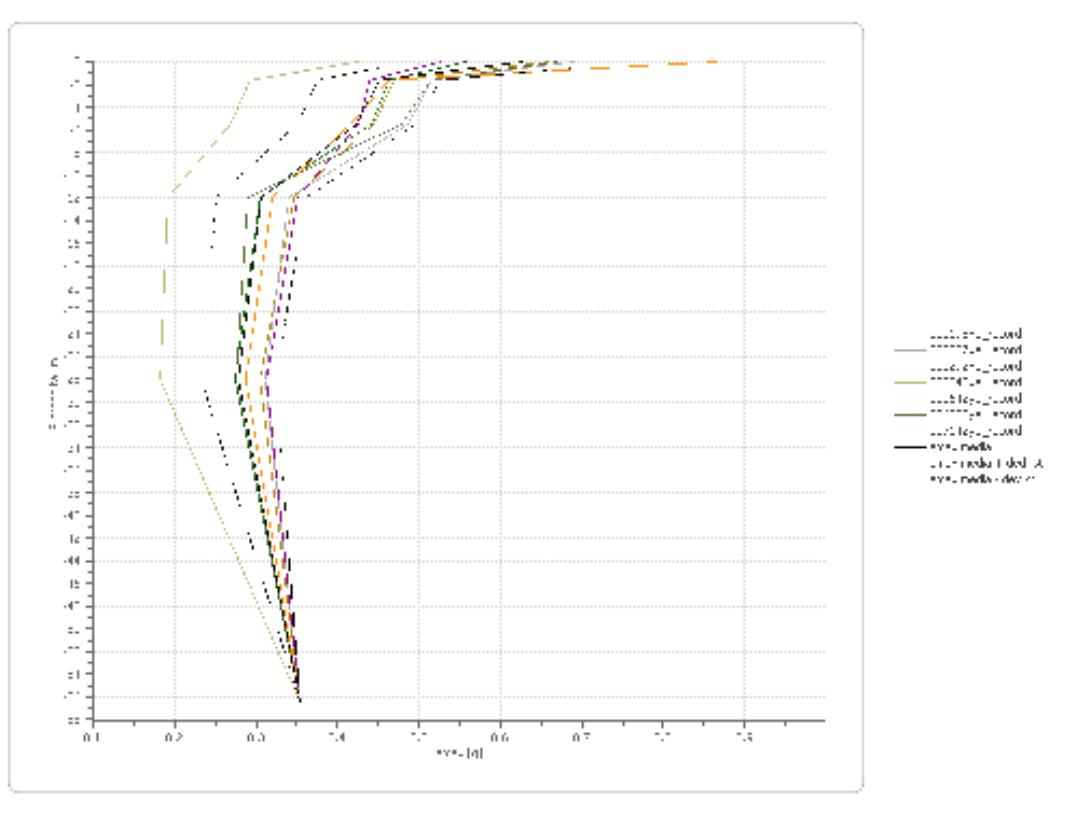
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	0	0	949	0	0	0	949	0
ag [g]	0.000	0.000	0.354	0.000	0.000	0.000	0.354	0.000
Fo	0	0	2.465	0	0	0	2.465	0
Tc* [s]	0	0	0.39	0	0	0	0.39	0
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.05	1.20
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	∞	∞	1.33	∞
TB [s]	0.000	0.000	0.130	0.000	NaN	NaN	0.173	NaN
TC [s]	0.000	0.000	0.390	0.000	NaN	NaN	0.518	NaN
TD [s]	1.600	1.600	3.016	1.600	1.600	1.600	3.016	1.600
Se(0) [g]	0.000	0.000	0.354	0.000	0.000	0.000	0.372	0.000
Se(TB) [g]	0.000	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000	0.917	0.000



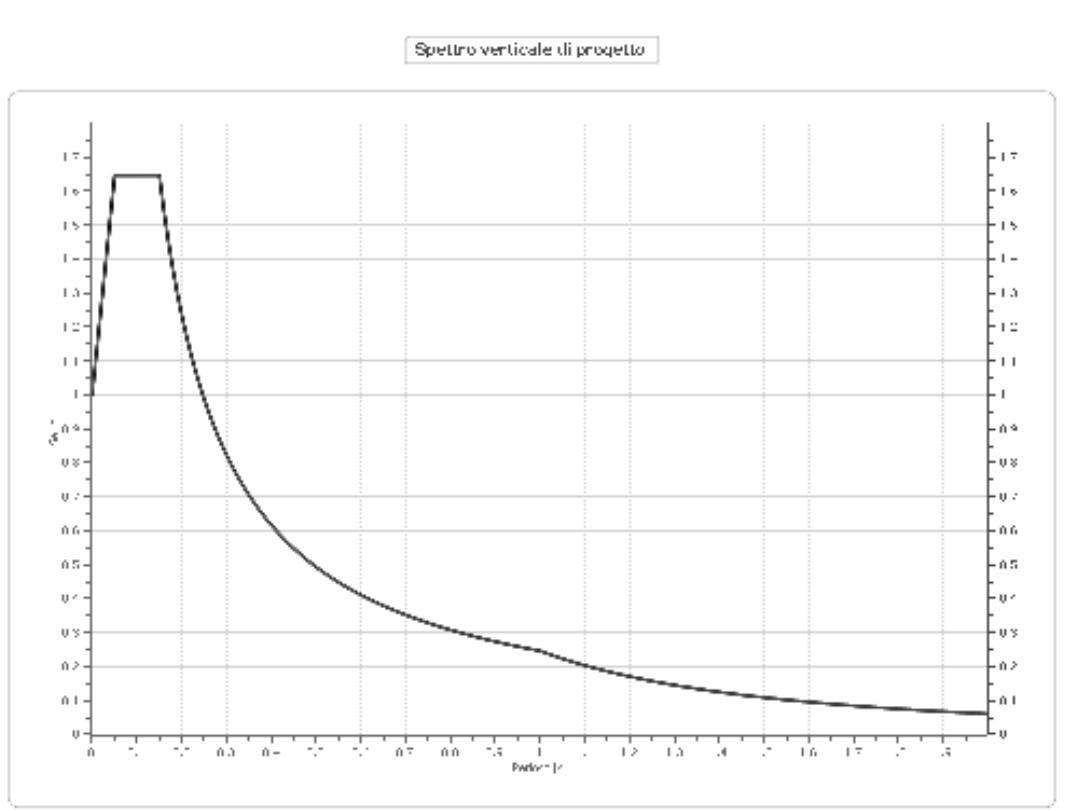
Profilo a max

	0.0 [m]	1.6 [m]	5.5 [m]	12.0 [m]	28.0 [m]	56.5 [m]
000198xa_re cord [g]	0.659	0.470	0.444	0.346	0.305	0.354
000287xa_re cord [g]	0.692	0.515	0.487	0.340	0.311	0.354
000292xa_re cord [g]	0.558	0.463	0.442	0.305	0.274	0.354
000342xa_re cord [g]	0.427	0.293	0.268	0.192	0.182	0.354
000642ya_re cord [g]	0.527	0.440	0.426	0.351	0.313	0.354
006335ya_re cord [g]	0.670	0.514	0.479	0.290	0.275	0.354
007142ya_re cord [g]	0.864	0.463	0.416	0.320	0.287	0.354
media [g]	0.628	0.451	0.423	0.306	0.278	0.354
Dev. St. [g]	0.140	0.075	0.073	0.055	0.045	0.000



Spettro verticale di progetto

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.820	2.465	0.150	3.013	1.5	0.050	0.150	1.000	1.002	1.647



SLC
Elaborazione

Numero di iterazioni 8

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 1.27 E01

Fattori di amplificazione ICMS 2018

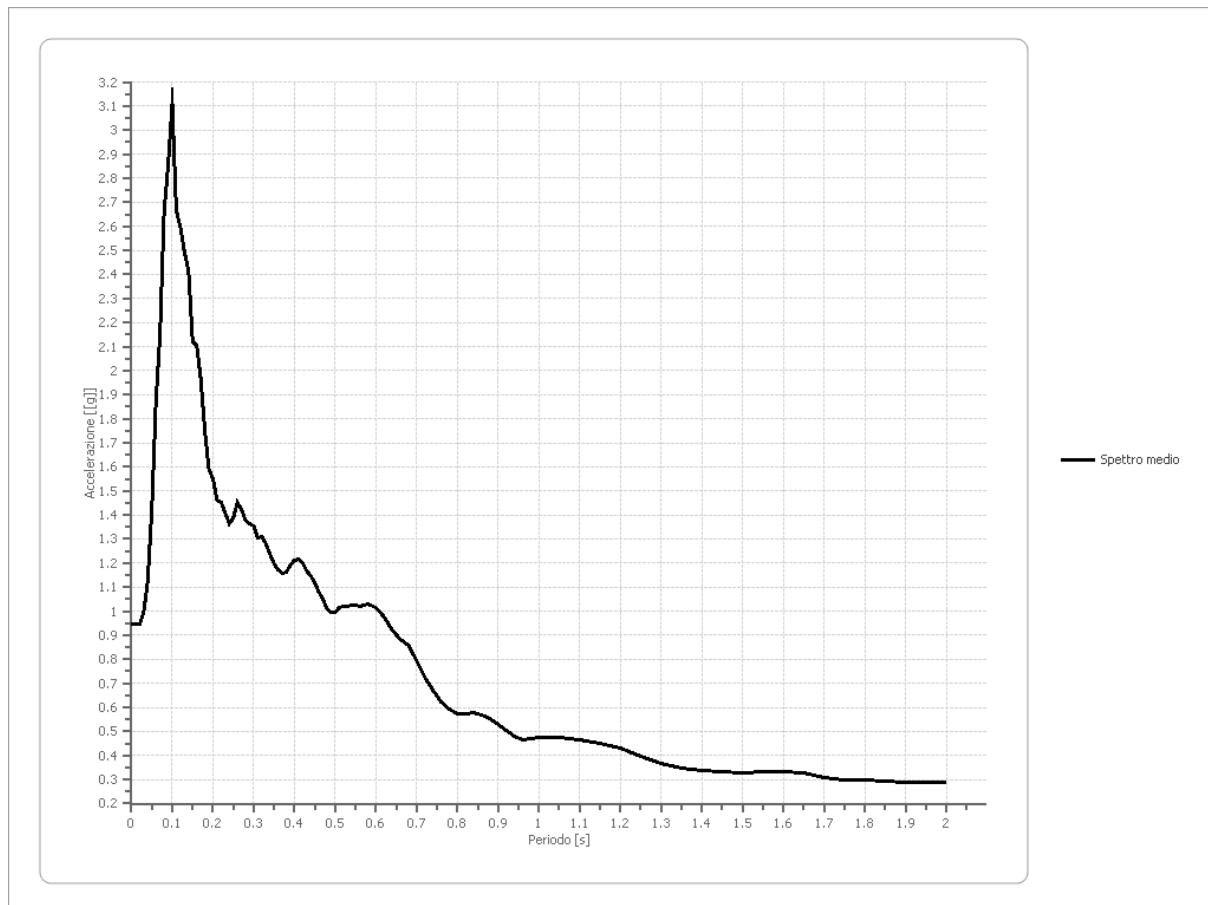
Tai	0.160 [s]
Tvi	3.200 [s]
Tao	0.100 [s]
Tvo	3.200 [s]
Sami	10.547 [m/s ²]
Svmi	1.100 [m/s]
Samo	24.128 [m/s ²]
Svmo	1.126 [m/s]
Fa	2.288 [-]
Fv	1.024 [-]
TB	0.123 [s]
TC	0.368 [s]
TD	3.460 [s]
SA(0)	1.245 [g]
SA(TB)	3.107 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA

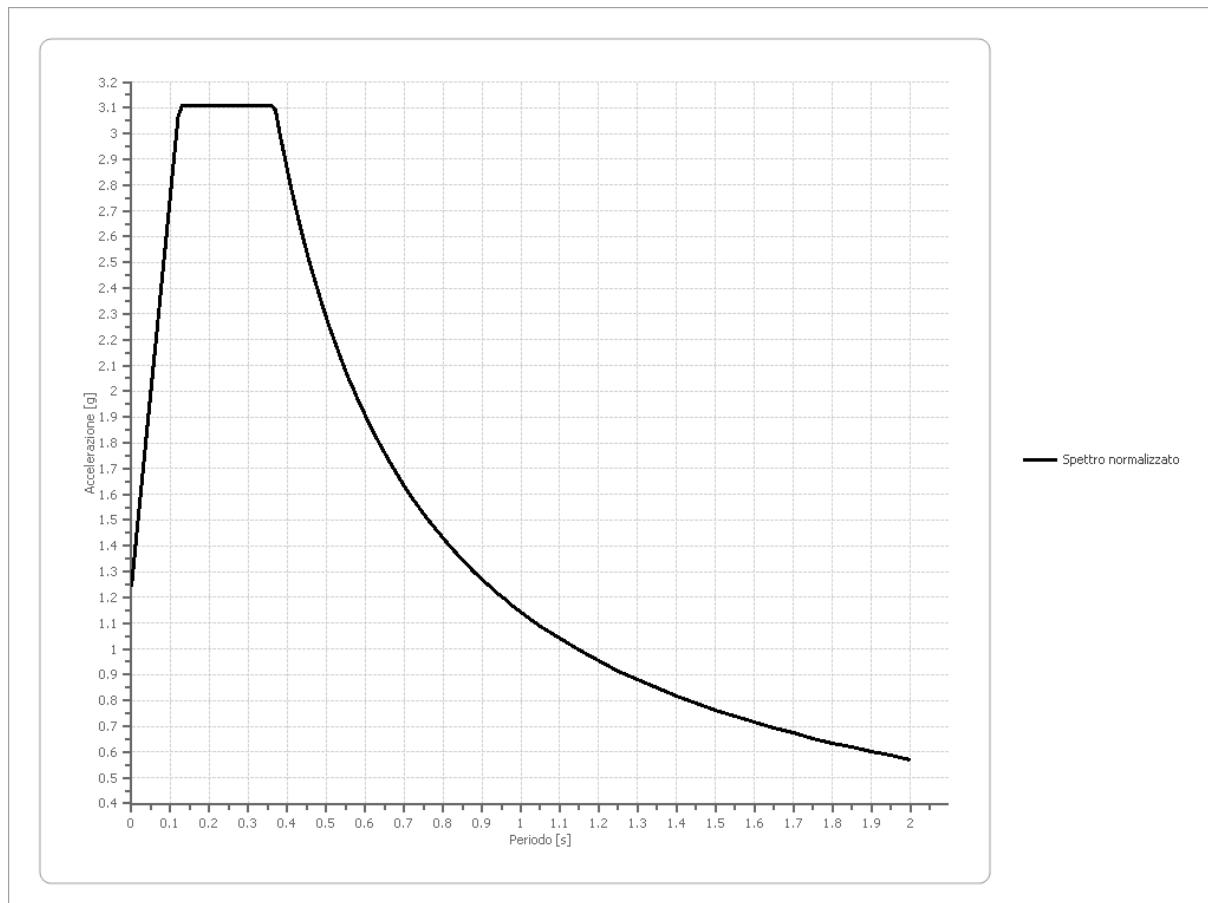
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.9442	0.21	1.4640	0.42	1.2003	0.68	0.8557	1.25	0.3961
0.01	0.9447	0.22	1.4507	0.43	1.1665	0.70	0.7962	1.30	0.3645
0.02	0.9443	0.23	1.4056	0.44	1.1477	0.72	0.7235	1.35	0.3494
0.03	0.9966	0.24	1.3618	0.45	1.1183	0.74	0.6697	1.40	0.3376
0.04	1.1296	0.25	1.3902	0.46	1.0780	0.76	0.6213	1.45	0.3308
0.05	1.4272	0.26	1.4528	0.47	1.0472	0.78	0.5942	1.50	0.3296
0.06	1.8714	0.27	1.4240	0.48	1.0103	0.80	0.5715	1.55	0.3320
0.07	2.1560	0.28	1.3785	0.49	0.9938	0.82	0.5747	1.60	0.3341
0.08	2.6614	0.29	1.3639	0.50	0.9971	0.84	0.5758	1.65	0.3257
0.09	2.8553	0.30	1.3554	0.51	1.0145	0.86	0.5665	1.70	0.3095
0.10	3.1073	0.31	1.3049	0.52	1.0222	0.88	0.5544	1.75	0.2985
0.11	2.6647	0.32	1.3104	0.53	1.0204	0.90	0.5274	1.80	0.2961
0.12	2.5970	0.33	1.2789	0.54	1.0245	0.92	0.5022	1.85	0.2926
0.13	2.4911	0.34	1.2358	0.55	1.0243	0.94	0.4797	1.90	0.2873
0.14	2.4163	0.35	1.1991	0.56	1.0207	0.96	0.4672	1.95	0.2862
0.15	2.1220	0.36	1.1745	0.57	1.0258	0.98	0.4714	2.00	0.2864
0.16	2.1027	0.37	1.1566	0.58	1.0315	1.00	0.4772		
0.17	1.9671	0.38	1.1611	0.60	1.0167	1.05	0.4737		
0.18	1.7520	0.39	1.1915	0.62	0.9747	1.10	0.4627		
0.19	1.5910	0.40	1.2116	0.64	0.9231	1.15	0.4519		
0.20	1.5491	0.41	1.2168	0.66	0.8832	1.20	0.4296		



Spettro normalizzato di risposta elastico

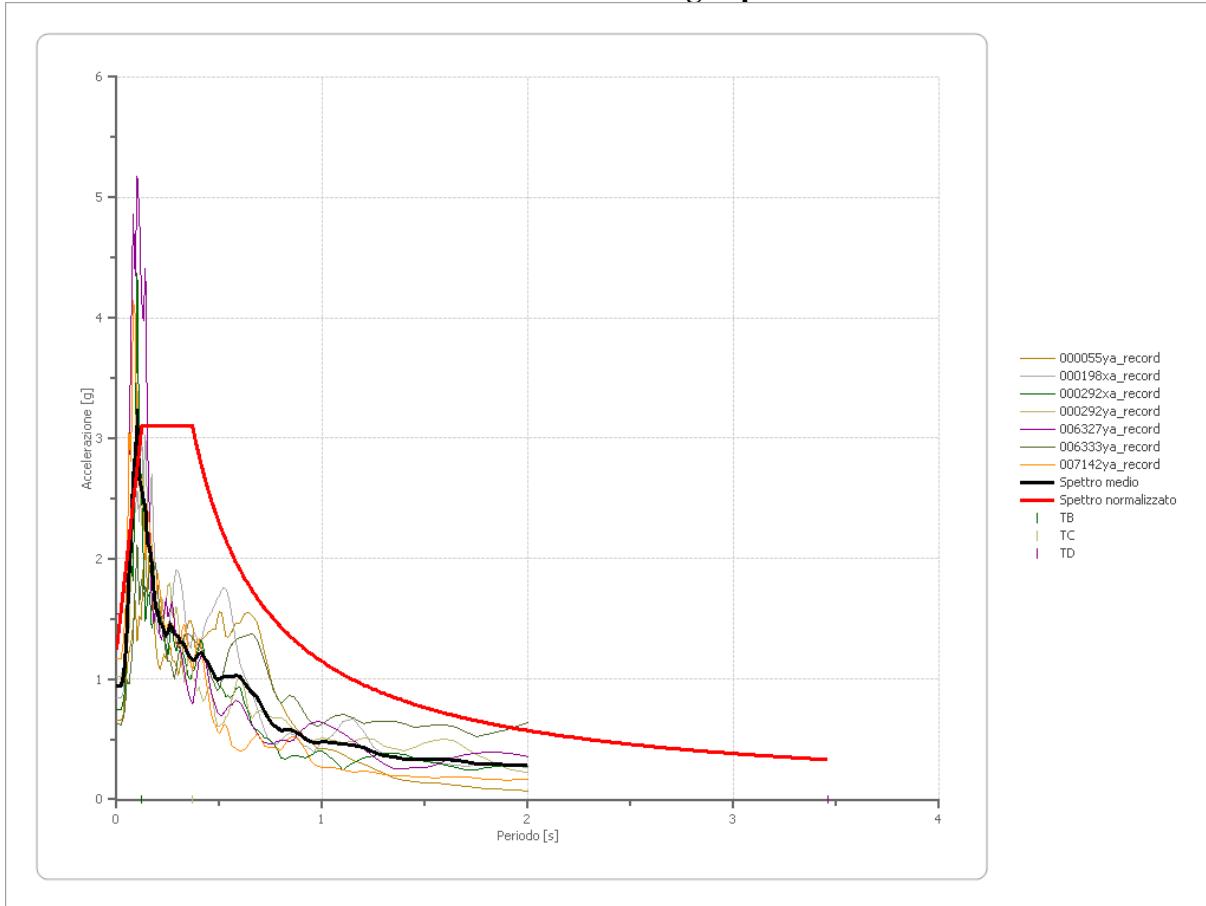
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	1.2449	0.21	3.1073	0.42	2.7230	0.68	1.6819	1.25	0.9149
0.01	1.3967	0.22	3.1073	0.43	2.6597	0.70	1.6338	1.30	0.8798
0.02	1.5485	0.23	3.1073	0.44	2.5993	0.72	1.5884	1.35	0.8472
0.03	1.7003	0.24	3.1073	0.45	2.5415	0.74	1.5455	1.40	0.8169
0.04	1.8521	0.25	3.1073	0.46	2.4863	0.76	1.5048	1.45	0.7887
0.05	2.0039	0.26	3.1073	0.47	2.4334	0.78	1.4663	1.50	0.7625
0.06	2.1557	0.27	3.1073	0.48	2.3827	0.80	1.4296	1.55	0.7379
0.07	2.3075	0.28	3.1073	0.49	2.3340	0.82	1.3947	1.60	0.7148
0.08	2.4593	0.29	3.1073	0.50	2.2874	0.84	1.3615	1.65	0.6931
0.09	2.6111	0.30	3.1073	0.51	2.2425	0.86	1.3299	1.70	0.6728
0.10	2.7629	0.31	3.1073	0.52	2.1994	0.88	1.2996	1.75	0.6535
0.11	2.9147	0.32	3.1073	0.53	2.1579	0.90	1.2708	1.80	0.6354
0.12	3.0664	0.33	3.1073	0.54	2.1179	0.92	1.2431	1.85	0.6182
0.13	3.1073	0.34	3.1073	0.55	2.0794	0.94	1.2167	1.90	0.6019
0.14	3.1073	0.35	3.1073	0.56	2.0423	0.96	1.1913	1.95	0.5865
0.15	3.1073	0.36	3.1073	0.57	2.0064	0.98	1.1670	2.00	0.5718
0.16	3.1073	0.37	3.0910	0.58	1.9719	1.00	1.1437		
0.17	3.1073	0.38	3.0097	0.60	1.9061	1.05	1.0892		
0.18	3.1073	0.39	2.9325	0.62	1.8446	1.10	1.0397		
0.19	3.1073	0.40	2.8592	0.64	1.7870	1.15	0.9945		
0.20	3.1073	0.41	2.7895	0.66	1.7328	1.20	0.9531		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
1.245	2.496	--	0.123	0.368	3.460	1.245	3.107

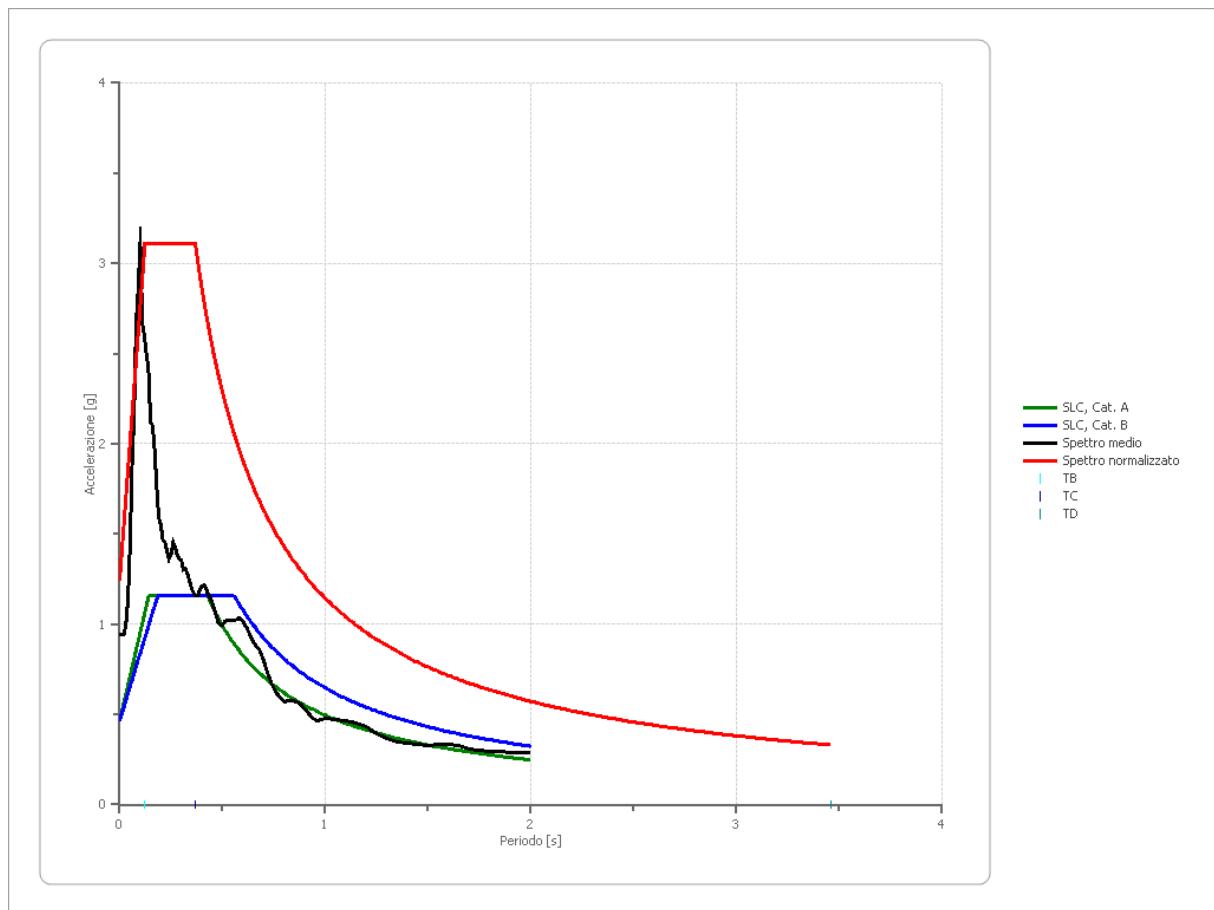
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

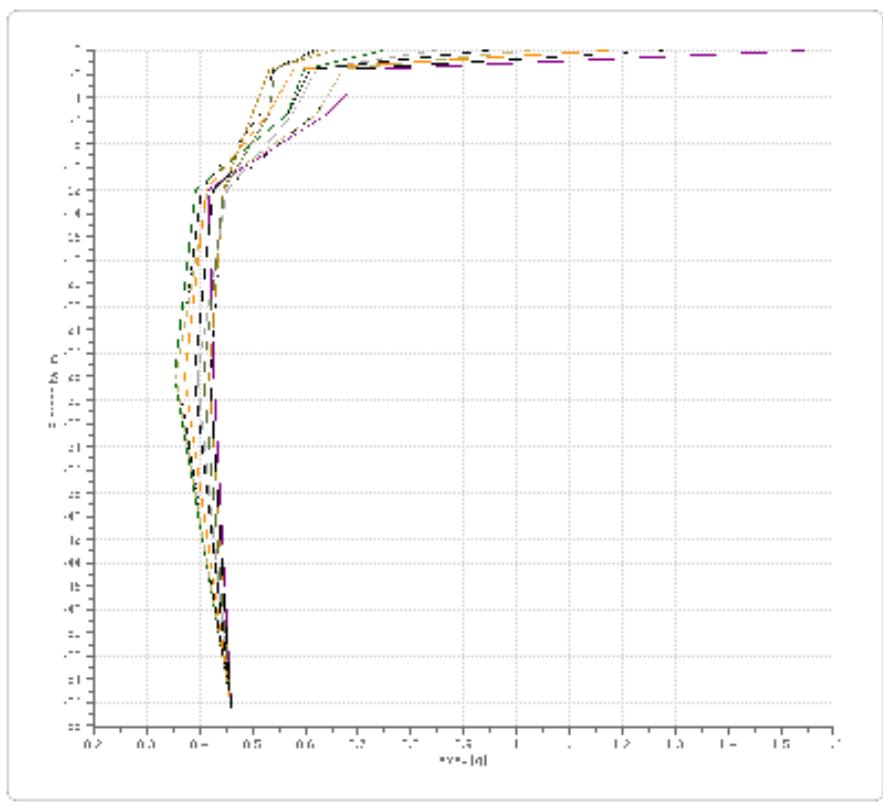
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	0	0	0	1950	0	0	0	1950
ag [g]	0.000	0.000	0.000	0.465	0.000	0.000	0.000	0.465
Fo	0	0	0	2.496	0	0	0	2.496
Tc* [s]	0	0	0	0.427	0	0	0	0.427
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	∞	∞	∞	1.30
TB [s]	0.000	0.000	0.000	0.142	NaN	NaN	NaN	0.186
TC [s]	0.000	0.000	0.000	0.427	NaN	NaN	NaN	0.557
TD [s]	1.600	1.600	1.600	3.460	1.600	1.600	1.600	3.460
Se(0) [g]	0.000	0.000	0.000	0.465	0.000	0.000	0.000	0.465
Se(TB) [g]	0.000	0.000	0.000	1.161	0.000	0.000	0.000	1.161



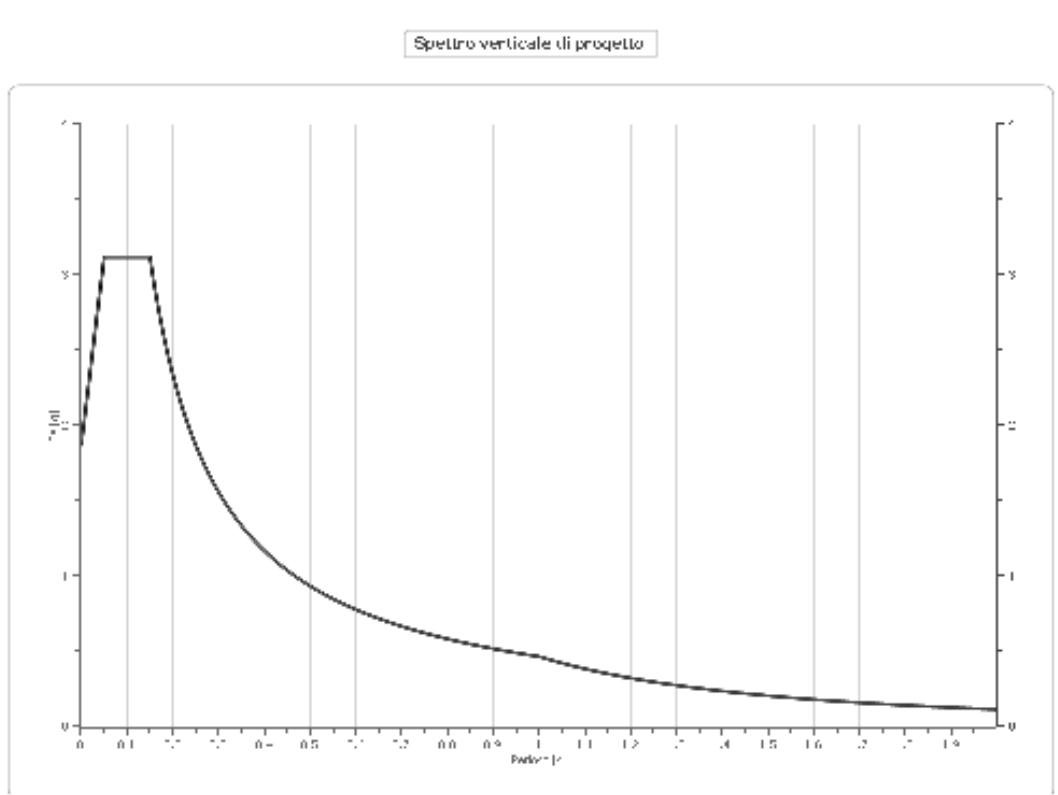
Profilo a max

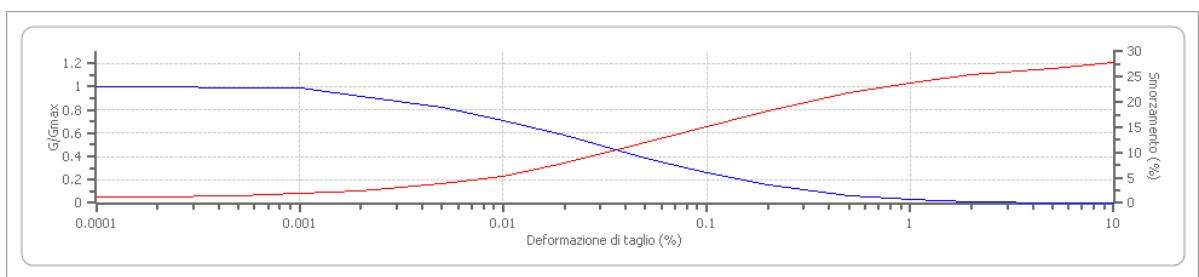
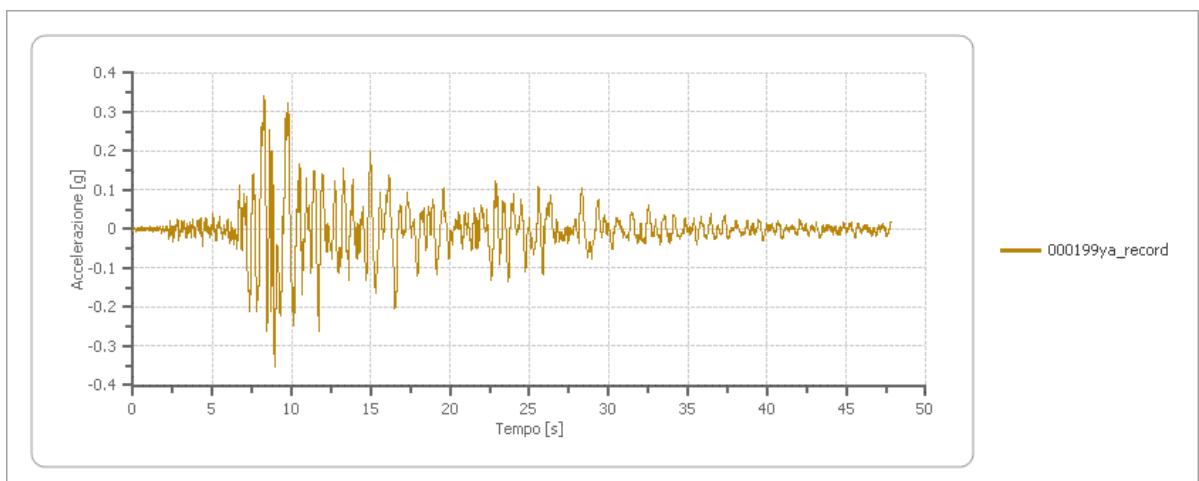
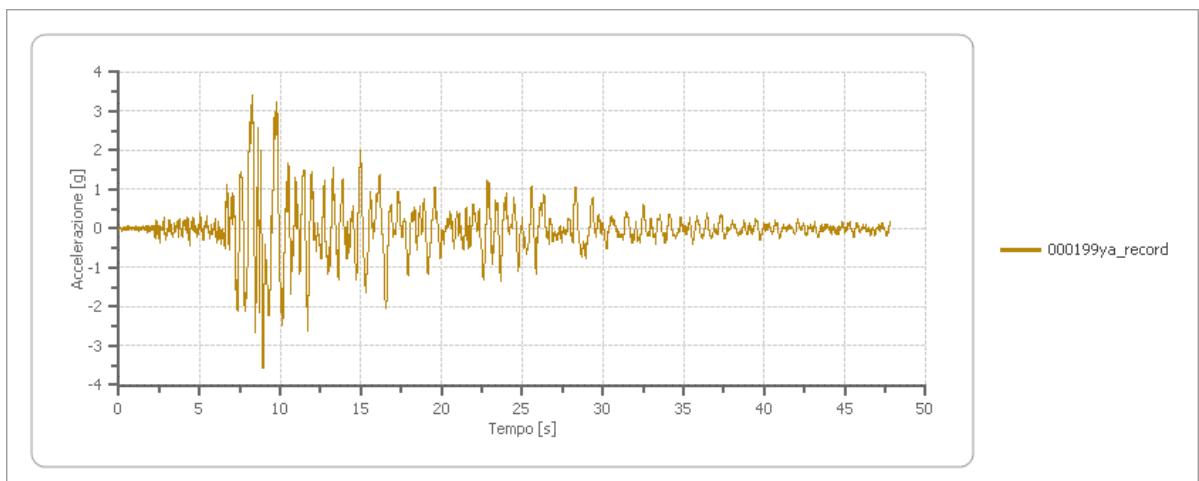
	0.0 [m]	1.6 [m]	5.5 [m]	12.0 [m]	28.0 [m]	56.5 [m]
000055ya_re cord [g]	0.654	0.532	0.499	0.444	0.418	0.460
000198xa_re cord [g]	0.845	0.621	0.575	0.451	0.396	0.460
000292xa_re cord [g]	0.746	0.598	0.565	0.392	0.352	0.460
000292ya_re cord [g]	1.025	0.671	0.621	0.416	0.355	0.460
006327ya_re cord [g]	1.545	0.728	0.639	0.416	0.427	0.460
006333ya_re cord [g]	0.623	0.543	0.531	0.445	0.407	0.460
007142ya_re cord [g]	1.172	0.578	0.528	0.412	0.371	0.460
media [g]	0.944	0.610	0.566	0.425	0.389	0.460
Dev. St. [g]	0.331	0.070	0.051	0.022	0.030	0.000

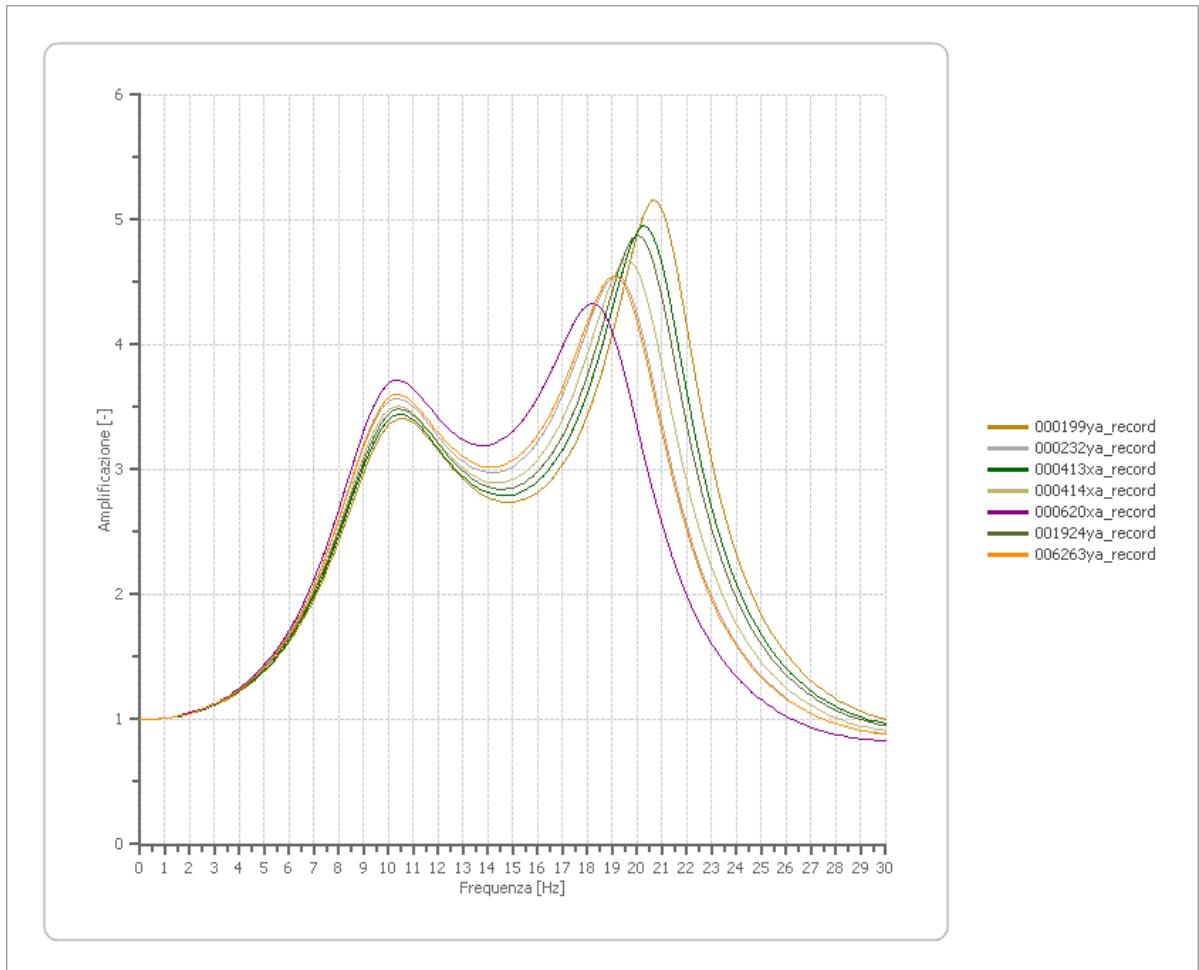


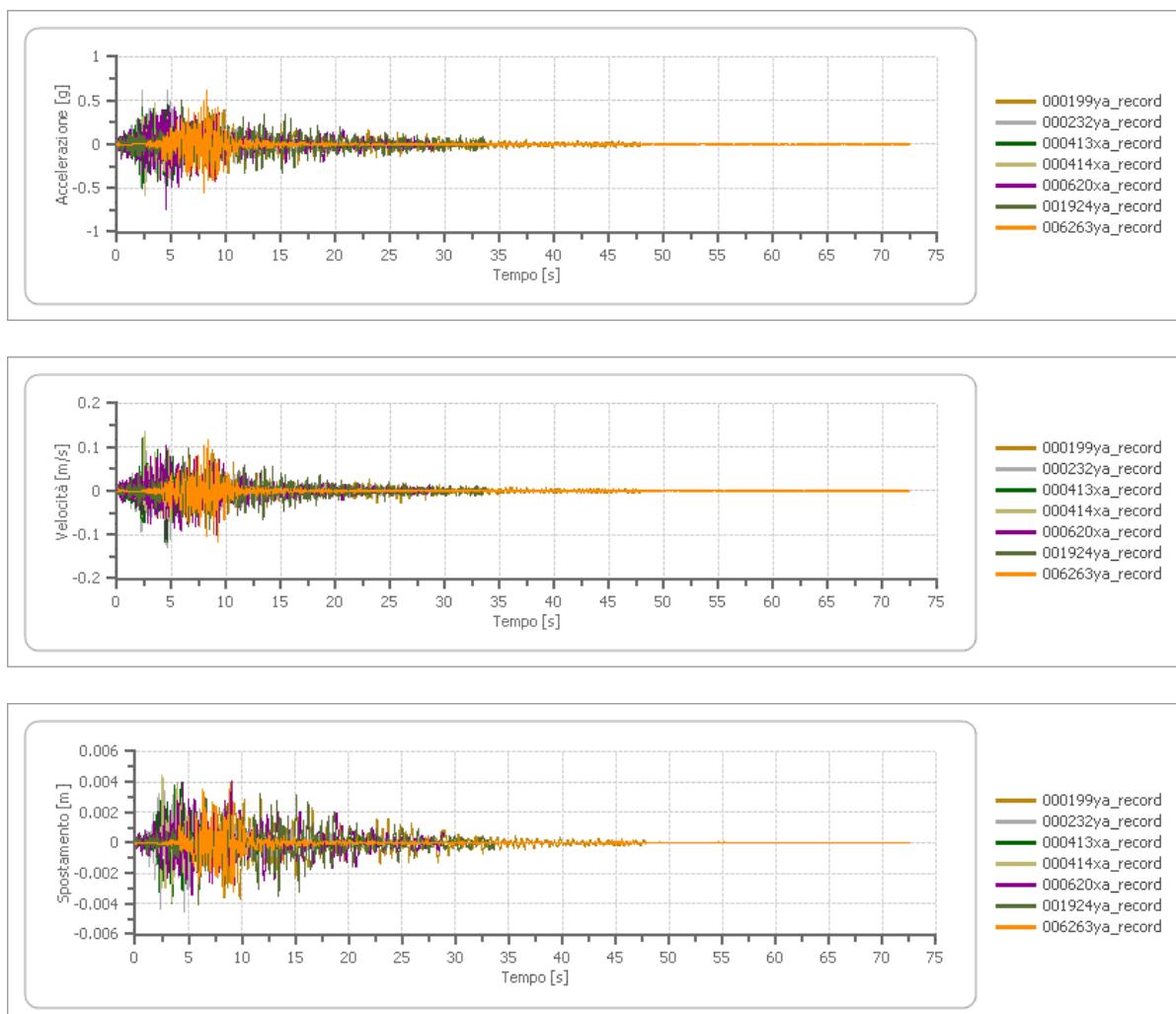
Spettro verticale di progetto

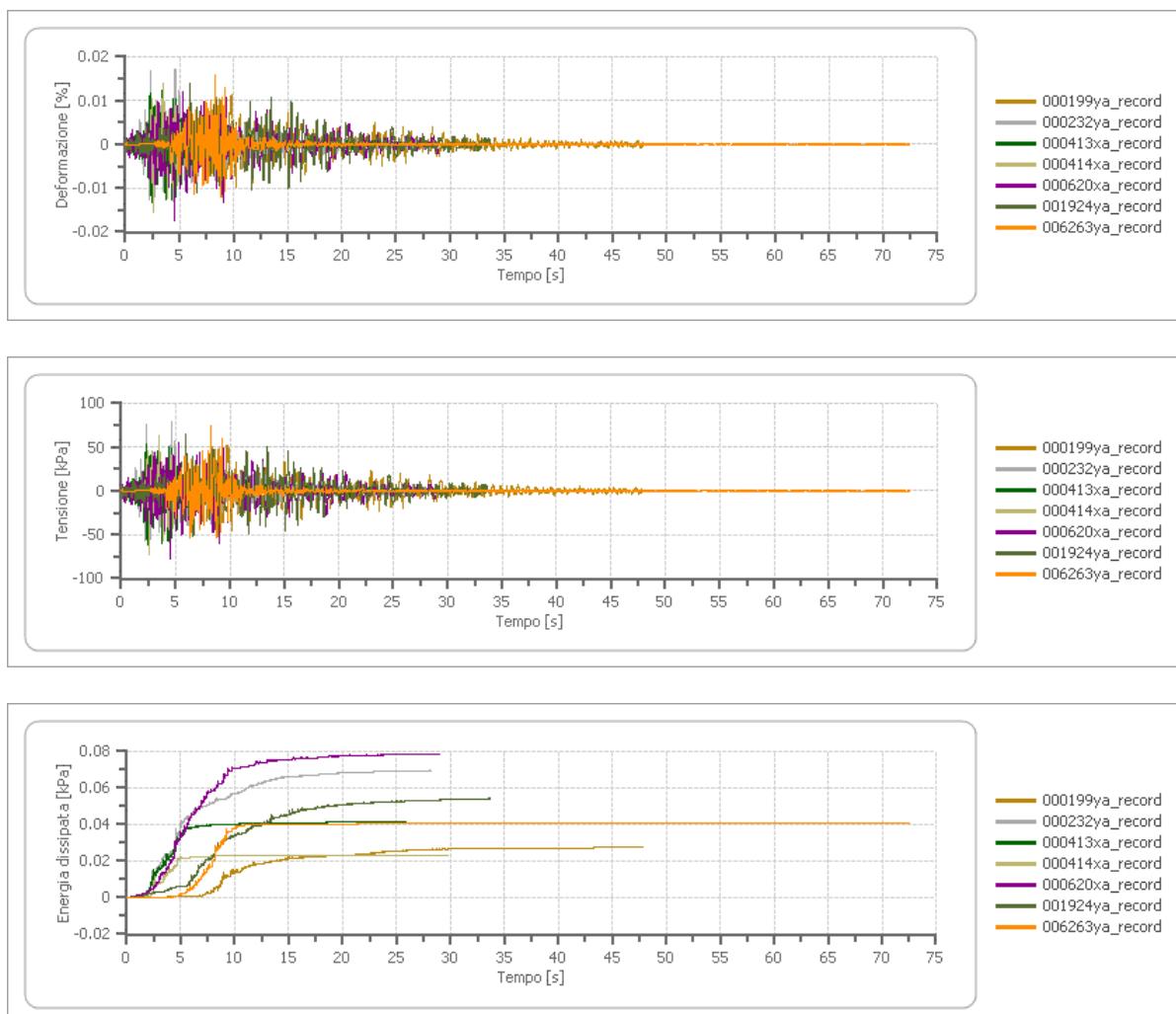
Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
1.245	2.496	0.150	3.760	1.5	0.050	0.150	1.000	1.875	3.120

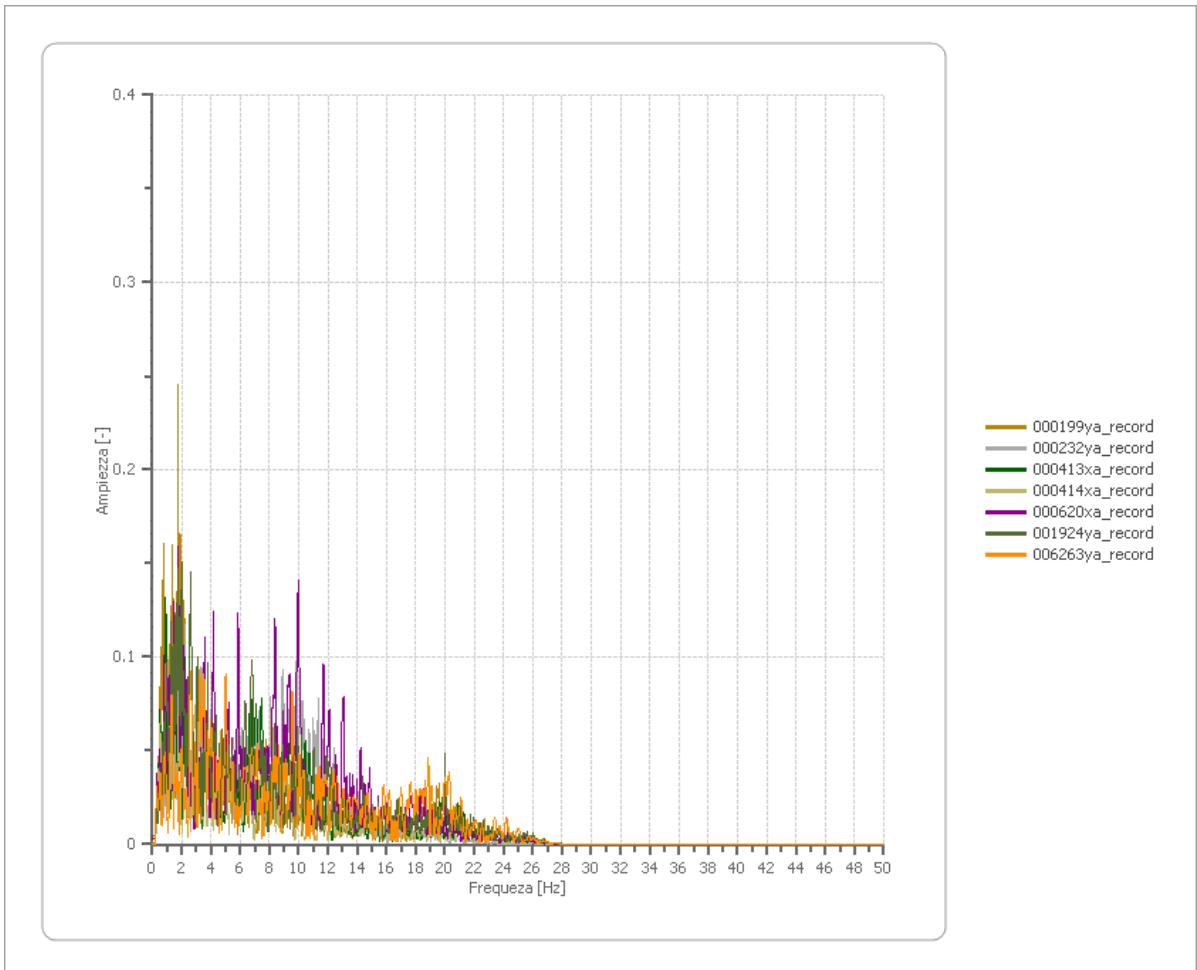


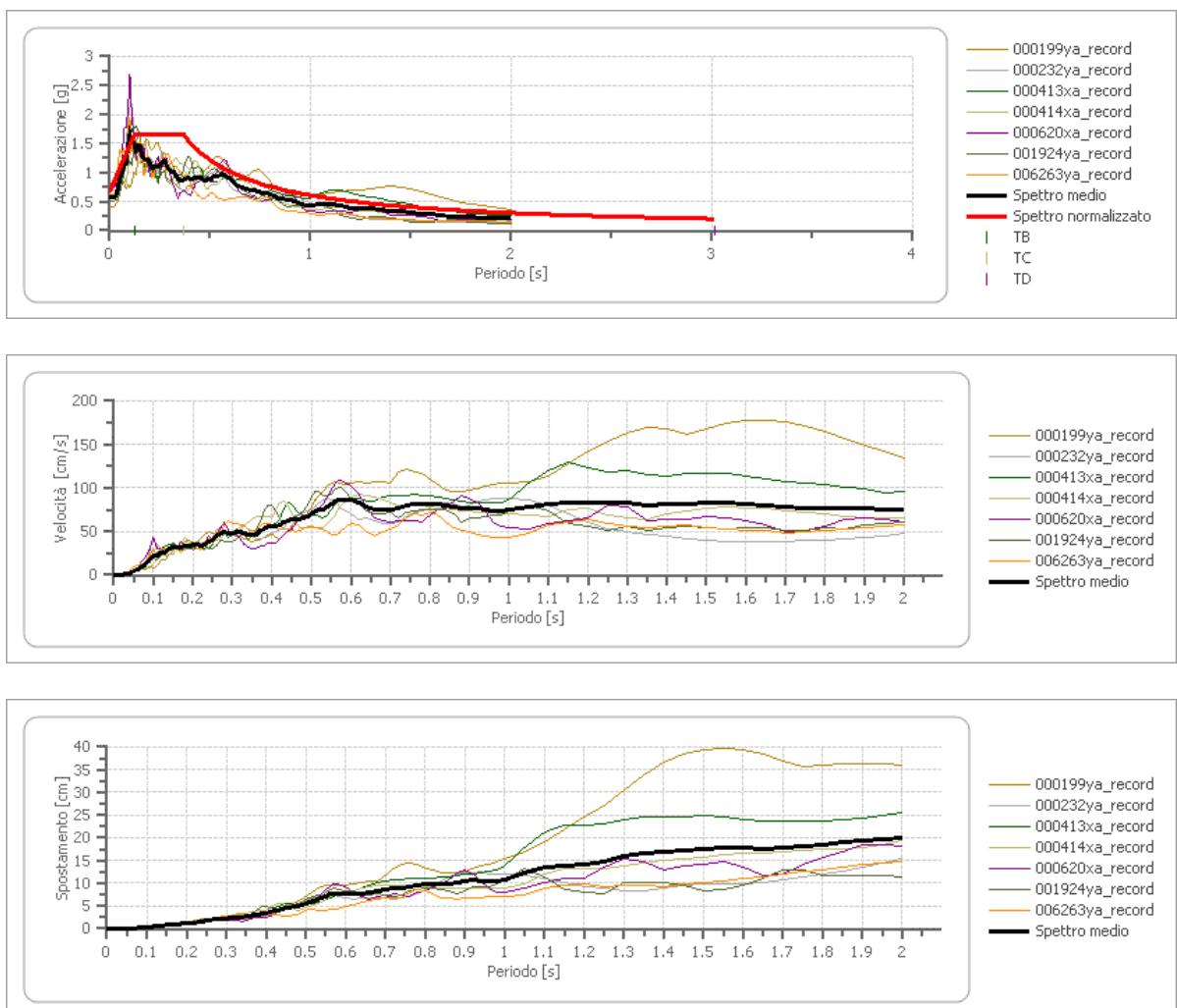


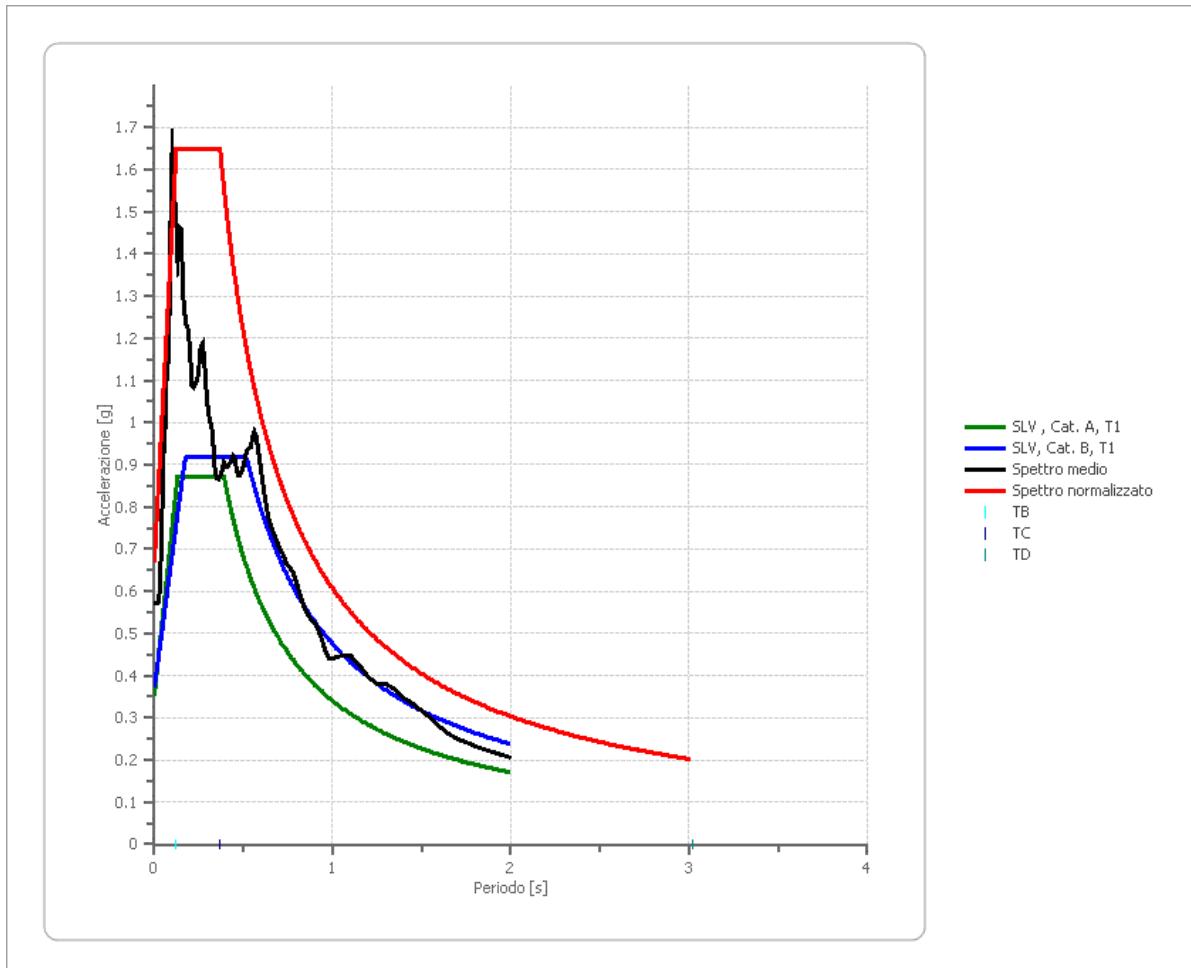












CONCLUSIONI

La **categoria di sottosuolo B** è stata definita dalle indagini sismiche in foro con metodologia DOWN-HOLE eseguite all'interno del sito, e meglio dettagliata nella Relazione sulle Indagini, la **Categoria Topografica T1** è stata definita sulla base delle condizioni morfologiche dell'area seguendo le prescrizioni riportate nelle NTC 2018.

Dalle analisi precedentemente descritte, con il metodo della disaggregazione, è stata ricavata la magnitudo di progetto, con maggiore probabilità di pericolo per lo stato limite SLO/SLV e relativo tempo di ritorno, i valori di Mw sono compresi tra un minimo di 4 ed un massimo di 8 (come da tabella allegata). Dal raffronto tra gli spettri di risposta elastica degli accelerogrammi naturali e quelli di sito, sono stati estrapolati gli spettri in output necessari al progettista.

In conclusione, per il proseguo della progettazione, si consiglia l'utilizzo dei parametri sismici riportati nelle tabelle precedentemente illustrate.



Carmine Mazzarotti



Francesco Borgese