

## COMMITTENTE



Direzione Lavori Pubblici - Manutenzioni

Ufficio Manutenzione Straordinaria e  
Adeguamento Patrimonio Edilizio e Sportivo

## DESCRIZIONE

**FUTURA****LA SCUOLA  
PER L'ITALIA DI DOMANI**Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEUMinistero dell'Istruzione  
e del MeritoItaliadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA**

Missione 4: Istruzione e Ricerca - Componente 1: Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 1.1: "Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia". **"Realizzazione di un nuovo asilo nido a Campomaggiore - Terni"**,

Finanziato dall'Unione europea "NextGenerationUE".

**CUP: F45E22000020006 - CIG 9722085657**

## PROGETTO ESECUTIVO

**ALLEGATO 14 - RELAZIONE GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA SISMICA  
IDROLOGIA E CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE**

## RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROFESSIONISTI

**ARCHITETTO MATTEO ROMANELLI** (Mandatario)

Corso del Popolo 24, Terni

mail. matteoromanelli@duepuntiarchitetti.it

**PROGETTO ARCHITETTONICO**

Arch. Francesco Nicolai (Mandante)

Arch. Moira Buzzicotti (Mandante)

Ing. Emma Vagaggini (Mandante)

**PROGETTO IMPIANTI**

Ing. Valentina Adornato (Mandante)

**PROGETTO STRUTTURE**

Ing. Giorgio Capperio (Mandante)

**COORDINAMENTO SICUREZZA PROGETTAZIONE**

Geom. Andrea Bassetti (Mandante)

**GEOLOGO**

Dott. Geologo Stefano Liti (Mandante)



## RUP

Geom. *Stefano Fredduzzi*

## DATA

Aprile 2023

## SCALA

## REVISIONE

N	DATA	DESCRIZIONE	VERIFICATO	SCALA

**COMUNE DI TERNI  
PROVINCIA DI TERNI**

**RELAZIONE GEOLOGICA – GEOMORFOLOGICA  
SISMICA IDROLOGIA E CONSIDERAZIONI  
GEOTECNICHE RELATIVA AD UN PROGETTO PER LA  
REALIZZAZIONE DI UN ASILO  
(PNNR MISSIONE 4 ISTRUZIONE E RICERCA)**

---

**LOCALITA'** : Loc. Campomaggiore Terni

**RIF. CATASTALI** : Foglio n°49 Particelle n° 1007

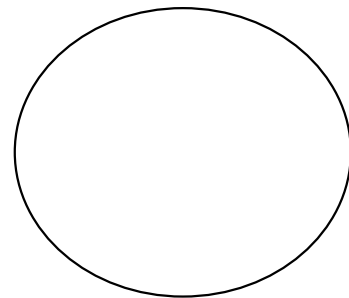
**COMMITTENTE** : COMUNE DI TERNI

---



**Dott. Geol. Stefano LITI**  
**Via Roma 5/m 05021**  
**Acquasparta TR**  
**Tel. 0744/930647**  
**C.F. LTISFN68R19AO45B**  
**P.I. 00747960557**

**Dott. Geologo Stefano LITI**



Acquasparta Marzo 2023

## **PREMESSA**

Dietro richiesta della Committenza è stato eseguito uno studio di tipo geologico-geomorfologico- sismico –idrogeologico e considerazioni geotecniche sui terreni di fondazione di un area ove verte un progetto finalizzato alla realizzazione di un Asilo Nido.

Le indagini svolte in conformità con i criteri stabiliti dalle NTC 2018 dalla, il D.M. 11/03/1988 L.R. 1/15 e relative istruzioni applicative, sono articolate attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area oggetto di studio;
- Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico;
- Sondaggio geognostico a 30 metri e indagine Dow Hall;
- Considerazioni tecniche

Vista la Tipologia del manufatto in oggetto e la buona conoscenza dei luoghi studiati, la caratterizzazione fisico meccanica e stratigrafica del sottosuolo è stata dedotta da fonti bibliografiche da studi precedentemente realizzati in zona, da osservazioni e indagini dirette eseguite in sito tramite saggi esplorativi con escavatore meccanico e prove in sito

Alla presente relazione vengono allegati:

- Carta corografica alla scala 1:25.000;
- Planimetria catastale alla scala 1:2.000;

## **UBICAZIONE**

Il lotto di cui sopra è ubicato in località Campomaggiore di Terni individuabile al Foglio n° 49 Particella 1007 del N.C.T. del Comune di Terni.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il lotto in questione è ubicato ai bordi della catena Martana in località Campomaggiore.

Il litotipo affiorante nell'area è rappresentato dai depositi di versante derivanti dalla disgregazione della catena Martana dati da conglomerati in matrice limoso argillosa.

Facendo riferimento all'assetto geologico strutturale del *bedrock* costituito dalla Serie Stratigrafica Umbro – Marchigiana, il sito è ubicato sul bordo settentrinale di un'ampia depressione tettonica originatesi durante la fase distensiva che ha interessato questo settore dell' Appennino settentrionale durante il Pliocene sup. – Pleistocene . Ad Nord del *graben* in oggetto si sviluppa la struttura anticlinalica individuata dalla dorsale dei Monti Martani la quale coinvolge nella deformazione i terreni della successione sedimentaria meso – cenozoica Umbro – Marchigiana, dai calcari e marne Triassiche ( Formazione dei calcari marnosi a Rhaetavicula Contorta) , che affiorano al nucleo della struttura, fino ai termini Oligo – miocenici della Scaglia Cinerea e del Bisciaro. La suddetta dorsale presenta il fianco orientale rovesciato ad Est su di un ampio sinclinorio al cui nucleo affiora la Formazione dello Schlier.

La depressione tettonica e la dorsale Martana sono separate da un importante sistema di faglie dirette denominato “Faglia bordiera dei Monti Martani” immergente ad Ovest con direzione NNO –SSE, la quale sembra essere anche una struttura sismogenetica attiva alla luce delle scosse che si sono verificate ultimamente lungo questo settore.

Come già accennato in precedenza, l'area appartiene alla zona pedemontana situata tra i rilievi montuosi della catena Martana ad Est e la zona di affioramento dei depositi Villafranchiani ad Ovest. Il paesaggio è caratterizzato da forme collinari con altezze comprese tra i 180 e i 200 m s.l.m. degradanti verso Sud. L'idrografia superficiale è regolata dalle principali



direttrici tettoniche lungo le quali si sono sviluppati fossi in parte a carattere stagionale ed alcuni alimentati da sorgenti naturali il fosso Schiglie costeggia l'area in esame ma anch'esso è a carattere stagionale. . La circolazione idrica sotterranea , è possibile per la presenza di un elevata permeabilità primaria associata in questo caso anche alla presenza di argille impermeabili che “sigillano” l'acqua intrappolata nei terreni sovrastanti.

Il sopralluogo effettuato in campagna non ha permesso di misurare alcun pozzo ma si presume che il livello della falda sia certamente superiore alla profondità di interessamento del progetto.

### **LITOSTRATIGRAFIA**

Durante il sopralluogo in campagna e attraverso sondaggio geognostico con sonda meccanica è stata ricostruita la stratigrafia del sito.

Sintetizzando i dati di campagna , si ha la seguente caratterizzazione litologico-tecnica del terreno osservato:

- **- strato da 0.0m a 2.00 m dal p.c. :** materiale detritico costipato (riporto)
- **- strato da 2.00m a 5.0 m dal p.c :** Detrito di falda (ghiaie in scarsa matrice limoso sabbiosa con clasti centimetrici );
- **Strato da 5.00 m a 12.00 m dal p.d.c.:** Sabbie limose con ghiaie;
- **Strato da 12.00 m a 27.00 m dal.p.d.c.:** materiale detritico compatto in matrice limo sabbiosa;
- **Strato da 27.00 m a 30.00 m dal p.d.c.:** materiale detritico in matrice sabbiosa

Per una migliore individuazione vedere report fotografico sondaggio in allegato alla relazione

## - MICROZONAZIONE SISMICA

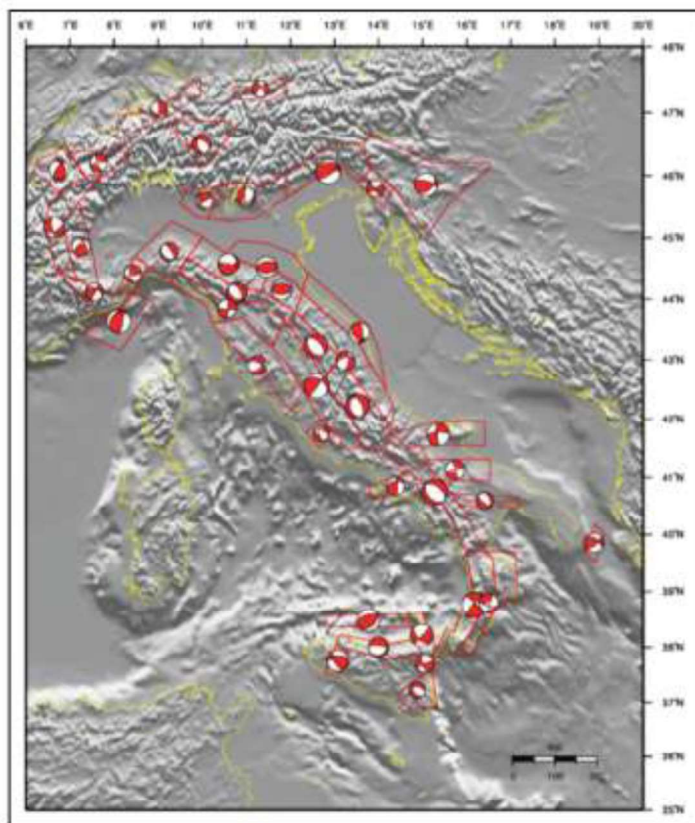
In base alla recente ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 il Comune di Terni è stato inserito tra le località sismiche con classe di sismicità 2 (**Gazzetta Ufficiale n. 105 del 2 del 08-05-2003 S.O. n.72**).

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D.M. 14.01.2008** “Norme Tecniche per le costruzioni”.
- **Circolare 2 Febbraio 2009 n.617** Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M.14.01.2008.
- **Allegato Al voto n.36 Del 27.07.2007** - Pericolosità Sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- **O.P.C.M. 28.04.2006 n.3519** Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- **D.G.R.18.06.2003n. 852**“Approvazione Classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria”.
- **Delib.G.R.n°852/2003**
- **Delib.G.R. n°1700/2003** (cfr. Allegato B edifici rilevanti...)
- **L.R.11/2005** (art.24Comma 9)
- **Linee Guida del DPC- sett. 2008** (punto 1.6.3.3“Indirizzi e Criteri Per la Microzonazione Sismica”).
- **Delib.G.R.n°377/2010** (Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica - Punti 5 e 6);

### MACROSISMICITA', CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE DELL'AREA

L'area in oggetto risulta inserita all'interno delle imponenti strutture sismo genetiche dell'Appennino centrale. L'attività sismica negli Appennini umbro-marchigiani manifesta un accoppiamento sincrono (o dualità) tra regimi distensivi e compressivi. I meccanismi focali dei terremoti in prossimità della costa adriatica mostrano tutti una componente compressiva preponderante (legata alla fase di migrazione verso est del *wedge* appenninico, ancora in atto) mentre i terremoti nella parte interna della catena, tra 50 e 150 km ad O della costa adriatica, sono di natura spiccatamente distensiva. L'Umbria in particolare risulta inserita nella fascia intermedia delle strutture appenniniche; i meccanismi di rottura attesi sono misti, con prevalenza di cinematismi di tipo dip-slip (distensivo) e anche con cinematica trastensiva (obliqua), ovvero distensiva ma con una componente trascorrente



L'area oggetto di studio risulta inserita nella Zonazione sismo genetica ZS9 (Appennino settentrionale e centrale, ZS dalla 911 alla 923). La fascia che dalla Lunigiana arriva fino al confine Abruzzo-Molise veniva indicata in ZS4 come l'area con il maggior rischio di rilascio di energia dell'Appennino centro-settentrionale. Essa corrisponde al settore più interno della catena appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Tali faglie immergono verso NE nel settore compreso tra la Toscana settentrionale e l'Umbria settentrionale e verso SW nel settore che si estende dall'Umbria centrale fino a tutto l'Abruzzo. Questa fascia è stata suddivisa in tre zone (920, 919 e 923) che includono le Sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che caratterizzano l'arco appenninico settentrionale e centrale.

Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici e paleosismici. Rispetto a ZS4, il nuovo

assetto che deriva da questa proposta privilegia la continuità longitudinale delle strutture estensionali primarie.

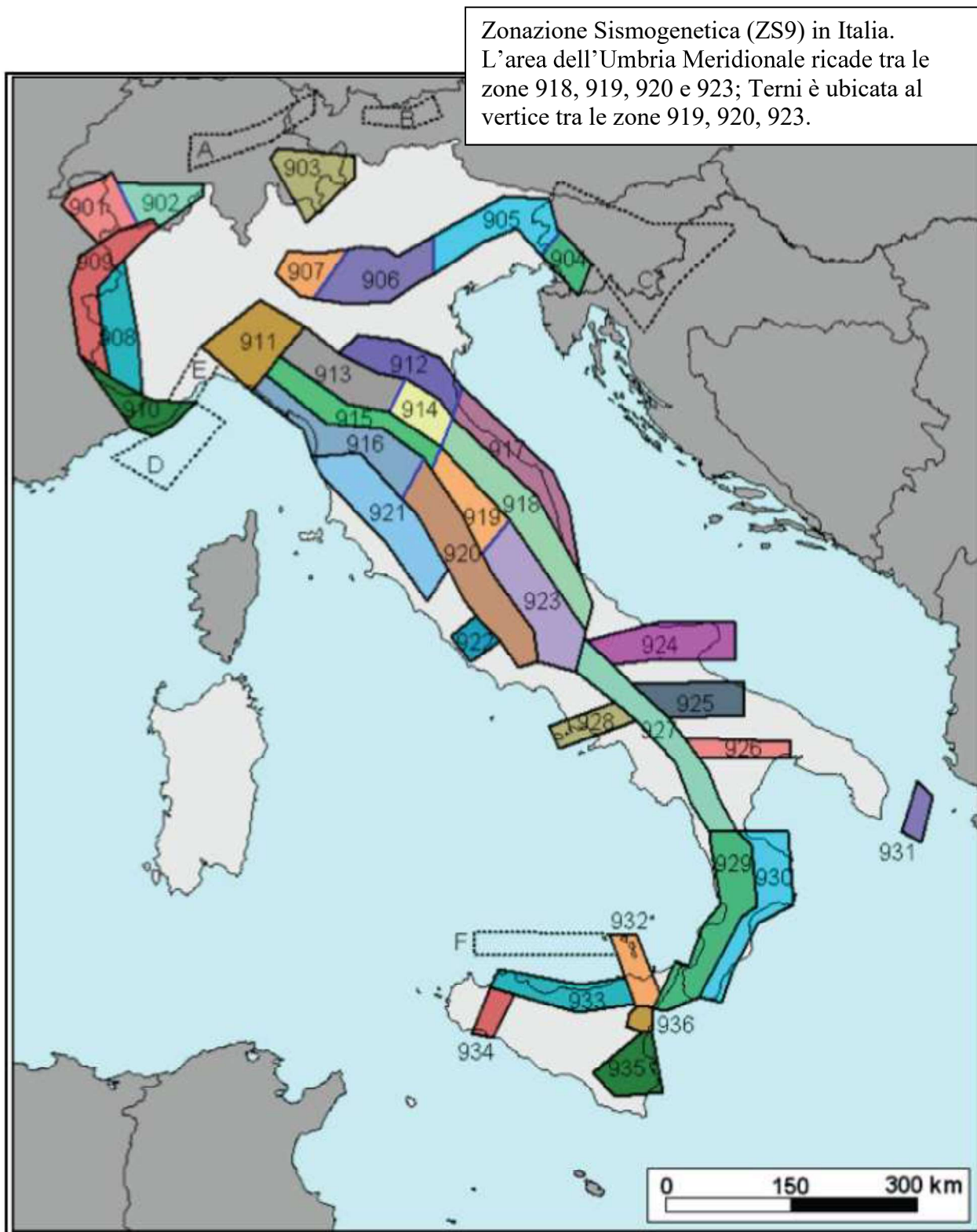
La suddivisione in tre zone è stata dettata da osservazioni prevalentemente di tipo sismologico. Nella zona più meridionale (923, a sud della Valnerina, che delimita di fatto il confine tra la 919 e la 923) sono infatti presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona sono state comprese anche le aree dei terremoti del 1654\* e del 1349, per i quali le indagini geologiche di superficie non sono state ancora in grado di definire in modo univoco le corrispondenti sorgenti sismogenetiche.

Rispetto alla relazione di agosto 2015 viene qui aggiornata la ricerca storica dei terremoti per la zona di Terni, in quanto è stato utilizzato il recente Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI 2015), aggiornato a tutto il 2014; quest'ultimo presenta una quantità di terremoti di gran lunga superiore al precedente Catalogo CPTI11 e soprattutto migliora la definizione in termini storici, macrosismici e di intensità rispetto al precedente.

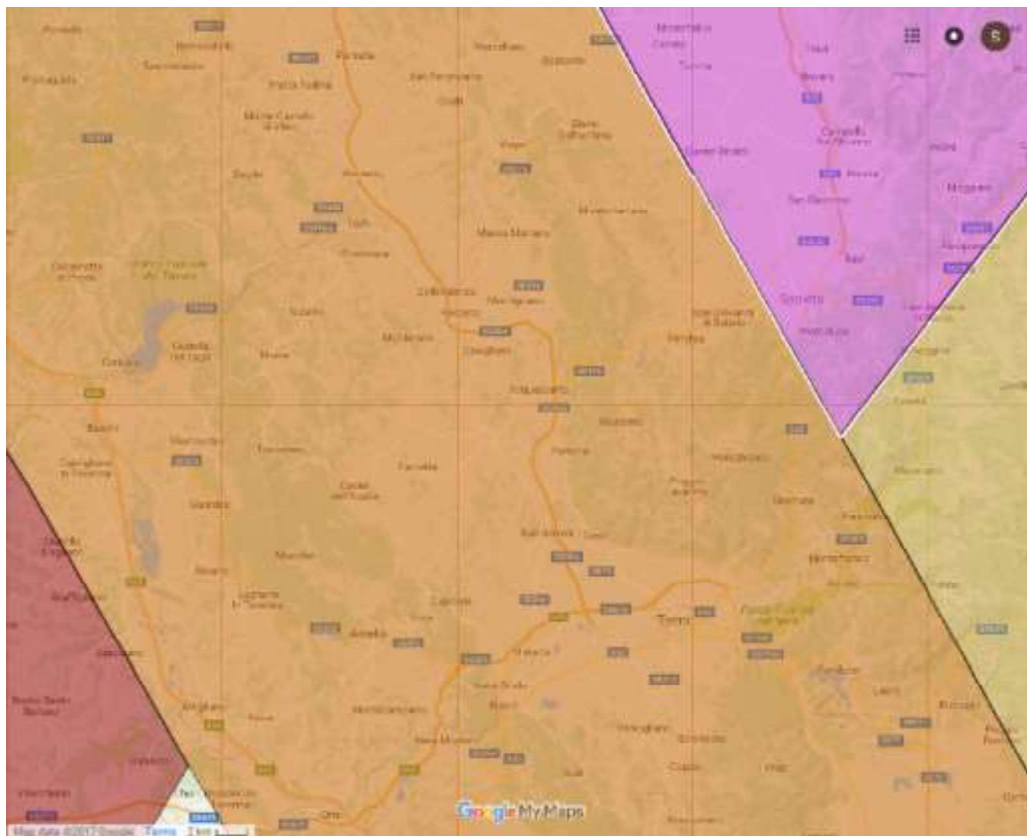
In particolare nella zona 919 (Appennino Umbro) sono previste magnitudo (MW Magnitudo momento sismico) massime attese (cautelative) pari a 6,37 e nella zona 920 (Val di Chiana-Ciociaria) pari a 6,14. Marginalmente interessata, ma non per questo meno importante, è fra le altre la zona 923 (Appennino Abruzzese) ove la Magnitudo massima attesa (cautelativa) raggiunge valori di 7.06.

L'area del Comune di Narni è ubicata tra le zone 923, 920 e 919, grosso modo al vertice tra queste tre aree; la fascia corrispondente alla linea di confine tra le zone 923, 918 e 919 è da ritenersi quella contraddistinta dalla massima pericolosità sismica per l'Italia Centrale, essendo in essa compresa tutta l'area corrispondente agli epicentri dei terremoti dell'Aquila (6/4/2009 – Mw 6.2) e dell'attuale crisi sismica della zona Norcia-Visso-Ussita-Accumoli-Amatrice (24/8/2016 Mw 6.0, 26/10/2016 Mw 5.4 e 5.9, **30/10/2016 Mw 6.5**). La stessa fascia, corrispondente alla zona di “crinale” dell'Appennino è lo stesso della crisi sismica del 1979 (epicentro Norcia Mw 5.9), quella dei terremoti del 1997

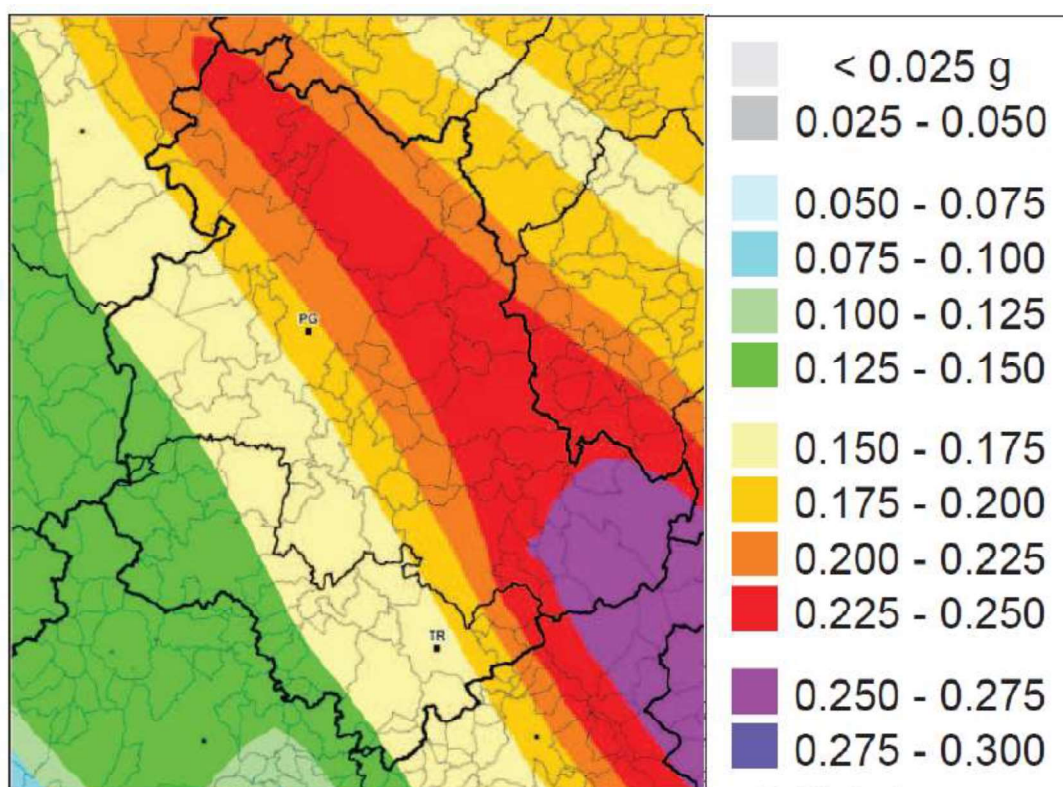
e successivi mesi (26/9/1997 Mw 5.8 e 6.0, e 6/10/1997 Mw 5.47 - Sellano),  
tanto per citare gli eventi di maggiore energia degli ultimi 40 anni





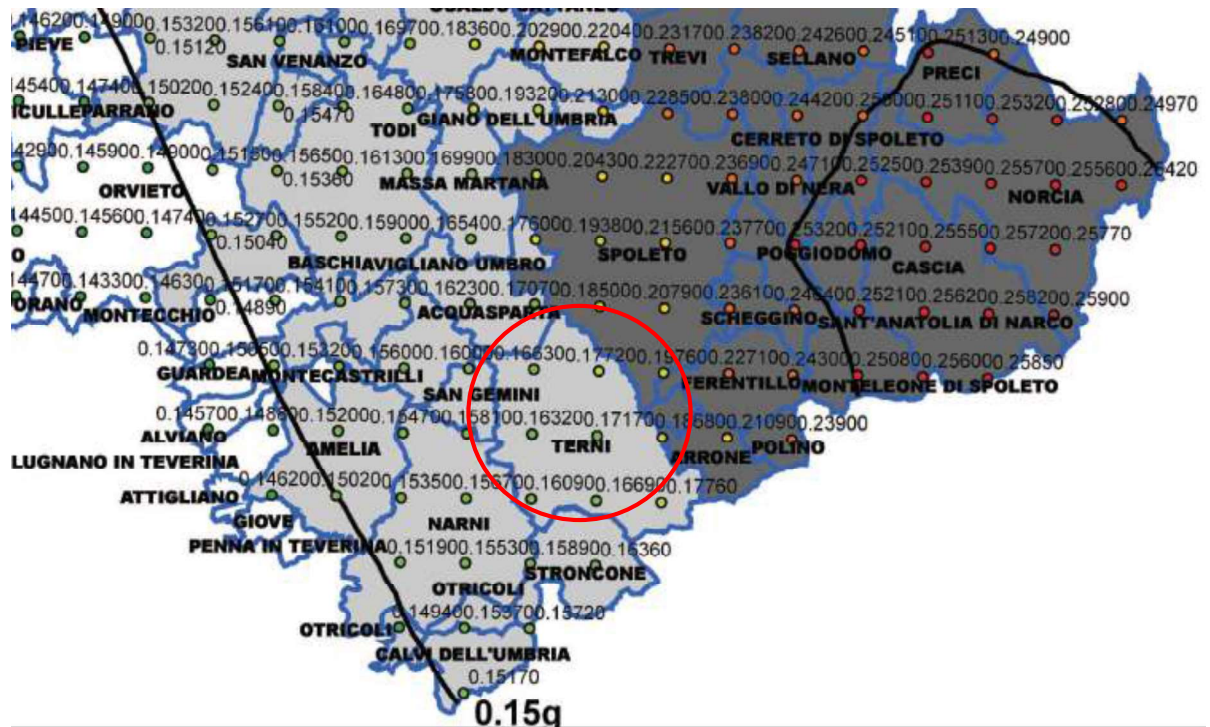


Dettaglio della Zonazione sismo genetica ZS9 per l'Appennino settentrionale e centrale.



Mappa di pericolosità sismica dell'INGV, dettaglio per l'Umbria

Qui sotto è riportata la “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale”, espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a sottosuoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s, Cat. A). Su tale mappa (identica per l’Umbria a quella dell’OPCM n. 3274/03 e sotto riportata), l’isolinea della soglia d’ingresso in zona 2 ( $A_{g475} > 0,15g$ ) è unidirezionale, con orientamento N/NO-S/SE ed è posizionata immediatamente ad Ovest della Catena Narnese-Amerina e del gruppo del Monte Peglia; invece l’isolinea d’ingresso in zona 1 ( $A_{g475} > 0,25 g$ ) è curvilinea, ha un andamento a semicerchio concavo verso S/SE ed è posizionata ad E/SE dell’allineamento F. Vigi - F. Nera. Da notare che cautelativamente la regione Umbria ha inserito nella zona a maggior sismicità (Zona 1) anche altri comuni, esterni all’isolinea di dell’acceleraz.  $> 0.25 Ag/g$ , come Spoleto, Arrone, Ferentillo, Polino, Montefranco, Trevi ecc.



### **SISMICITA' STORICA DELL'AREA**

La città di Terni risulta vicina alle sorgenti sismiche responsabili dei maggiori terremoti storici dell'area umbro-marchigiano-laziale, per quanto comunque sono noti anche forti terremoti con epicentro nella conca ternana e nello spoletino (vedi ricerca della sismicità storica a seguire). Per una ricerca storica completa alla data odierna, sono disponibili diversi cataloghi; in questa sede si è voluto selezionarli da due database principali. Il primo è il Catalogo **CPTI 15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani)**, dove sono catalogati tutti i sismi dall'anno 1000 al 2014 ovvero quelli più forti in termini di danni e vittime, mentre il secondo database utilizzato è l'ISIDE che registra tutti i sismi di qualsiasi magnitudo che hanno però registrazioni strumentali (dal 2005 ad oggi), al contrario del CPTI15 che utilizza sia dati di natura storica, per poi giungere alla stima dell'Intensità e della Magnitudo con leggi di regressione da osservazioni macrosismiche, sia dati strumentali ovviamente per i terremoti più recenti, dove sono disponibili quindi registrazioni strumentali.

L'area Ternana è stata sede di terremoti di magnitudo massima (Magnitudo Momento, Mw) 5.11, evento del 12 maggio 1917 (fonte Catalogo **CPTI 15**) mentre sono riportati almeno altri 3 eventi di magnitudo compresa tra 4 e 4.72 nell'arco degli ultimi 1114 anni. Quest'ultimi sono i sismi con epicentro a Terni e/o in zone immediatamente vicine (**ternano**) ma per il risentimento e quindi per i relativi effetti si deve comunque considerare anche terremoti in aree limitrofe specie se generati da sorgenti sismogenetiche di maggiore pericolosità, ubicate nell'area orientale della regione Umbria e nell'alto Lazio. Pertanto nella ricerca dal CPTI15 si sono selezionati anche ulteriori eventi sismici a partire da un intorno significativo ai fini del potenziale risentimento, quindi si sono selezionati terremoti avvenuti storicamente (e strumentalmente) a Narni, Spoleto, Acquasparta, Sangemini, Rieti e Valnerina. La Ricerca ha compreso un'area di 50 Km di raggio intorno alla città, quindi si sono estratti tutti i terremoti con epicentro in quest'area di 50 Km di raggio, dall'anno 1000 al 2014, compreso.



Il sisma recente con epicentro più vicino all'area ternana e con Magnitudo significativa è quello del 16/12/2000, a seguito del quale la Regione Umbria – Servizio Geologico ha intrapreso una serie di studi di microzonazione sismica tra Terni, Narni e Stroncone, fino a determinare i fattori di amplificazione nelle aree investigate e determinando un accelerogramma di riferimento per Terni. Vale la pena però citare il recente forte sisma del 30/10/2016 (Mw 6.5) con epicentro sui m.ti Sibillini (fraz. Sant'Angelo, Capo del Colle - Norcia) con effetti macrosismici a Terni pari al VI° MCS.

**Nelle tabelle successive vengono rappresentati i dati relativi alla sismicità storica più significativa e a seguire i record di sismi dal catalogo ISIDE con magnitudo locale Mw compresa tra 3.0 e 6.0 in un raggio di 30 Km dalla città.**

eventi selezionati Da: 2005/01/01 A: 2013/03/19

Area - Comune: TERNI Distanza (km): 30.0

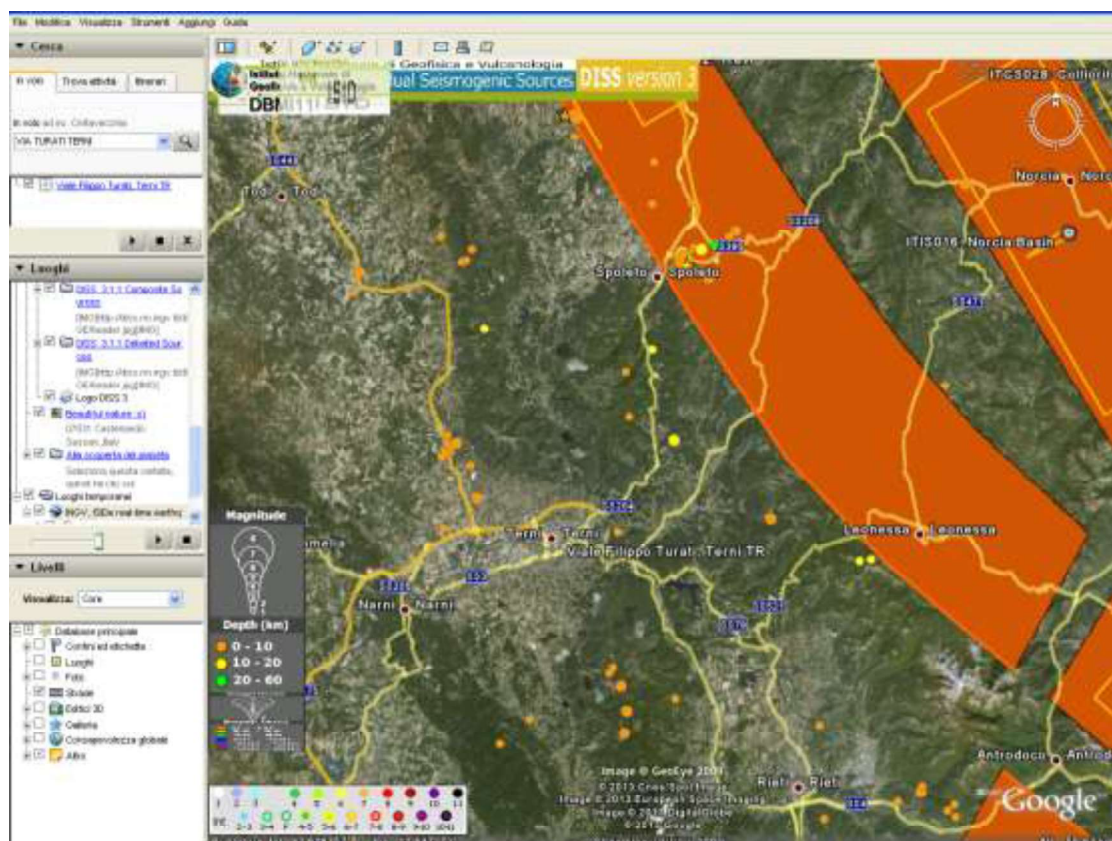
Magnitudo Min: 3.0 Max: 6.0 Tipo: Mag pref

Profondità (km) Min: ND Max: ND

**Terremoti totali: 24**

Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
2011-07-13					
09:55:12.310	42.439	12.706	6.09	3.08	BOLLSI
2011-07-13					
03:37:31.180	42.453	12.708	8.00	3.00	BOLLSI
2011-01-19					
14:06:58.440	42.589	12.578	7.00	3.00	BOLLSI
2010-12-05					
20:54:44.570	42.790	13.003	8.01	3.00	BOLLSI
2010-10-13					
20:35:20.410	42.626	12.749	10.06	3.00	BOLLSI
2010-08-29					
10:11:17.870	42.832	12.664	5.03	3.01	BOLLSI
2010-08-28					
19:43:52.010	42.834	12.662	7.07	3.01	BOLLSI
2010-08-28					
07:08:03.250	42.834	12.654	6.07	4.01	BOLLSI
2009-09-21					
22:01:27.430	42.733	12.475	3.08	3.01	BOLLSI
2009-08-16					
07:11:25.770	42.469	12.703	5.08	3.00	BOLLSI
2009-04-22					
12:32:25.310	42.576	12.833	8.09	3.06	BOLLSI

2007-10-21					
03:55:36.430	42.401	12.963	8.00	3.09	BOLLSI
2006-06-24					
07:16:34.420	42.616	12.548	5.03	3.01	BOLLSI
2006-06-24					
06:35:04.570	42.618	12.551	2.06	3.02	BOLLSI
2006-06-22					
00:31:59.390	42.623	12.556	4.06	3.00	BOLLSI
2006-05-16					
21:02:51.810	42.624	12.560	6.03	3.06	BOLLSI
2006-03-31					
22:48:08.330	42.730	12.779	6.01	3.00	BOLLSI
2006-02-09					
01:01:07.730	42.760	12.803	6.08	3.01	BOLLSI
2006-01-05					
17:30:39.210	42.744	12.756	4.08	3.06	BOLLSI
2005-12-18					
08:06:48.300	42.738	12.753	9.08	3.05	BOLLSI
2005-12-16					
20:12:37.780	42.735	12.745	6.05	3.04	BOLLSI
<b>2005-12-15</b>					
<b>13:28:39.590</b>	<b>42.738</b>	<b>12.760</b>	<b>18.04</b>	<b>4.02</b>	<b>BOLLSI</b>
2005-12-15					
06:00:32.810	42.748	12.773	19.03	3.03	BOLLSI
2005-12-13					
07:12:12.800	42.746	12.756	10.05	3.00	BOLLSI



Ubicazione dei sismi estratti dal Catalogo ISIDE su base Google. Visibile la colorazione relativa alla profondità epicentrale e l'ampiezza del cerchio per la Magnitudo. Le fasce arancioni sono le fasce sismogenetiche del progetto DISS 3.1.1 dell' INGV di Roma (Database of Individual Seismogenic Sources - DISS Working Group (2009). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2006-2009 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved.)

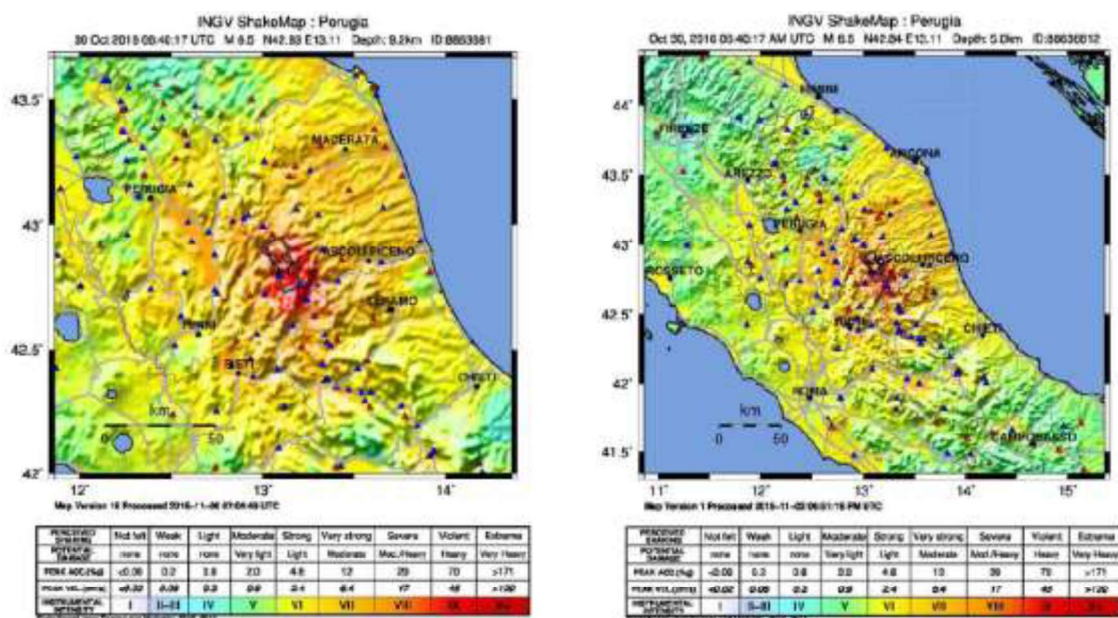
## COMMENTO ALLA RICERCA STORICA

Come è possibile notare dal database ISIDE, la ricerca dei terremoti registrati strumentalmente con epicentri intorno alla città di Terni nel raggio di 30 Km, il numero dei records è di 24; la ricerca è limitata ad un arco temporale relativamente ristretto – 8 anni, e per fortuna con assenza di sismi rilevanti, tutti inferiori a 4.02. Dalla mappa di ubicazione degli epicentri - su base aerea *Google* – si nota come siano ricompresi anche sismi generati dalle aree di Norcia, Leonessa e Antrodoto, quindi con eventi di magnitudo locale  $M_l > 4.0$  (4.02 del 15/12/2005 - Spoleto). Nell'arco temporale estraibile da ISIDE si nota un'elevata concentrazione di epicentri nella zona tra Cesi e Sangemini, relativa ad una piccola sequenza sismica nel 2006, ma anche nell'area della città di Spoleto ed altri sull'asse della Catena Sabina in vicinanza di Stroncone. Gli eventi sismici del 2006 tra Cesi e S.Gemini sono ascrivibili all'attività della Faglia bordiera Martana, a carattere distensivo e trastensivo, mentre i terremoti di Spoleto si ricollegano all'attività della “faglia di Spoleto”, sistema tettonico ubicato al bordo meridionale della Valle Umbra.

Gli epicentri sono allineati secondo un asse SSW-NNE coerentemente alla direzione delle zone sismo genetiche 919, 920 e 923. Un altro interessante dato emerge osservando l'allineamento (circa NS) tra i terremoti dei m.ti Sabini a sud e quelli della Valserra poco a nord di Terni. Si determina così un lineamento di circa 20-30 Km di lunghezza corrispondente all'asse della faglia Sabina, nota in letteratura geologica come faglia ad attività recente (intervallo Pleistocene medio 450 Ka – Attuale) con cinematisma trastensivo e distensivo, di importanza regionale. Dal catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 15) si può comunque ricordare l'evento del 9 ottobre 1985 con epicentro vicino all'abitato di Piediluco la cui magnitudo momento

stimata, ricostruita con leggi di regressione a partire dai dati macrosismici storici, è stata pari a  $M_w$  di 5,76  $\pm$  0.18 e intensità VIII°-IX° MCS. Altri terremoti importanti sono quelli del 1917 (12/5/1917) con magnitudo  $M_w$  = 5.03 ed epicentro direttamente nella conca ternana, come anche la crisi sismica del 1960 dove 4 eventi distinti (2 con epicentro nei Monti Martani e 2 nella conca ternana) rispettivamente il 23/4/1960  $M_w$  4.66, il 12/7/1960  $M_w$  4.93, il 18/7/1960 ternano  $M_w$  4.53 e il 20/7/1960 ternano  $M_w$  4.67. Poi ancora il 25 e 26 maggio 1970 con epicentro Terni e  $M_w$  4.33 e 4.36. Altri eventi con epicentro molto vicino a Terni sono quelli di Narni del 1843 e 1853 e 1854, le cui Magnitudo hanno stime di valori tra 4.3 e 4.6.

Per aggiornare il presente studio vale la pena ricordare che la recente crisi sismica tra Lazio, Marche ed Umbria, iniziata con il terremoto di Accumoli-Amatrice del 24/8/2016  $M_w$  6.0 e culminata con il forte evento del 30/10/2016 delle 7.41 con  $M_w$  6.5 ha dato risentimenti significativi anche nel territorio di Terni. Nonostante la distanza di circa 46 Km dall'epicentro sia sufficiente a dissipare gran parte dell'energia, nel caso del sisma di Magnitudo 6.5 del 30 ottobre scorso, l'intensità risentita nel nostro comune è stata di circa V°-VII° MCS, quindi da moderata a forte, come anche ben visibile nella carta delle intensità fornita dall'INGV.



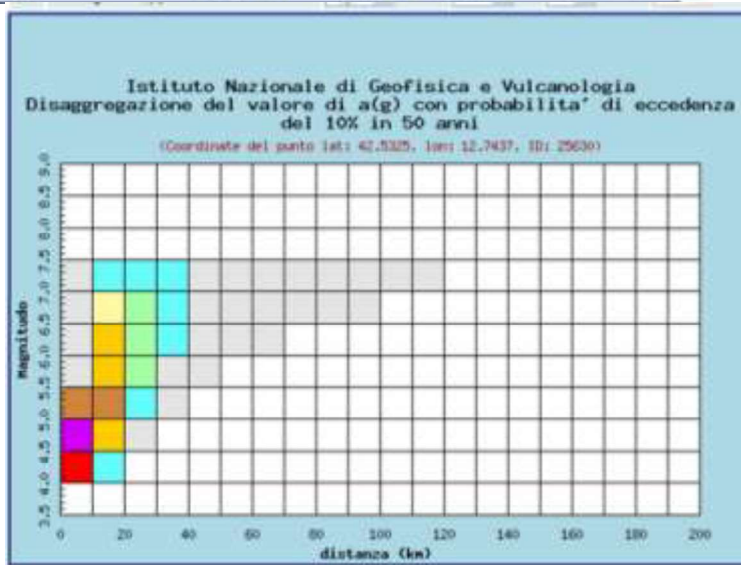
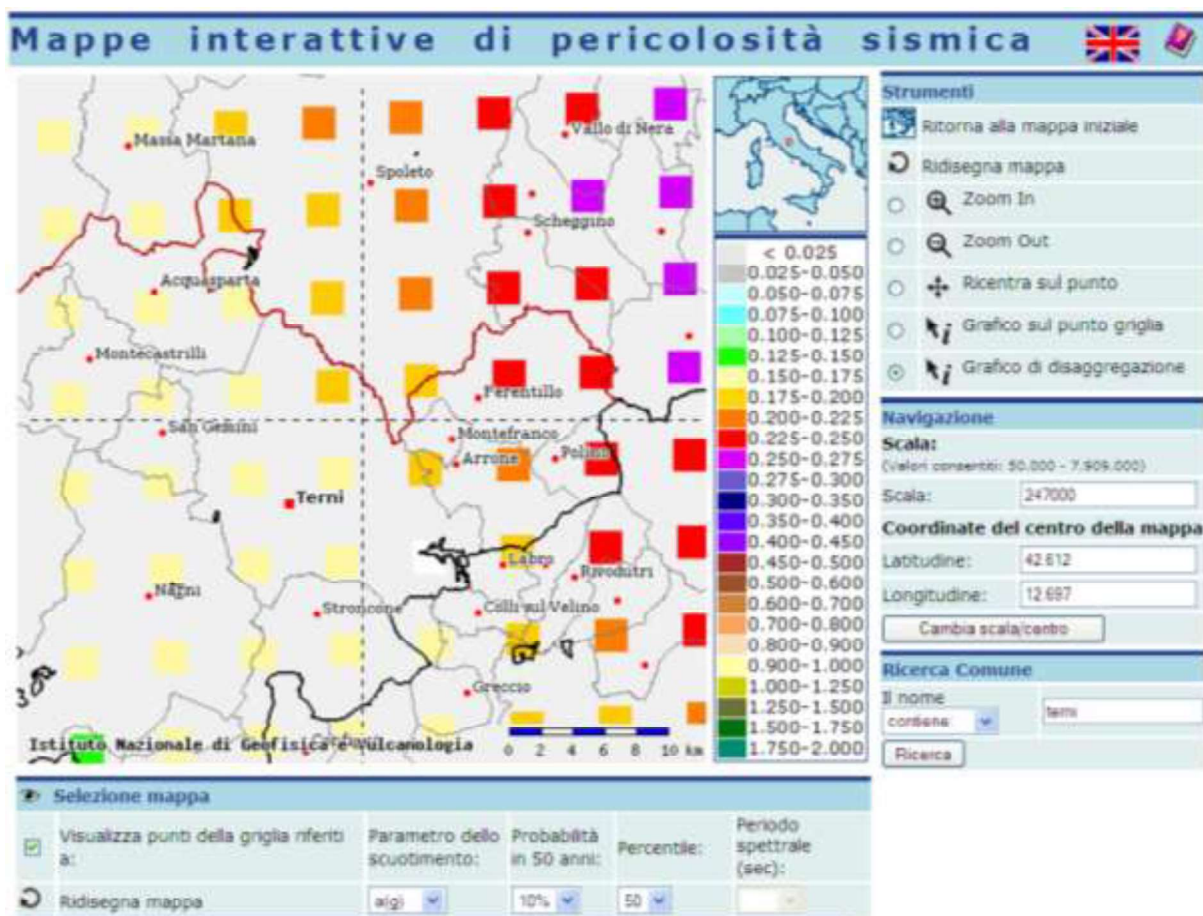
**Figura 2.3.1** – Mappe di scuotimento in intensità MCS del  $M_w$  6.5 del 30/10/2016. Le due mappe sono state realizzate con lo stesso data set e la mappa di sinistra è un ingrandimento di quella di destra. È evidente che lo scuotimento fino al VI grado ha interessato un'area della penisola che all'incirca va da Campobasso a SE fino ad Arezzo a NW lungo l'asse appenninico con risentimento anche nell'area Padana. I triangoli rossi indicano stazioni della Rete Sismica Nazionale dell'INGV, mentre quelli blu della Rete Accelerometrica Nazionale del Dipartimento per la Protezione Civile.



## MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO SONO STATE PRESE A RIFERIMENTO QUELLE EFFETTUATE NELLA CONCA TERNANA PER LA STESURA DEL PRG

**DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA** La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare il contributo di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La disaggregazione in termini di Magnitudo - R (distanza), fornisce quindi il sisma che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) e tale terremoto è quello inteso come evento di magnitudo M e a distanza R che più contribuisce alla pericolosità sismica del sito in questione.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.5325, lon: 12.7437, ID: 25630)										
	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	16.600	23.500	8.840	0.396	0.287	0.172	0.068	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.620	5.890	7.130	5.990	5.580	4.150	1.980	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.103	1.120	2.150	2.910	2.740	1.680	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.023	0.485	1.160	1.410	1.070	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.403	0.703	0.640	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.088	0.341	0.379	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.091	0.134	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.056	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.026	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	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
5.350	12.500	1.220

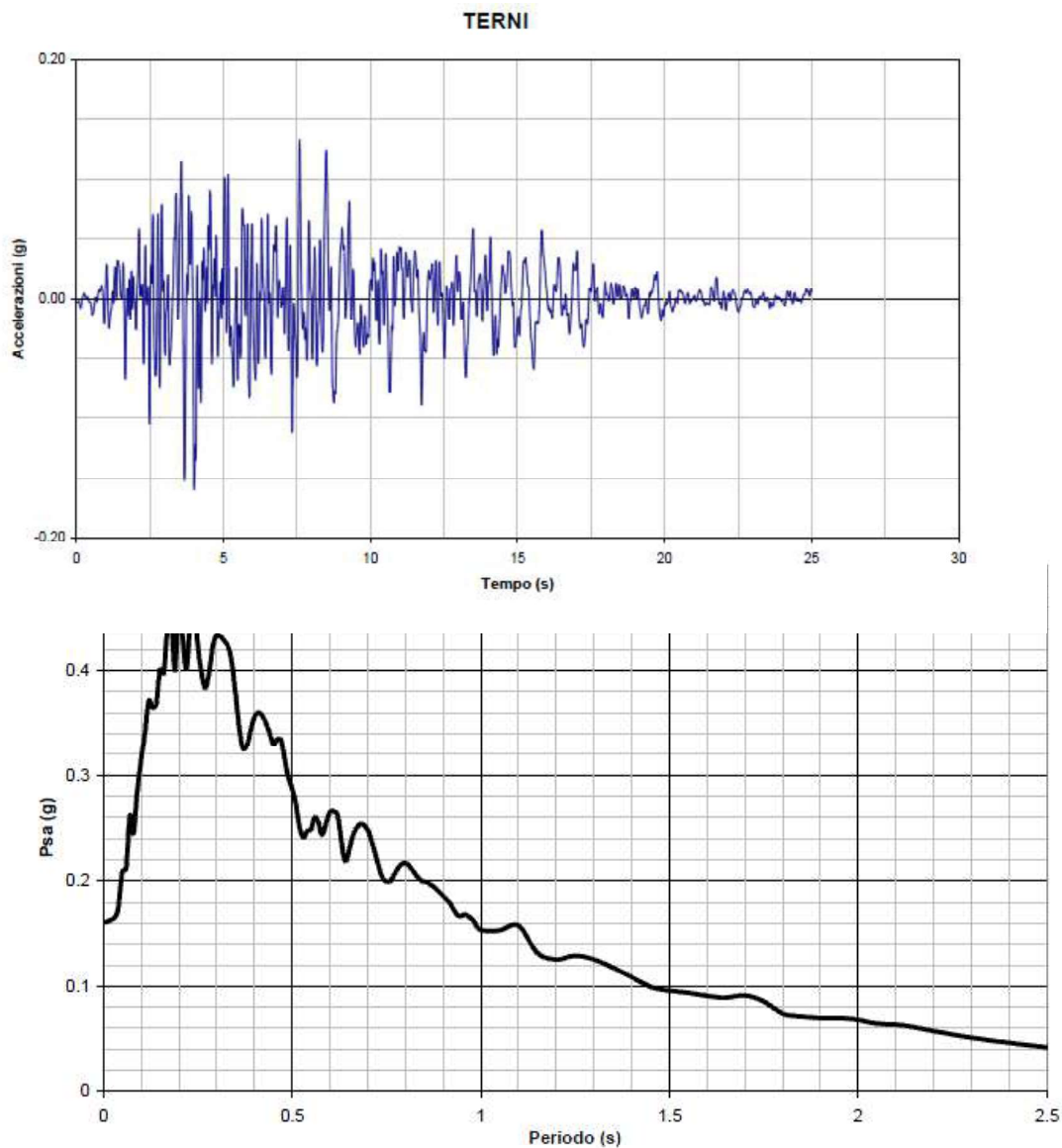
Il procedimento della disaggregazione sismica eseguito per la localit  Terni ha fornito i seguenti valori di Magnitudo attesa:  $M = 5.35$ , e distanza  $R = 12.5$  Km, quindi la massima pericolosit    determinata da un potenziale terremoto con tempo di ritorno 50 Anni, con magnitudo  **$M = 5.35$**  e da una sorgente sismica a distanza  **$R = 12.5$  Km**.

**MOTO DI INPUT** Dall'analisi della pericolosit  sismica eseguita per la citt  di Terni con il metodo della *disaggregazione sismica* (vedi paragrafo precedente),   possibile determinare il moto di input sismico di riferimento per la citt  di Terni. Dal procedimento prima descritto si   ottenuto una **Magnitudo di riferimento 5.35 e con sorgente sismica a 12.5 Km di distanza**. Ora considerando le aree pi  a NE del comune, quindi pi  vicino alle sorgenti appenniniche pi  pericolose dell'area, sono

ubicata a Piediluco, si ritiene utile e cautelativo indicare come accelerogramma di riferimento quello utilizzato dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale di Milano in occasione degli studi di MSS dell'area Terni-Narni-Stroncone e anche per il completamento della MSS di Terni. **Questo accelerogramma è infatti determinato da un sisma di Magnitudo di 5.5 ed una distanza epicentrale più vicina ancora, pari a 7 Km**, sebbene ottenuto da un catalogo parametrico dei terremoti italiani aggiornato al 1999 (CPTI 1999 - vedi sotto), mentre la ricerca storica sopra commentata è aggiornata al 2015 (CPTI 2015). Comunque la procedura di individuazione dell'accelerogramma eseguita è ancora valida; si sono infatti definiti i parametri di scuotimento del terreno attesi, su sito rigido, aventi probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno equivalente = 475 anni), così come raccomandato dalla DGR 377/2010 e anche dalle NTC08 - D.M. 14.01.2008 e dalle linee guida del DPCN-sett. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"). Quindi il periodo di ritorno utilizzato rappresenta un valore convenzionale adottato in molte normative internazionali (tra cui anche l'Eurocodice 8, ENV 1998-1-1, 1994), a fini di classificazione sismica. I risultati di dette analisi consistono in spettri a pericolosità uniforme in pseudoaccelerazione con il 5% dello smorzamento critico. La scelta degli spettri a pericolosità uniforme anziché di quello deterministico con pari periodo di ritorno, è stata dettata dalla impossibilità di separare all'interno della zona sismogenetica il contributo di ciascuna singola struttura, e pertanto si è ritenuto più corretto utilizzare il contributo cumulato, su base probabilistica, della scuotibilità derivante da tutte le potenziali sorgenti esistenti nell'area. In particolare utilizzando il catalogo dei terremoti (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999), le zone sismogenetiche (Scandone, 1999) e leggi di attenuazione (Sabetta e Pugliese, 1996), si sono ottenuti per il centro oggetto di indagine i valori attesi di picco di accelerazione ( $P_{ga}$ ), picco di velocità ( $P_{gv}$ ), Arias Intensity ( $A_i$ ), durata dell'evento ( $d$ ), ordinate spettrali per i vari periodi, in termini di pseudovelocità ( $P_{sv}$ ) al 5% dello smorzamento critico (da relazione del Politecnico di Milano per il completamento degli studi di MS per la città di Terni). A partire dagli

spettri ottenuti sono stati generati accelerogrammi sintetici (Sabetta e Pugliese, 1996), fissata la magnitudo e distanza compatibile con la Pga ottenuta dall'analisi precedente.

In particolare si è ottenuto uno spettro in pseudoaccelerazione e un relativo accelerogramma per il sito, considerando un evento con magnitudo 5.5 e distanza epicentrale 7.0 km.



Spettro utilizzato per il sito di Terni dal Politecnico di Milano in occasione degli studi di MSS del posto sisma di Narni (16.12.2000 e per il completamento degli studi di microzonazione sismica del PRG di Terni (2002-2004) tempo di ritorno di 475 anni.

I risultati delle analisi sono stati riassunti in una serie di spettri elastici in pseudo accelerazione calcolati per ciascuna stratigrafia tipo (stratigrafie individuate per le



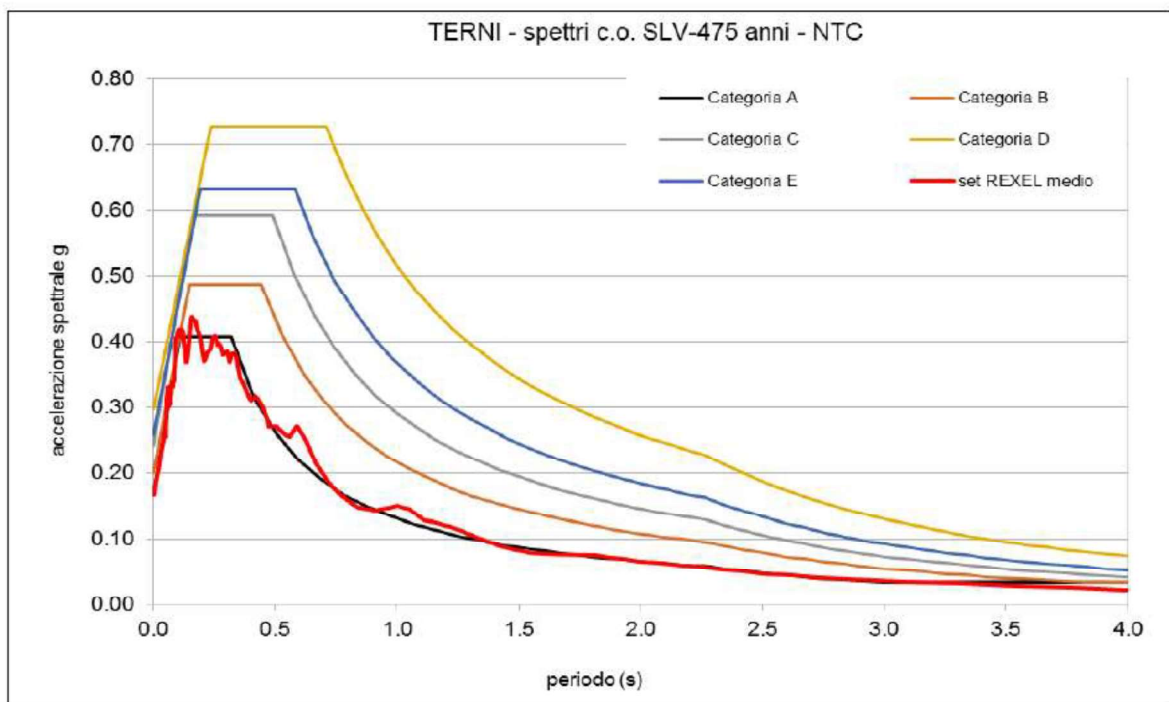
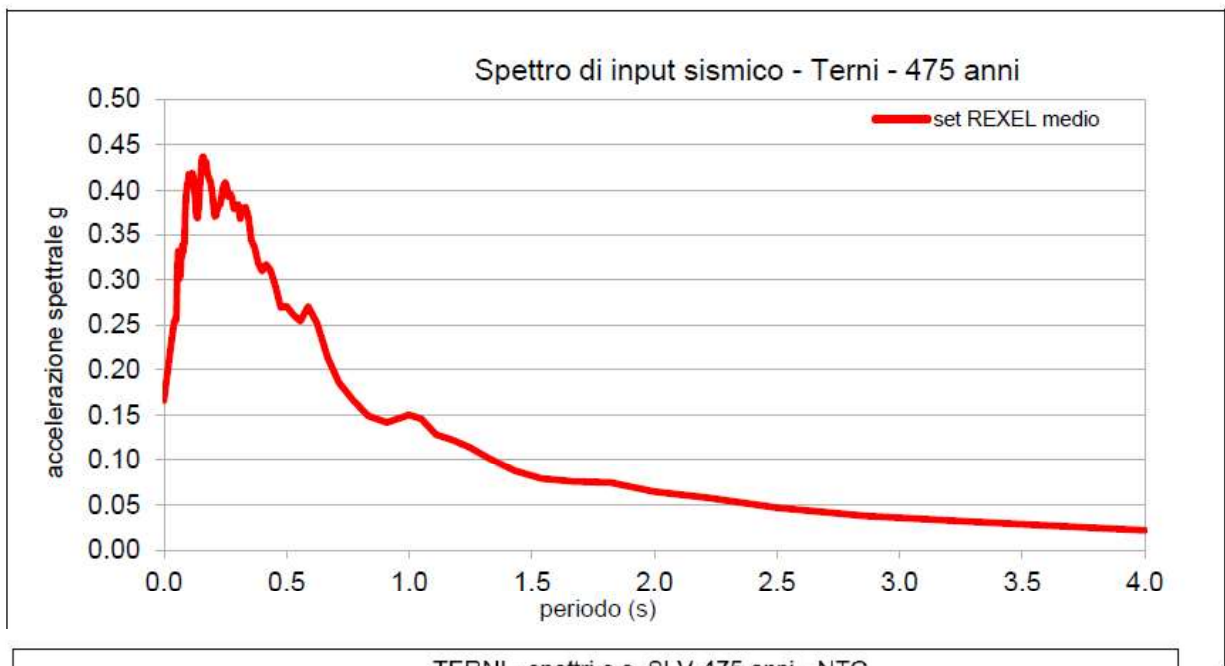
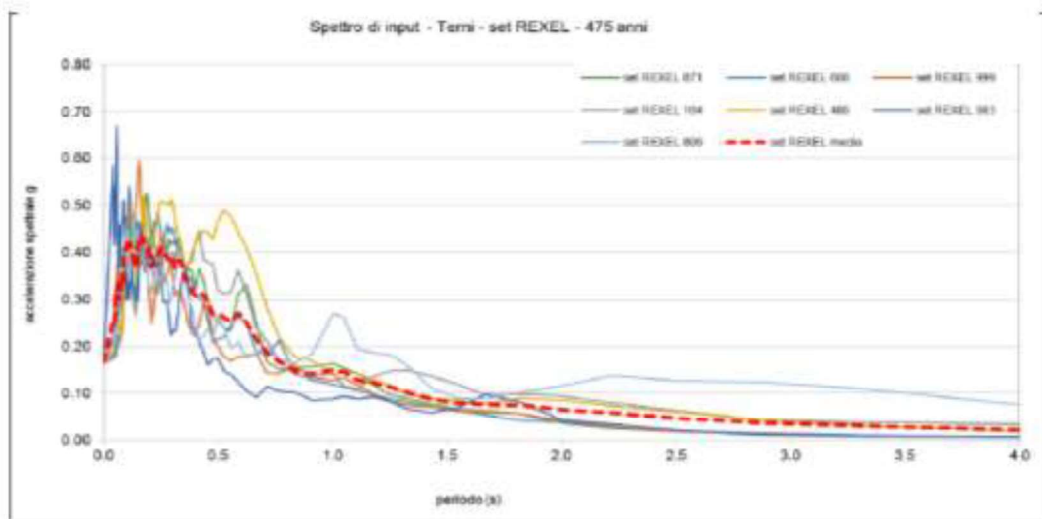
varie zone della città). Per ogni spettro elastico è stata calcolata l'intensità spettrale

$$SI(PSV) = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T, \xi) dT$$

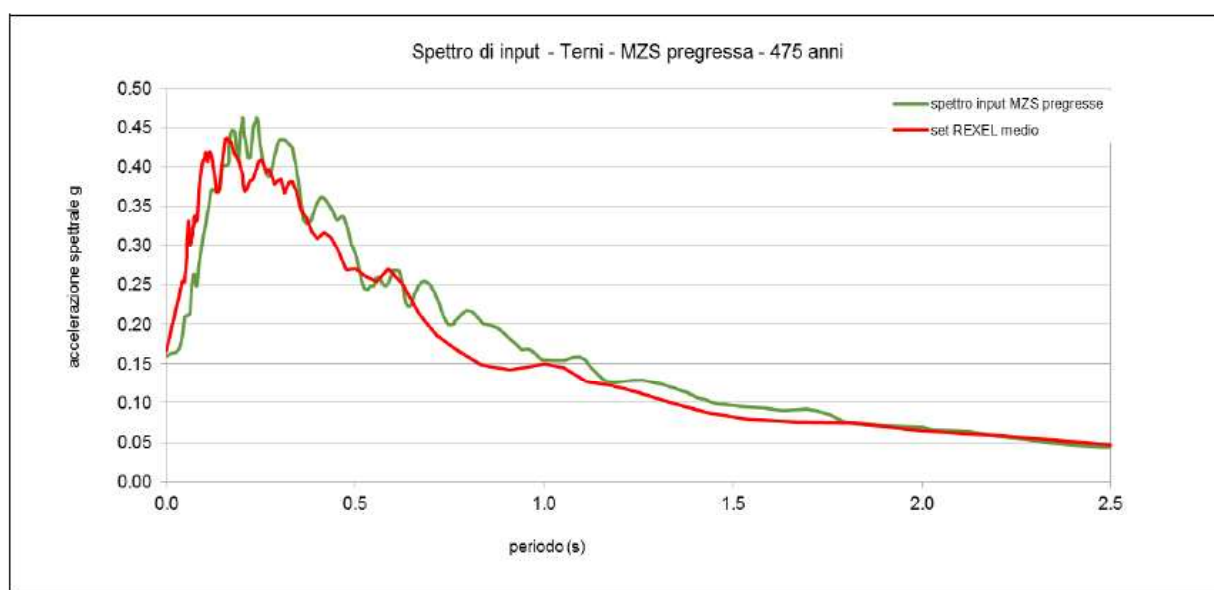
(SI) nell'intervallo 0.1-0.5 s, assunto come rappresentativo del periodo proprio delle tipologie di edifici presenti nell'area e nell'intervallo 0.1-2.5 s come definito da Housner (1952). L'intensità spettrale è stata calcolata sugli spettri in pseudovelocità (PSV) al 5% dello smorzamento critico  $\xi$ . Sono stati quindi calcolati i rapporti tra l'intensità spettrale calcolata per ciascuna colonna stratigrafica analizzata e l'intensità spettrale dello spettro di input. Questo rapporto ( $Fa$ ) definisce il fattore di amplificazione legato agli effetti di sito, da valutare comunque caso per caso per ogni intervento edilizio, considerato anche il fattore topografico oltre a quello stratigrafico, qui in ogni caso prevalente. I valori del  $Fa$  per gli intervalli di periodo compresi tra 0.1-0.5 s e 0.1-2.5 s sono stati ripresi dallo studio del Politecnico di Milano nell'ambito della Convenzione tra Regione dell'Umbria e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Recentemente il comune di Terni ha avviato la revisione della Microzonazione sismica dell'area centrale della città, in corso di validazione presso la Regione Umbria e DPCN; qui di seguito si riportano i dati del moto di input sismico secondo le disposizioni ICSM 2008, dove gli accelerogrammi sono ottenuti da dataset più recenti e mediate software specifici (Rexel).

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
871	183	AQK	L'Aquila Earthquake		5.6	Normal	9.3502
608	136	VGG	APP. LUCANO	09/09/1998	5.6	Normal	13.4839
999	190	AQK	AQUILA		5.1	Normal	17.9396
164	47	ALT	IRPINIA EARTHQUAKE	23/11/1980	6.9	Normal	23.7807
488	118	CSC	UMBRIA-MARCHE 3RD SHOCK	14/10/1997	5.6	Normal	22.0159
983	189	AQK	AQUILA		5.3	Normal	17.7228
809	178	GSG	L'Aquila Mainshock		6.3	Normal	22.6311
mean:					5.8		18.13203

Earthquake ID	Station ID	PGA_X [m/s <sup>2</sup> ]	PGA_Y [m/s <sup>2</sup> ]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
183	AQK	0.80373	0.88424	0.047443	0.069523	11.2813	5.9129	0.82757	0.85269	B
136	VGG	0.72045	0.69103	0.036957	0.038075	9.3346	9.7351	0.64886	0.88732	D
190	AQK	0.19921	0.16033	0.010188	0.012351	13.2423	13.14	0.80861	1.0233	B
47	ALT	0.54875	0.56399	0.050589	0.062636	13.859	13.1752	0.70845	1.1284	A
118	CSC	0.52517	0.62086	0.050845	0.052094	7.1682	7.6614	0.60151	0.64487	A
189	AQK	0.2377	0.21795	0.0097938	0.0085176	17.8205	14.8558	0.62002	0.64625	B
178	GSG	0.29395	0.20815	0.028559	0.03051	6.5579	6.0706	0.81266	0.77099	A
		0.47556	0.47808	0.03348	0.03913	11.32340	10.07871	0.71824	0.85055	



Qui sotto è infine riportato il confronto tra lo spettro di input derivante dagli studi di microzonazione sismica del 2000 (MZS pregresse) determinato dal Politecnico di Milano nel 2002-2003 (di tipo sintetico) e quello ottenuto dalla recente revisione della MSS di Terni del 2015 - in corso di validazione - determinato dagli spettri di Rexel e secondo le indicazioni DPCN – ICSM. Tra i due c'è una sostanziale sovrapposizione, sebbene per quello delle MZS pregresse nel periodo tra 0.25 e 0.4 secondi si osservano valori di picco oltre 0.45 g in 2 punti distinti.



## Classificazione Sismica

Sulla base dell'O.P.C.M. n° 3274/2003 della DGR 852/2003 e dell'O.P.C.M n° 35119/2006, ciascuna zona sismica è individuata mediante i valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, riferita a suolo rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s (categoria A) di cui al D.M. 14/01/2008. Pertanto il Territorio del Comune di Terni risulta caratterizzato da  $0.15 < a_g < 0.025$  a cui corrisponde una Zona Sismica 2.

## Pericolosità sismica di base (Macrozonazione Sismica)

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità di base del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione

massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Tipo A), con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_c(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR), nel periodo di riferimento (VR). (Par. 3.2 D.M. 14/01/2008).

Le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR dai valori dei seguenti parametri in riferimento ad un sito rigido (Tipo A) e orizzontale:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_{C^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Attraverso il programma Excel Spettri NCT versione 1.0.3 messo a disposizione dal consiglio superiore dei Lavori Pubblici è stato possibile definire i parametri per lo specifico sito (individuato dalle coordinate geografiche ad Est di Greenwich) interpolando mediante media ponderata i “valori dei nodi”.

Coordinate (ED50) del sito Oggetto ; - Latitudine Lat 42.590713 N

Longitudine 12.605803 E .

L'azione sismica è valutata in relazione ad un periodo di riferimento dell'opera (VR) e allo stato limite (SL) da verificare, cui è associata una prefissata probabilità di superamento (PVR).

$VR = VN * CU$

Dove

VR definisce il periodo di osservazione durante il quale ad ogni stato limite viene definito un terremoto di intensità prefissata specificata da una probabilità di superamento, durante tale periodo dell'azione da considerare;

$VN$  = vita nominale “ numero degli anni nel quale la struttura è soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata”

CU = coefficiente d'uso, definito in base alla classe d'uso. “ 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” a ciascuna delle quali è associato un coefficiente d'uso.

In ipotesi considerando che ai sensi del D.M. 14/01/2008 all'opera in progetto possa essere attribuita una vita nominale VN superiore ai 50 anni e che l'intervento possa essere inserito in classe d'uso III alla quale corrisponde un coefficiente d'uso CU =1 il periodo di riferimento ( $VR=VN*CU$ ) per l'azione sismica da considerare è  $VR \geq 50$ . Sulla base di tali considerazioni si fornisce di seguito il grafico degli spettri di risposta per i diversi stati limite e la tabella dei parametri per i diversi tempi di ritorno associati a ciascuno stato limite.

### **Risposta sismica locale effetti di Sito (Microzonazione Sismica)**

Il segnale sismico può subire per effetto di determinati fattori, fenomeni di amplificazione rispetto al moto che avrebbe in un sito rigido (sottosuolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale. I fattori che concorrono ad amplificare il segnale sismico sono legati alla topografia del sito , alla stratigrafia dei depositi presenti ed alle proprietà fisico-meccaniche dei materiali che li costituiscono.



*Indagini geognostiche e geofisiche*

*Studi geologici*

*Società Geologica Srl*

Via G. di Vitalone 18 - 05100 Terni

**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**LOCALITA': CAMPOMAGGIORE - TERNI**

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

**CLASSE D'USO III VN 50 ANNI**

**VR 75 ANNI**

**Data: FEBBRAIO 2023**

## INTRODUZIONE

### 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

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

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

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt  $\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$ , 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;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

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

che sostituita nella (1) pone

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

dove  $\omega$  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

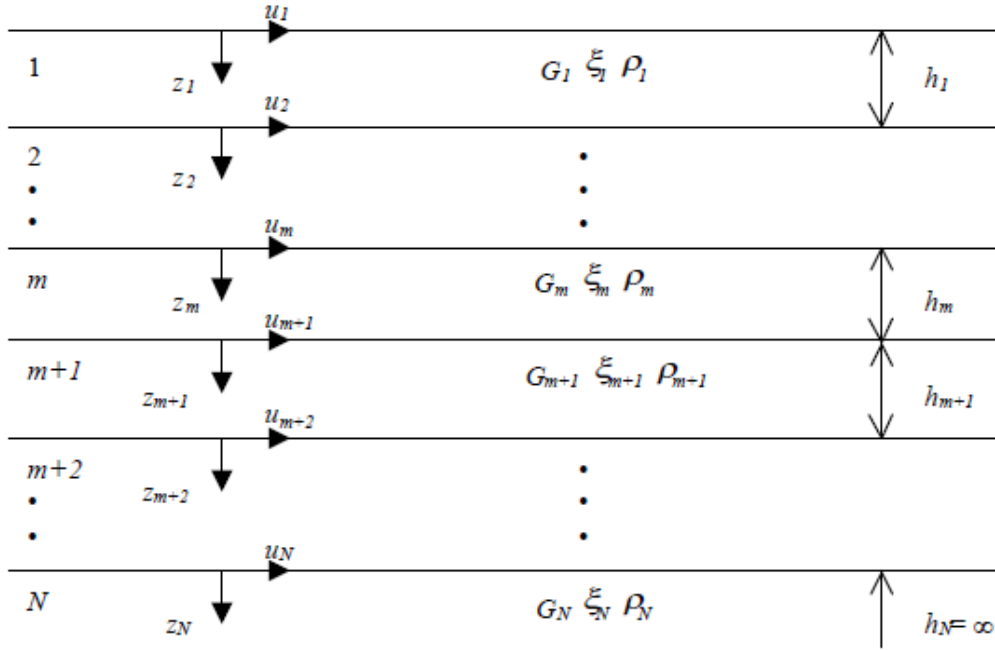
$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

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

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

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



**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:

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

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  $\alpha_m^*$  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  $m$ :

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

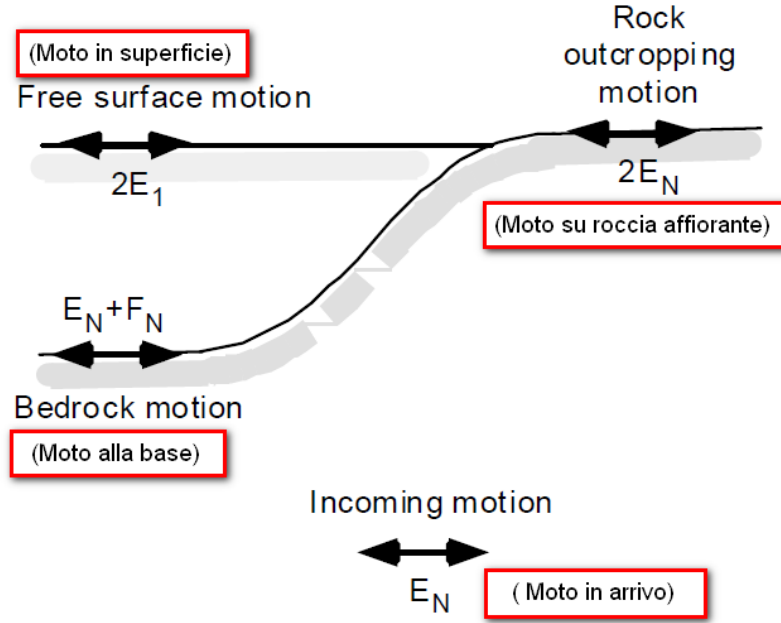
La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità  $z$  e al tempo  $t$  dalla relazione:

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

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  $\gamma$ . 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  $\gamma$ . 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:

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

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

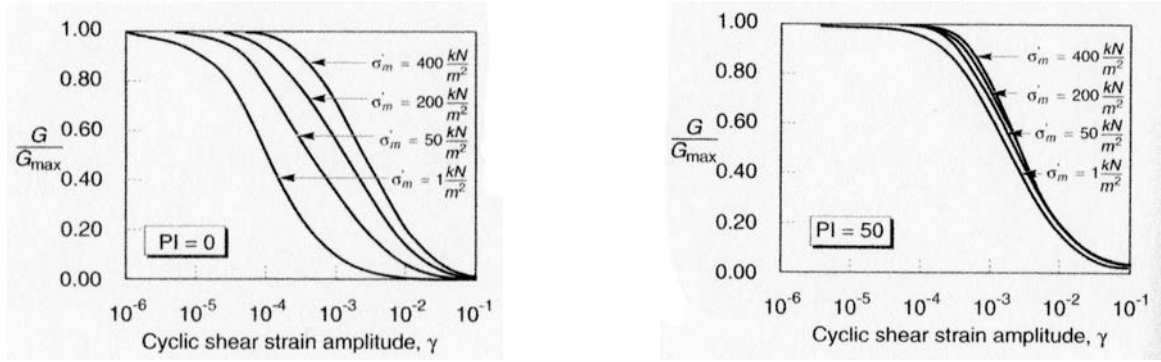
$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

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

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

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

dove  $\rho$  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.

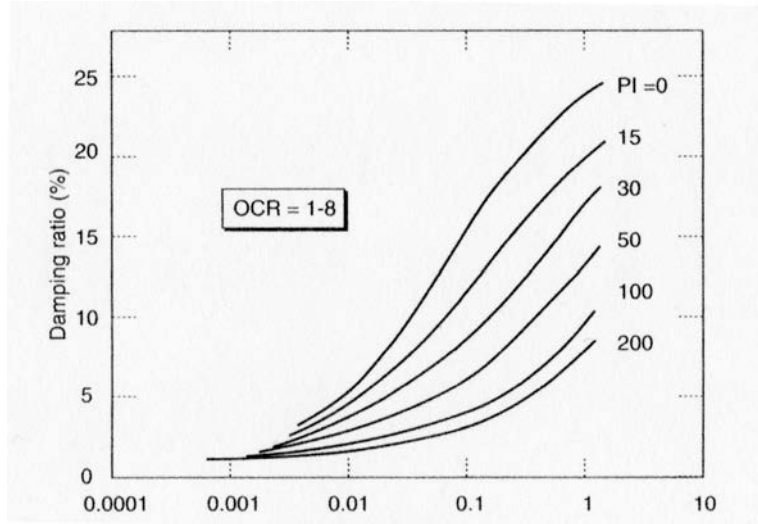


**Figura 2:** Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

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

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche  $\xi$  deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

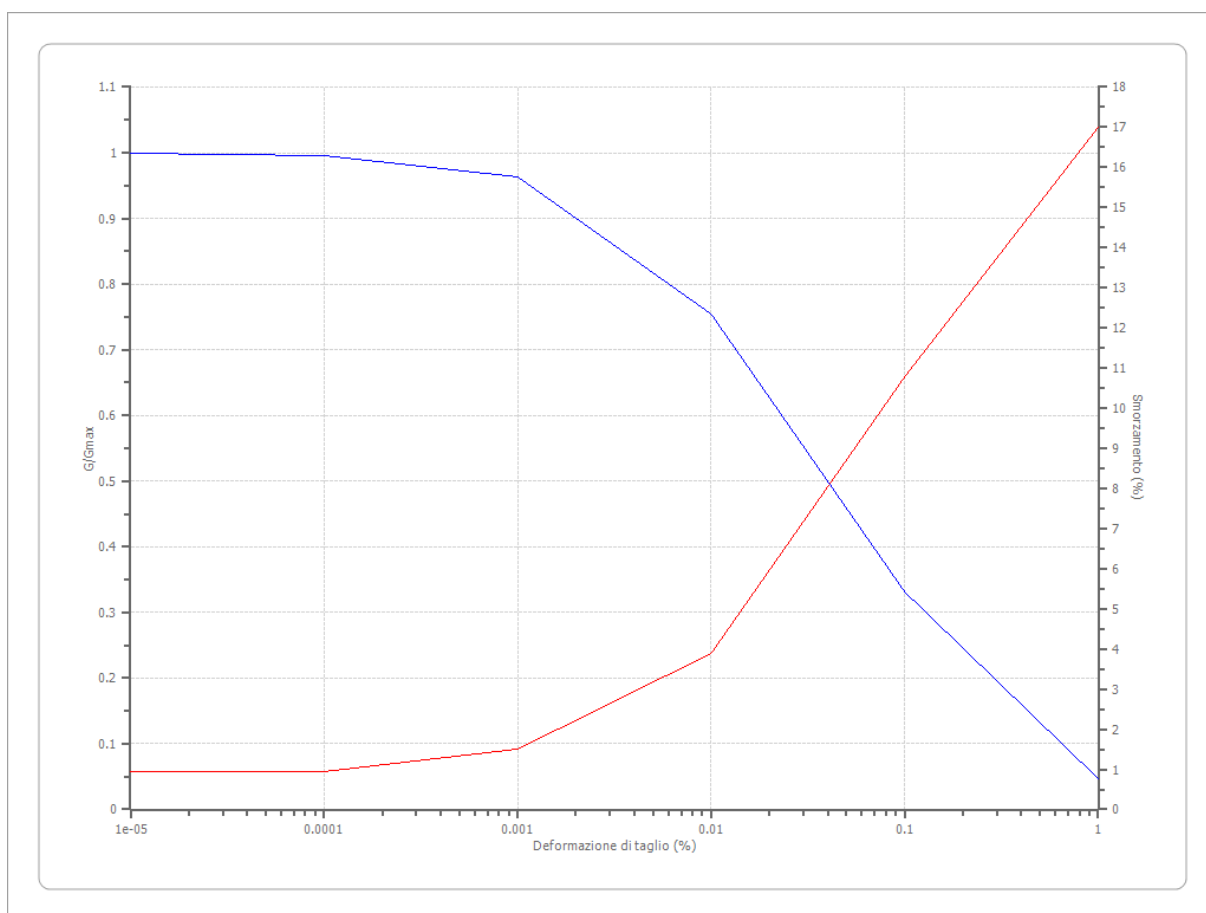


**Figura 3:** Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

## Terreni

Lombardia - Ghiaie

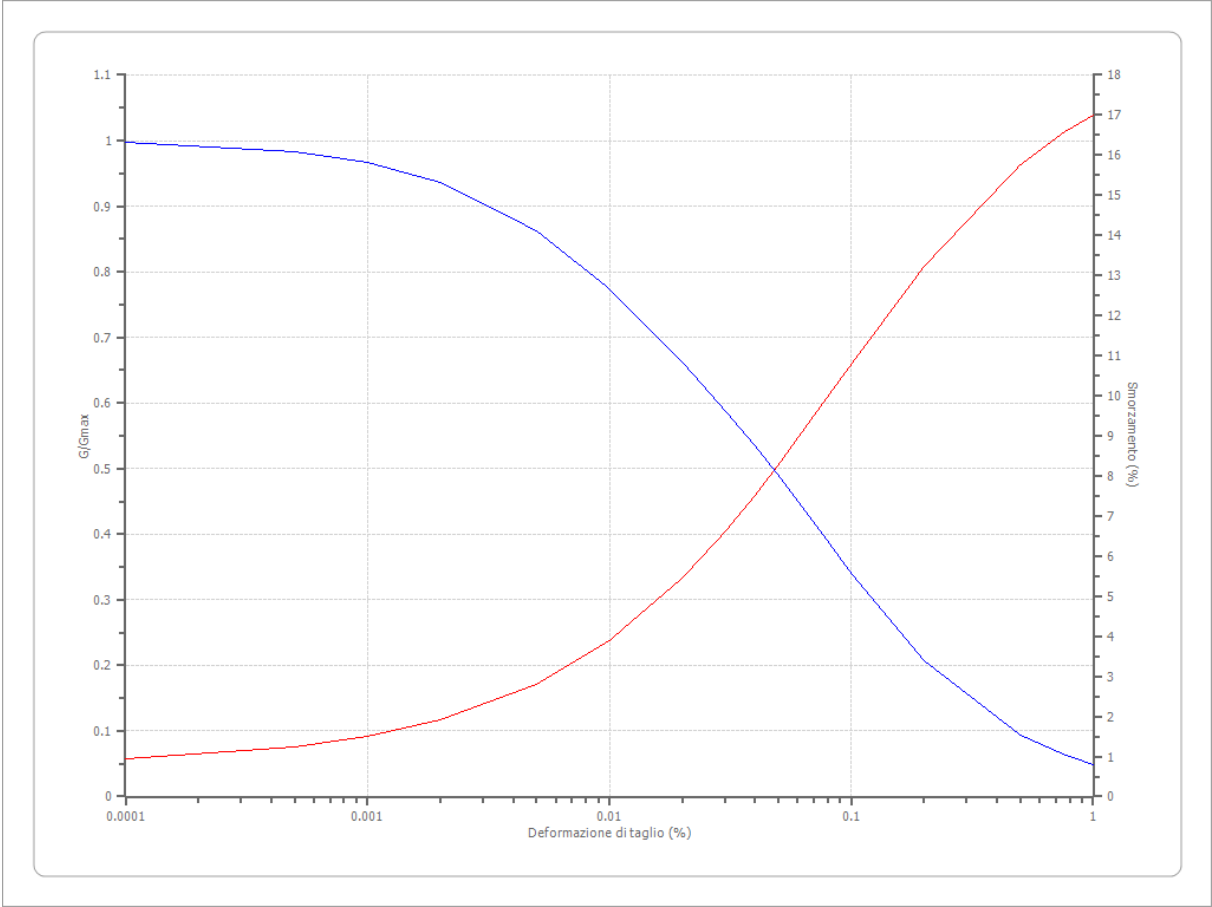
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00001	1.000	0.00001	0.9488
0.0001	0.996	0.0001	0.9488
0.001	0.9624	0.001	1.4981
0.010	0.754	0.010	3.8938
0.100	0.3311	0.100	10.7935
1.000	0.0476	1.000	17.0087



ROLLINS 1998 GHIAIE SABBIOSE

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	0.9965	0.0001	0.94882
0.0005	0.98288	0.0005	1.23923
0.001	0.96667	0.001	1.49807
0.002	0.93669	0.002	1.90513
0.005	0.86241	0.005	2.80479
0.010	0.77342	0.010	3.89377
0.020	0.66164	0.020	5.45354
0.030	0.58942	0.030	6.60547
0.040	0.53492	0.040	7.52275
0.050	0.4902	0.050	8.28232

0.075	0.40356	0.075	9.73687
0.100	0.3406	0.100	10.7935
0.200	0.2066	0.200	13.229
0.500	0.09434	0.500	15.7585
0.750	0.06494	0.750	16.5554
1.000	0.0495	1.000	17.0087



### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	4.0	Lombardia - Ghiaie	0	180.17	--	19.0	305.0	38.0
2		4.0	6.0	Lombardia - Ghiaie	0	249.75	--	20.0	350.0	136.0
3		10.0	7.0	ROLLI NS 1998 GHIAIE SABBI OSE	0	535.17	--	21.0	500.0	269.5
4		17.0	33.0	ROLLI NS 1998 GHIAIE SABBI OSE	0	703.28	--	22.0	560.0	706.0
5		oo	--	Smorzamento costante	0	3330.28	--	27.0	1100.0	1069.0

Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante

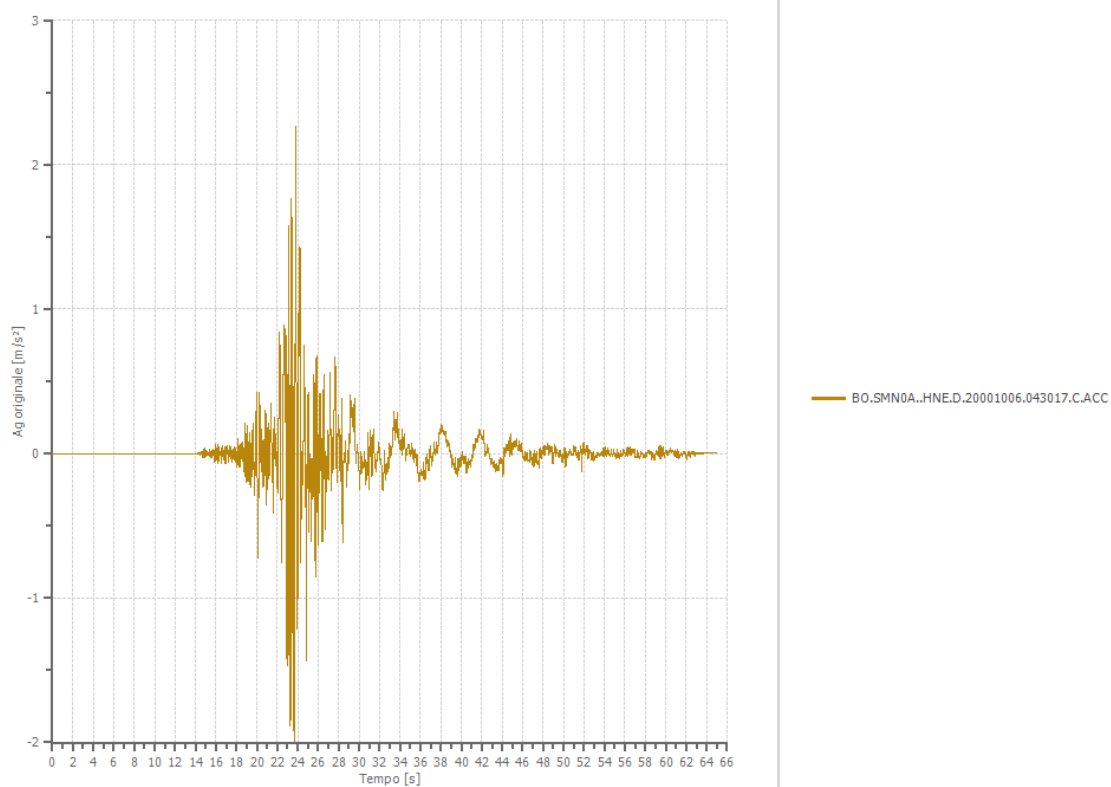
[illegible]

**File BO.SMN0A..HNE.D.20001006.043017.C.ACC:**

**Accelerogramma importato**

Nome del fileBO.SMN0A..HNE.D.20001006.043017.C.ACC

Durata della traccia	64.995 [s]
Accelerazione massima	2.262 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	23.810 [s]





## File EU.108..HN2.D.20000617.154041.C.ACC:

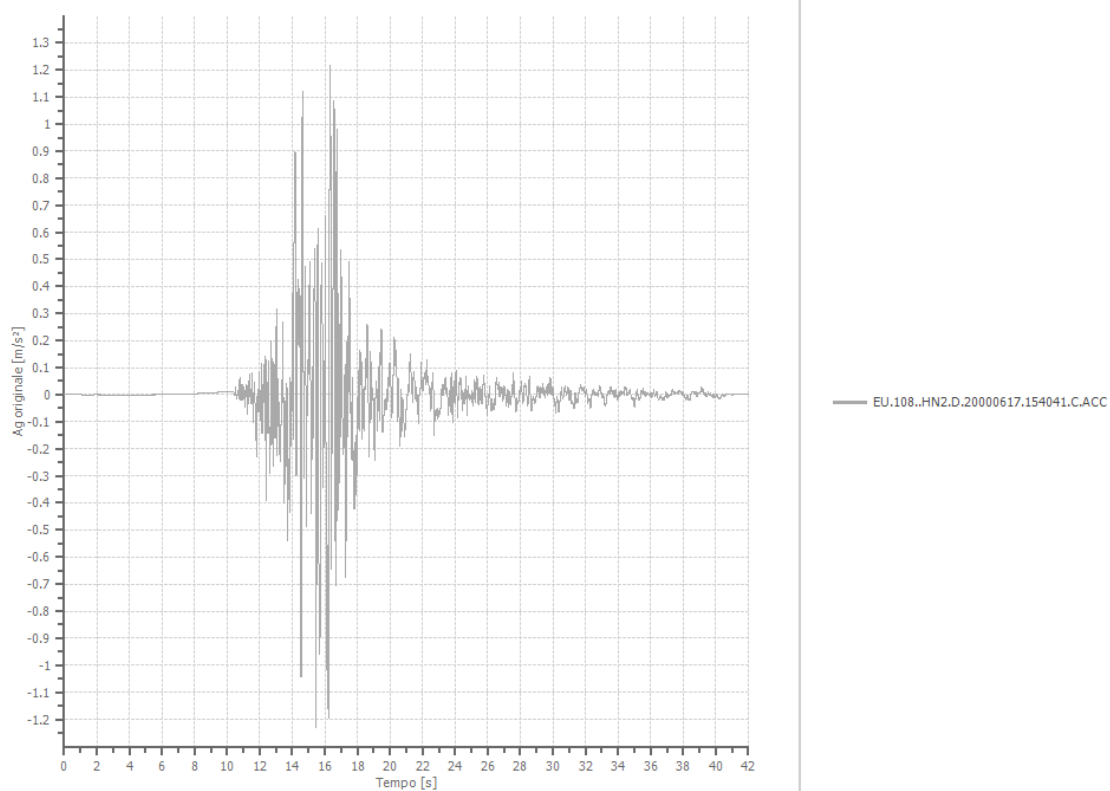
### Accelerogramma importato

Nome del file EU.108..HN2.D.20000617.154041.C.ACC

Durata della traccia 41.995 [s]

Accelerazione massima 1.232 [m/s<sup>2</sup>]

Periodo con accelerazione massima 15.460 [s]



## File EU.108..HN3.D.20000617.154041.C.ACC:

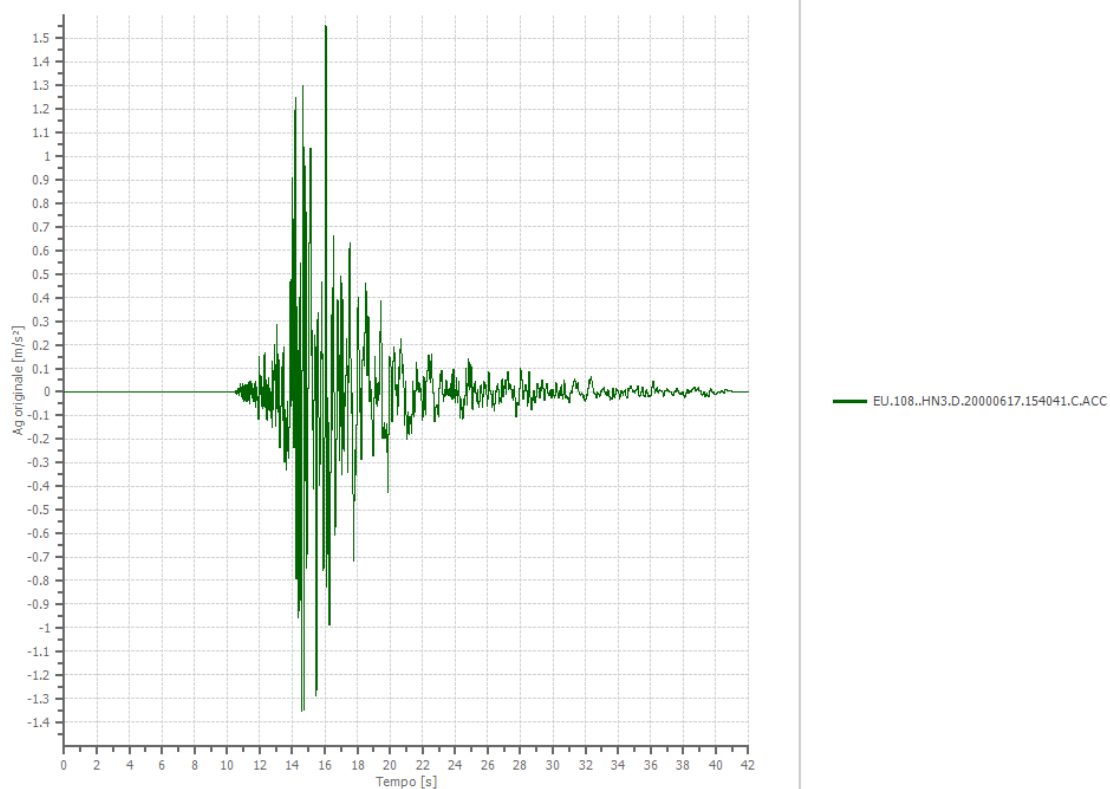
### Accelerogramma importato

Nome del file EU.108..HN3.D.20000617.154041.C.ACC

Durata della traccia 41.995 [s]

Accelerazione massima 1.554 [m/s<sup>2</sup>]

Periodo con accelerazione massima 16.065 [s]

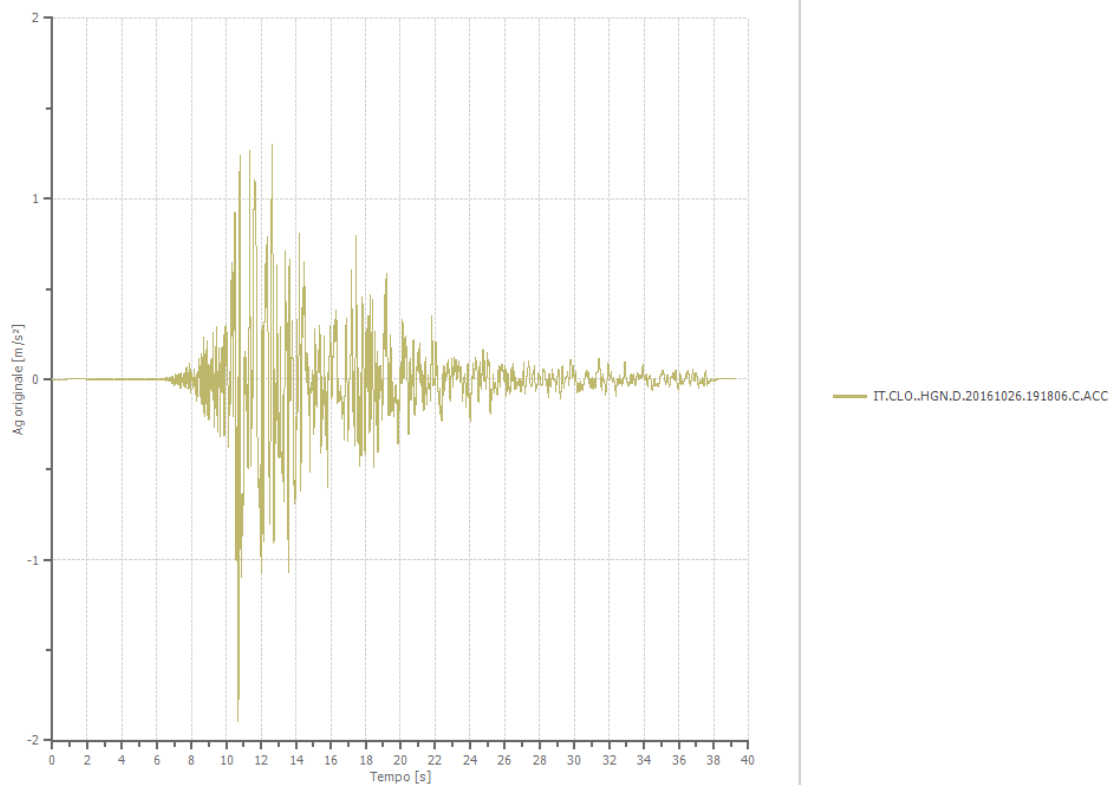


## File IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC:

### Accelerogramma importato

Nome del file IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC

Durata della traccia	39.255 [s]
Accelerazione massima	1.894 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	10.690 [s]

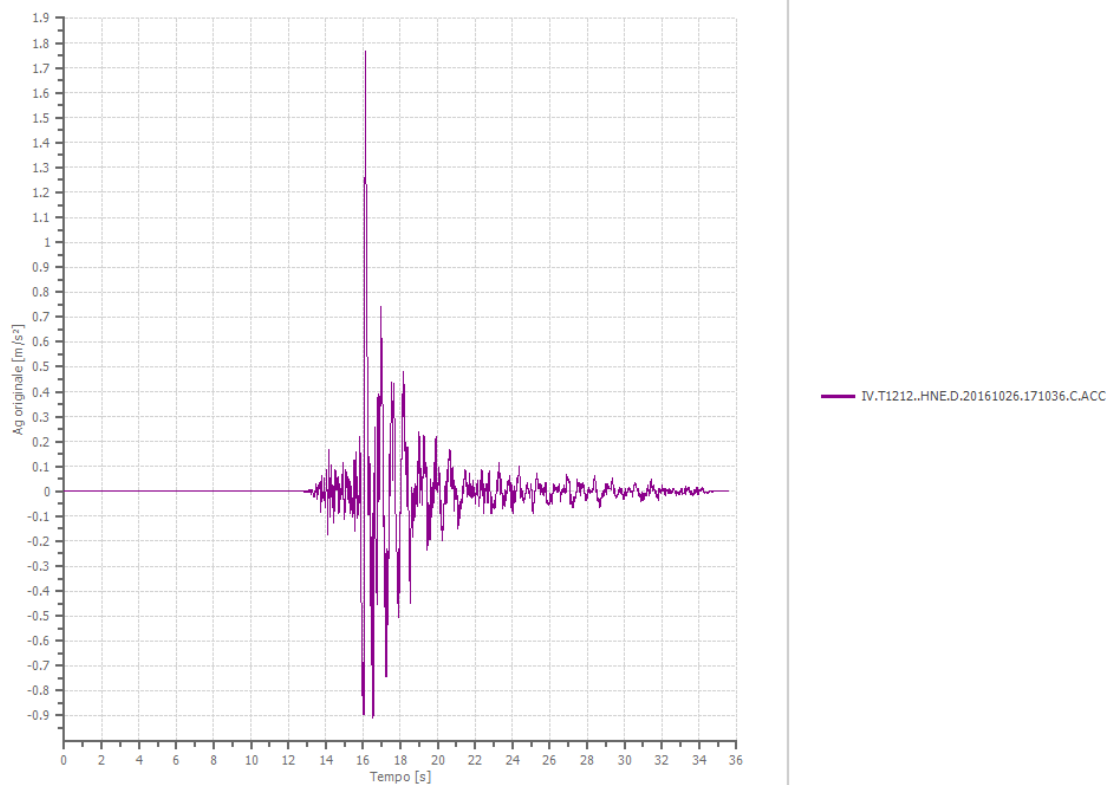


## File IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC:

### Accelerogramma importato

Nome del file IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC

Durata della traccia	35.550 [s]
Accelerazione massima	1.767 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	16.135 [s]

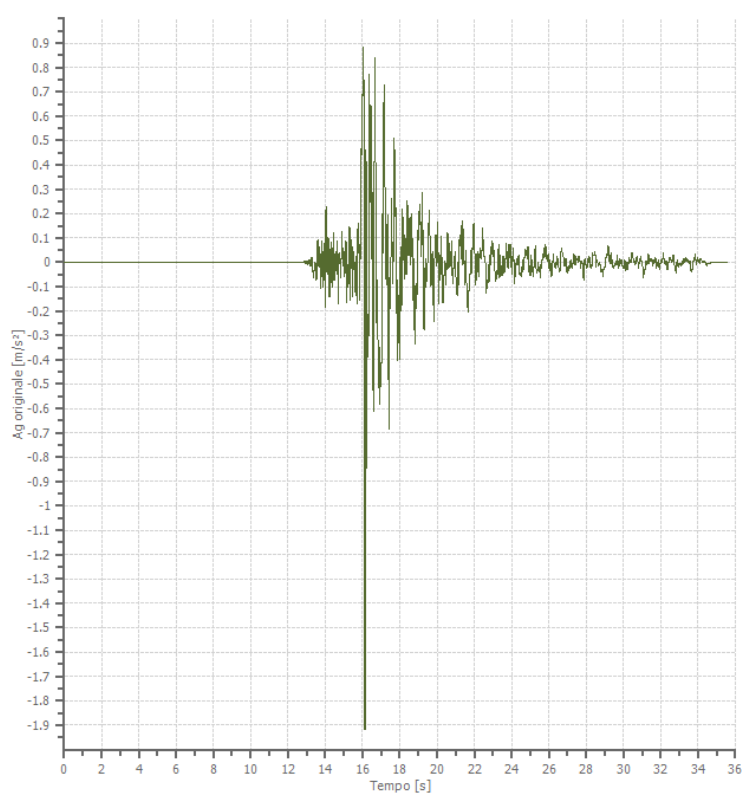


## File IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC:

### Accelerogramma importato

Nome del file IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC

Durata della traccia	35.550 [s]
Accelerazione massima	1.917 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	16.130 [s]



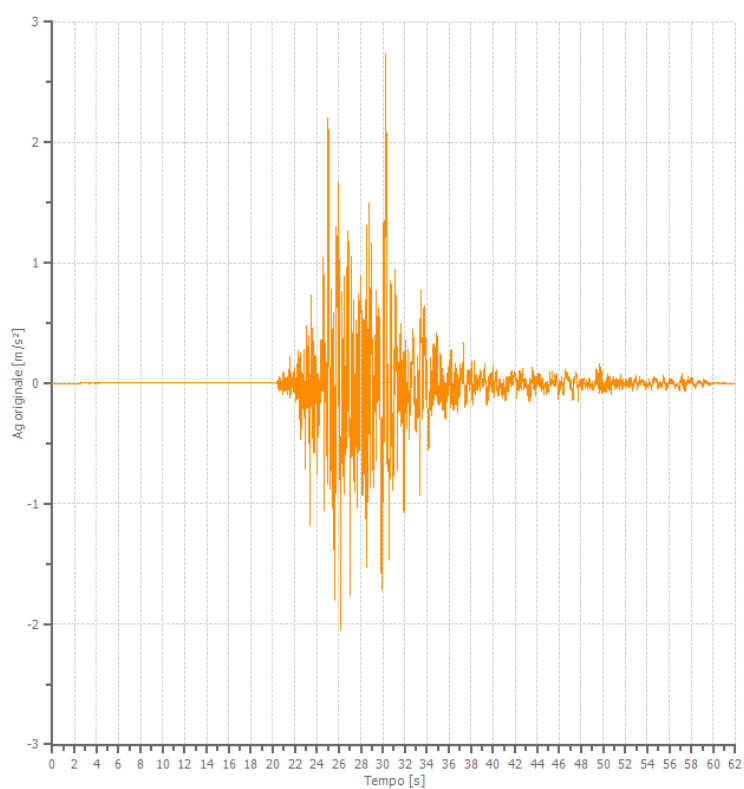
IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC

## File IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC:

### Accelerogramma importato

Nome del file IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC

Durata della traccia	61.915 [s]
Accelerazione massima	2.732 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	30.280 [s]



IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC

## SLO

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.720 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.450 [s]
Sami	1.540 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.085 [m/s]
Samo	3.069 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.164 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.992 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.935 [-]</b>
TB	0.112 [s]
TC	0.335 [s]
TD	2.057 [s]
SA(0)	1.122 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	3.069 [m/s <sup>2</sup> ]

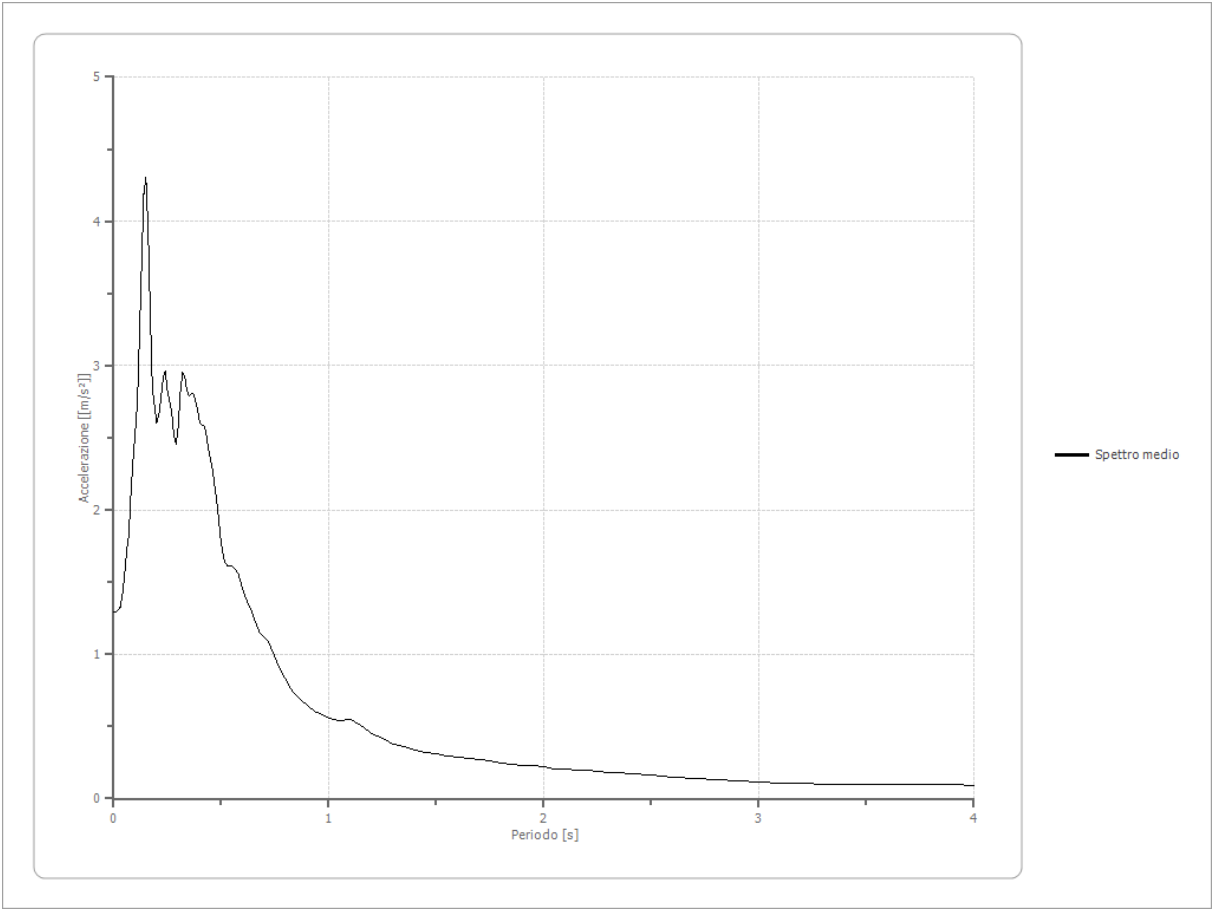
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.024	0.049	0.200	2.080
0.400	0.800	0.033	0.060	0.500	1.792
0.700	1.100	0.033	0.048	0.636	1.472

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	1.2960	0.26	2.7501	0.52	1.6250	0.98	0.5740	2.25	0.1872
0.01	1.2960	0.27	2.6753	0.53	1.6109	1.00	0.5601	2.30	0.1826
0.02	1.3057	0.28	2.5159	0.54	1.6115	1.05	0.5413	2.35	0.1769
0.03	1.3254	0.29	2.4539	0.55	1.6099	1.10	0.5461	2.40	0.1725
0.04	1.4051	0.30	2.5788	0.56	1.5987	1.15	0.5109	2.50	0.1603
0.05	1.5364	0.31	2.8119	0.57	1.5833	1.20	0.4533	2.60	0.1485
0.06	1.7104	0.32	2.9513	0.58	1.5514	1.25	0.4138	2.70	0.1373
0.07	1.8208	0.33	2.9259	0.60	1.4521	1.30	0.3781	2.80	0.1276
0.08	2.1082	0.34	2.8321	0.62	1.3666	1.35	0.3576	2.90	0.1211
0.09	2.3477	0.35	2.7907	0.64	1.3133	1.40	0.3384	3.00	0.1153
0.10	2.5333	0.36	2.8076	0.66	1.2155	1.45	0.3202	3.10	0.1085
0.11	2.7444	0.37	2.8085	0.68	1.1478	1.50	0.3092	3.20	0.1029
0.12	3.2162	0.38	2.7578	0.70	1.1250	1.55	0.2963	3.30	0.1013
0.13	3.7105	0.39	2.7013	0.72	1.0870	1.60	0.2839	3.40	0.1017
0.14	4.1872	0.40	2.6119	0.74	1.0170	1.65	0.2757	3.50	0.1023
0.15	4.3020	0.41	2.5890	0.76	0.9390	1.70	0.2704	3.60	0.1014

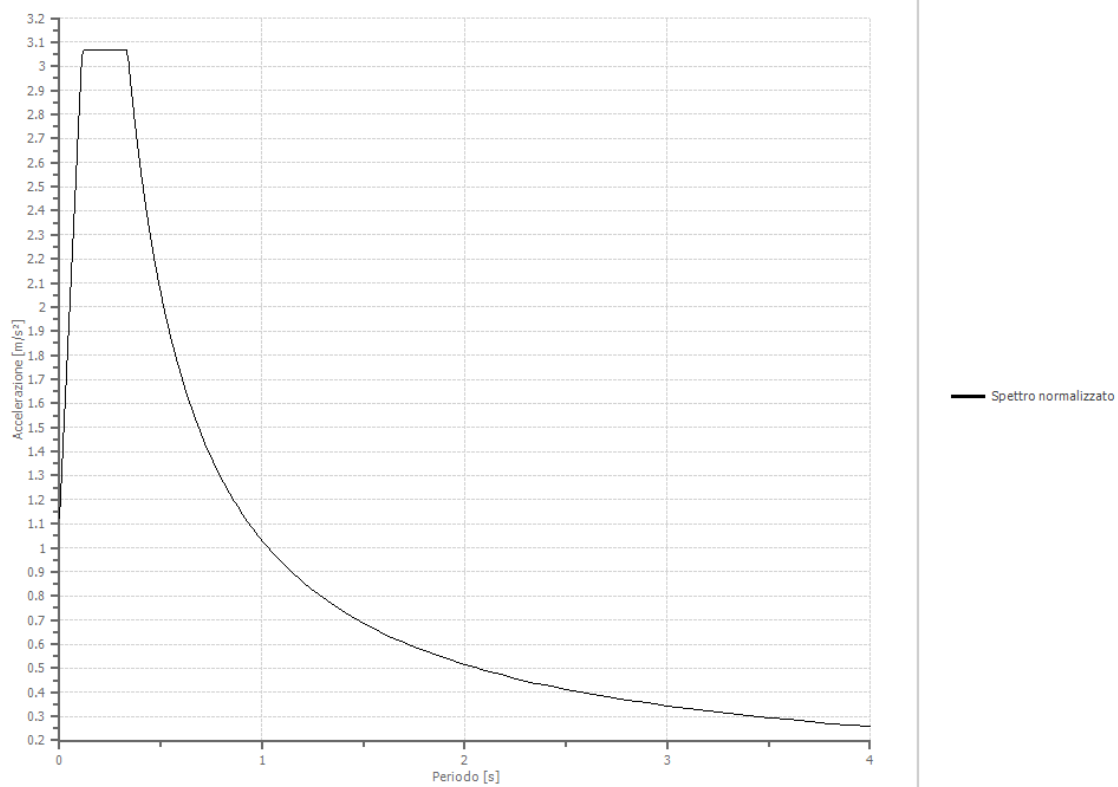
0.16	3.9565	0.42	2.5881	0.78	0.8786	1.75	0.2629	3.70	0.1001
0.17	3.3516	0.43	2.5258	0.80	0.8254	1.80	0.2487	3.80	0.0983
0.18	2.8427	0.44	2.4230	0.82	0.7706	1.85	0.2406	3.90	0.0955
0.19	2.7159	0.45	2.3484	0.84	0.7317	1.90	0.2332	4.00	0.0924
0.20	2.6005	0.46	2.2746	0.86	0.6932	1.95	0.2265		
0.21	2.6629	0.47	2.1602	0.88	0.6688	2.00	0.2176		
0.22	2.7707	0.48	2.0505	0.90	0.6484	2.05	0.2085		
0.23	2.9164	0.49	1.9143	0.92	0.6216	2.10	0.2006		
0.24	2.9615	0.50	1.7688	0.94	0.5964	2.15	0.1971		
0.25	2.8275	0.51	1.6754	0.96	0.5874	2.20	0.1927		





### Spettro normalizzato di risposta elastico

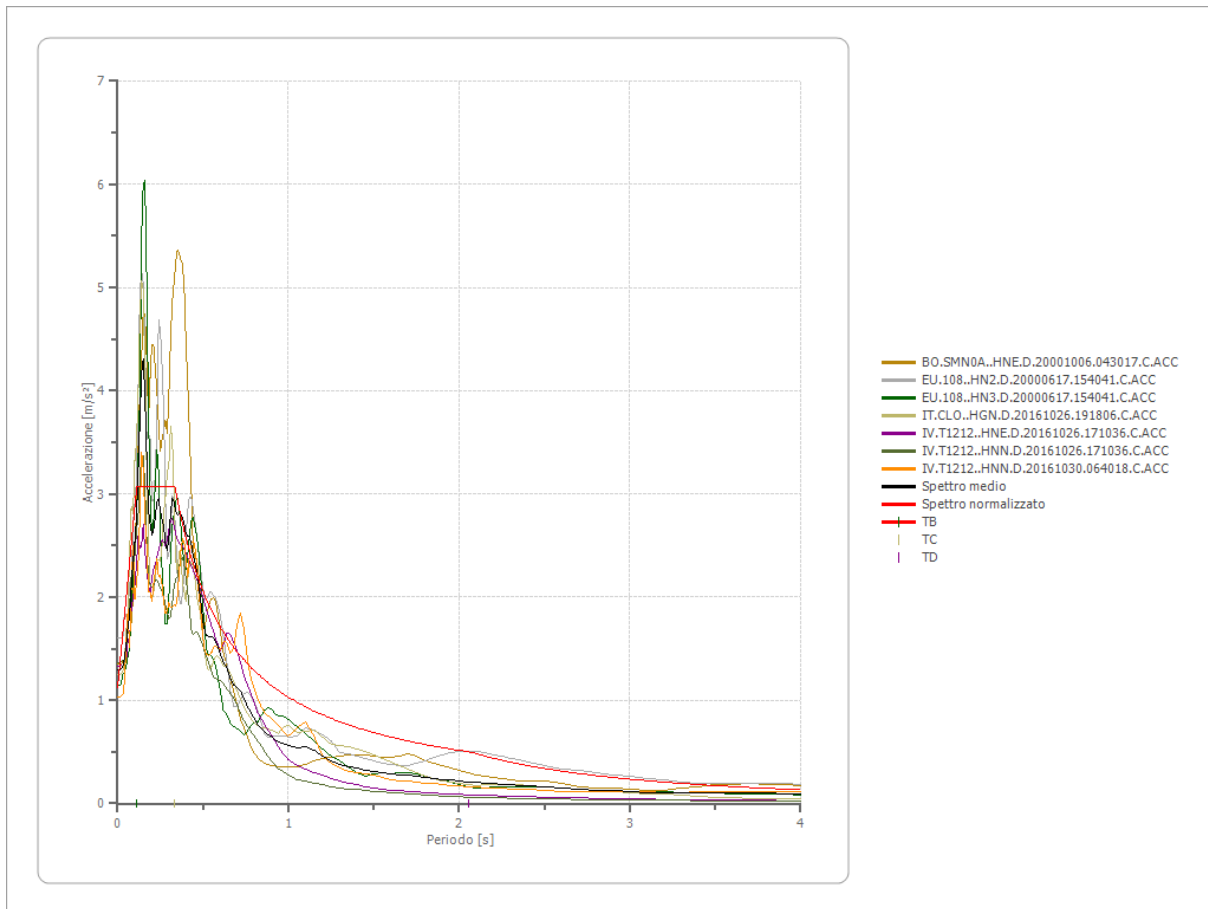
Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	1.1218	0.26	3.0688	0.52	1.9798	0.98	1.0505	2.25	0.4576
0.01	1.2960	0.27	3.0688	0.53	1.9425	1.00	1.0295	2.30	0.4476
0.02	1.4701	0.28	3.0688	0.54	1.9065	1.05	0.9805	2.35	0.4381
0.03	1.6442	0.29	3.0688	0.55	1.8718	1.10	0.9359	2.40	0.4290
0.04	1.8183	0.30	3.0688	0.56	1.8384	1.15	0.8952	2.50	0.4118
0.05	1.9924	0.31	3.0688	0.57	1.8061	1.20	0.8579	2.60	0.3960
0.06	2.1665	0.32	3.0688	0.58	1.7750	1.25	0.8236	2.70	0.3813
0.07	2.3406	0.33	3.0688	0.60	1.7158	1.30	0.7919	2.80	0.3677
0.08	2.5148	0.34	3.0280	0.62	1.6605	1.35	0.7626	2.90	0.3550
0.09	2.6889	0.35	2.9414	0.64	1.6086	1.40	0.7354	3.00	0.3432
0.10	2.8630	0.36	2.8597	0.66	1.5599	1.45	0.7100	3.10	0.3321
0.11	3.0371	0.37	2.7824	0.68	1.5140	1.50	0.6863	3.20	0.3217
0.12	3.0688	0.38	2.7092	0.70	1.4707	1.55	0.6642	3.30	0.3120
0.13	3.0688	0.39	2.6398	0.72	1.4299	1.60	0.6434	3.40	0.3028
0.14	3.0688	0.40	2.5738	0.74	1.3912	1.65	0.6239	3.50	0.2941
0.15	3.0688	0.41	2.5110	0.76	1.3546	1.70	0.6056	3.60	0.2860
0.16	3.0688	0.42	2.4512	0.78	1.3199	1.75	0.5883	3.70	0.2782
0.17	3.0688	0.43	2.3942	0.80	1.2869	1.80	0.5719	3.80	0.2709
0.18	3.0688	0.44	2.3398	0.82	1.2555	1.85	0.5565	3.90	0.2640
0.19	3.0688	0.45	2.2878	0.84	1.2256	1.90	0.5418	4.00	0.2574
0.20	3.0688	0.46	2.2381	0.86	1.1971	1.95	0.5280		
0.21	3.0688	0.47	2.1904	0.88	1.1699	2.00	0.5148		
0.22	3.0688	0.48	2.1448	0.90	1.1439	2.05	0.5022		
0.23	3.0688	0.49	2.1010	0.92	1.1190	2.10	0.4902		
0.24	3.0688	0.50	2.0590	0.94	1.0952	2.15	0.4788		
0.25	3.0688	0.51	2.0186	0.96	1.0724	2.20	0.4680		



**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
1.122	2.735531	--	0.112	0.335	2.057	1.122	3.069	1.734

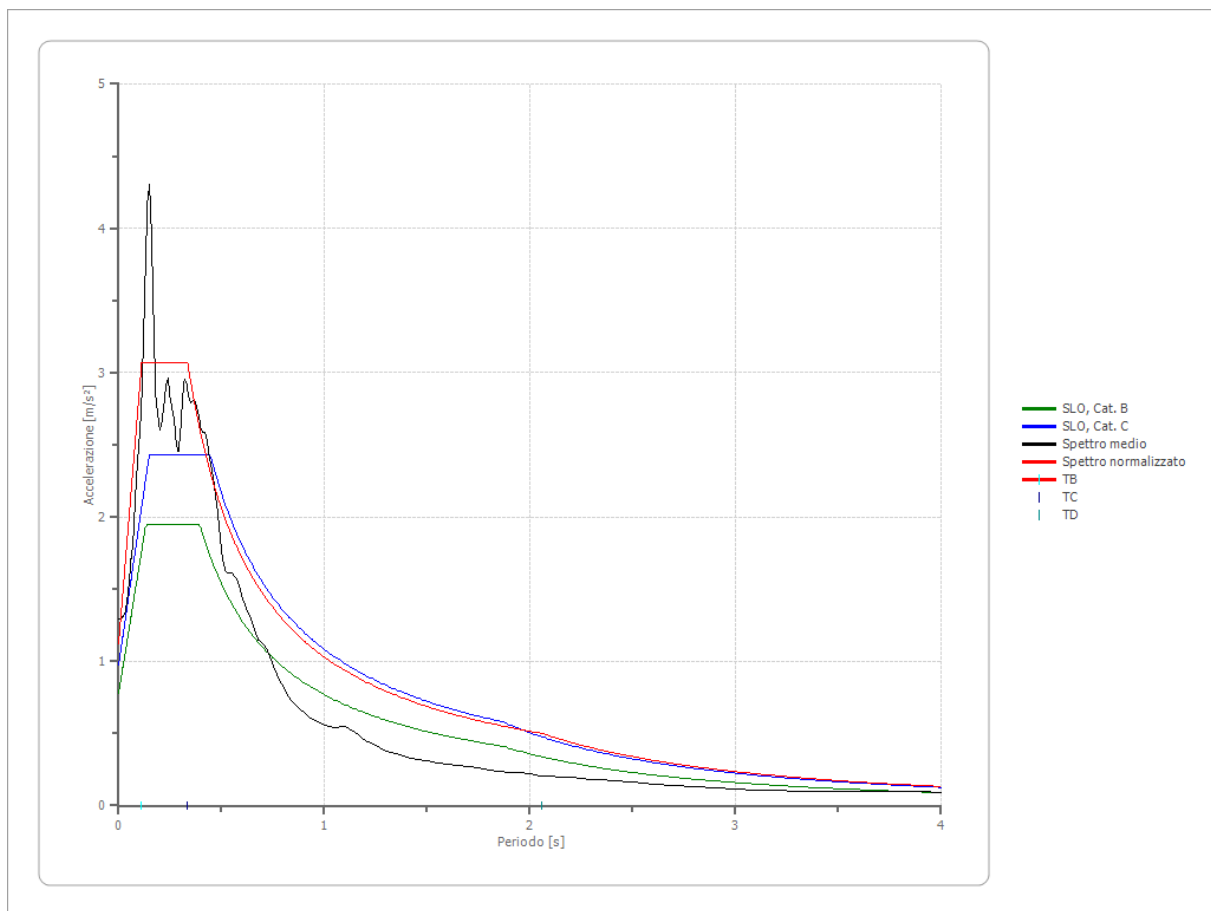
## Confronto tra gli spettri



## Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

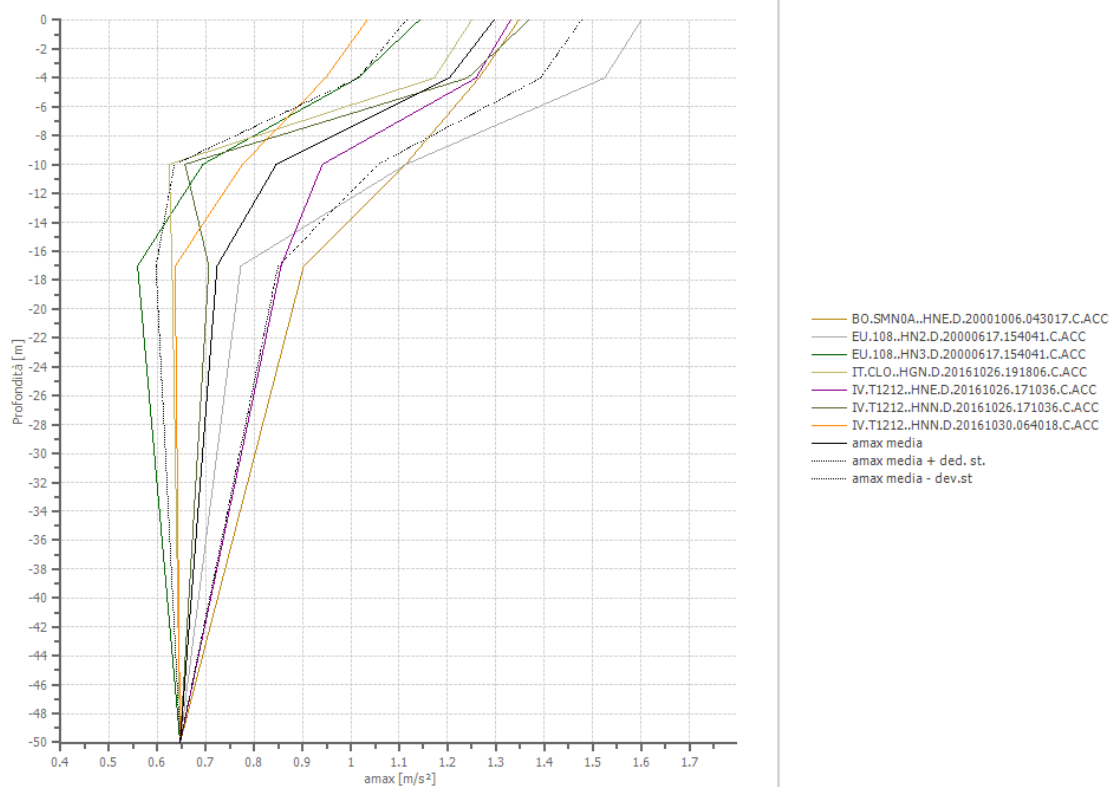
	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operativit à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s²]	0.647	0.795	1.815	2.237	0.647	0.795	1.815	2.237
Fo	2.505	2.513	2.469	2.491	2.505	2.513	2.469	2.491
Tc* [s]	0.278	0.288	0.323	0.334	0.278	0.288	0.323	0.334
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.42	1.41	1.38	1.37	1.60	1.58	1.52	1.51
TB [s]	0.132	0.135	0.148	0.152	0.148	0.152	0.164	0.168
TC [s]	0.395	0.406	0.445	0.457	0.445	0.456	0.492	0.504
TD [s]	1.864	1.924	2.340	2.512	1.864	1.924	2.340	2.512
Se(0) [m/s²]	0.776	0.954	2.178	2.624	0.971	1.193	2.588	3.040
Se(TB) [m/s²]	1.945	2.397	5.377	6.535	2.431	2.997	6.390	7.574



### Profilo a max

	0.0 [m]	4.0 [m]	10.0 [m]	17.0 [m]	50.0 [m]
BO.SMN0A..H NE.D.2000100 6.043017.C.AC C [m/s²]	1.348	1.265	1.113	0.903	0.647
EU.108..HN2. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s²]	1.601	1.525	1.114	0.773	0.647
EU.108..HN3. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s²]	1.142	1.015	0.694	0.559	0.647
IT.CLO..HGN. D.20161026.19 1806.C.ACC [m/s²]	1.250	1.172	0.624	0.630	0.647
IV.T1212..HN E.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s²]	1.330	1.259	0.941	0.856	0.647
IV.T1212..HN	1.368	1.241	0.657	0.706	0.647

N.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]					
IV.T1212..HN N.D.20161030. 064018.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	1.034	0.948	0.776	0.637	0.647
media [m/s <sup>2</sup> ]	1.296	1.203	0.846	0.723	0.647
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.181	0.189	0.210	0.126	0.000



## SLD

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.720 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.450 [s]
Sami	1.893 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.104 [m/s]
Samo	3.757 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.202 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.985 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.946 [-]</b>
TB	0.113 [s]
TC	0.339 [s]
TD	2.156 [s]
SA(0)	1.365 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	3.757 [m/s <sup>2</sup> ]

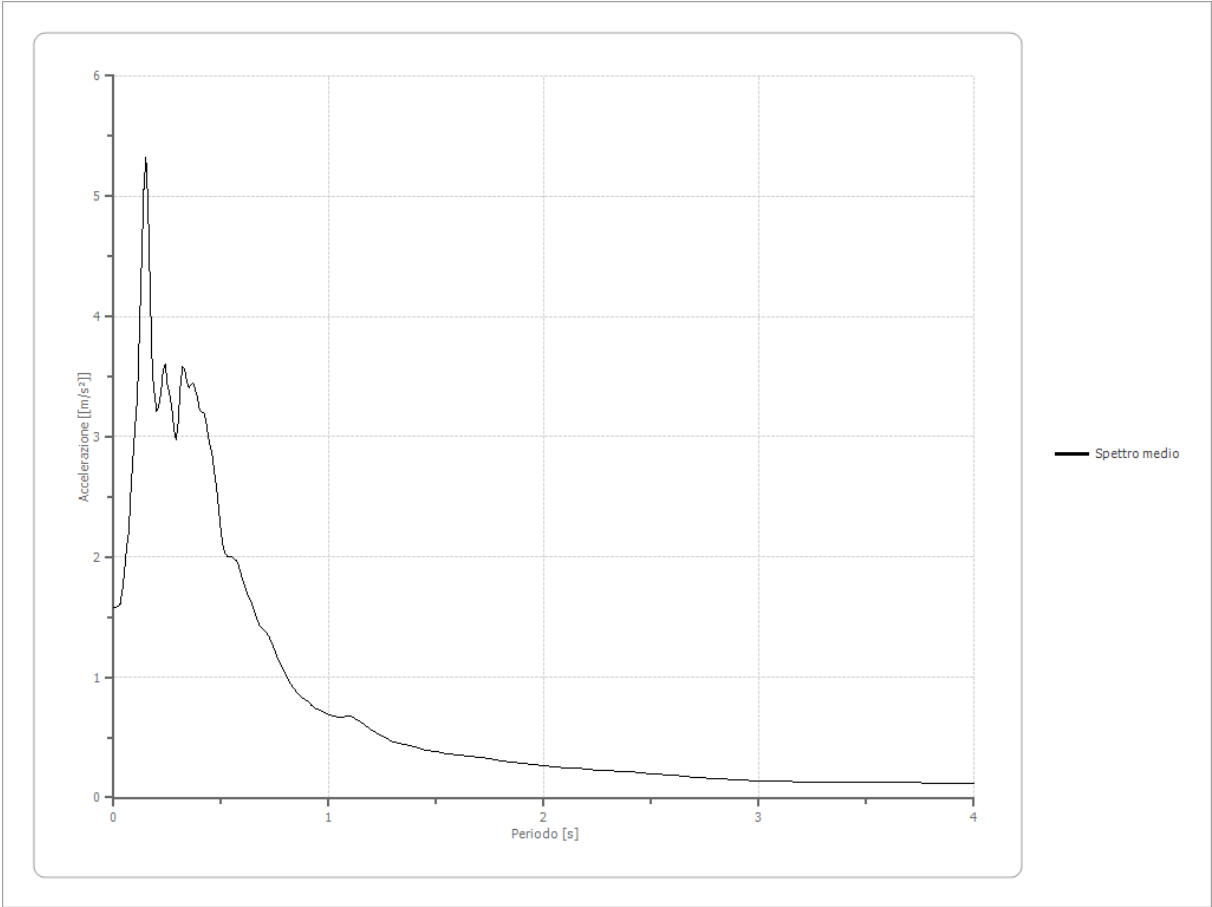
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.029	0.060	0.200	2.076
0.400	0.800	0.041	0.074	0.500	1.806
0.700	1.100	0.040	0.059	0.636	1.479

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	1.5765	0.26	3.3442	0.52	2.0187	0.98	0.7087	2.25	0.2303
0.01	1.5765	0.27	3.2543	0.53	2.0014	1.00	0.6919	2.30	0.2246
0.02	1.5880	0.28	3.0649	0.54	2.0035	1.05	0.6678	2.35	0.2176
0.03	1.6149	0.29	2.9782	0.55	2.0015	1.10	0.6734	2.40	0.2123
0.04	1.7155	0.30	3.1252	0.56	1.9879	1.15	0.6300	2.50	0.1973
0.05	1.8712	0.31	3.4166	0.57	1.9689	1.20	0.5595	2.60	0.1829
0.06	2.0702	0.32	3.5879	0.58	1.9307	1.25	0.5102	2.70	0.1691
0.07	2.2038	0.33	3.5623	0.60	1.8079	1.30	0.4660	2.80	0.1571
0.08	2.5550	0.34	3.4523	0.62	1.6974	1.35	0.4408	2.90	0.1490
0.09	2.8403	0.35	3.4118	0.64	1.6291	1.40	0.4174	3.00	0.1418
0.10	3.0893	0.36	3.4414	0.66	1.5079	1.45	0.3950	3.10	0.1333
0.11	3.3268	0.37	3.4475	0.68	1.4238	1.50	0.3816	3.20	0.1264
0.12	3.8958	0.38	3.3919	0.70	1.3954	1.55	0.3655	3.30	0.1245
0.13	4.4649	0.39	3.3249	0.72	1.3486	1.60	0.3496	3.40	0.1249
0.14	5.0616	0.40	3.2217	0.74	1.2623	1.65	0.3395	3.50	0.1256

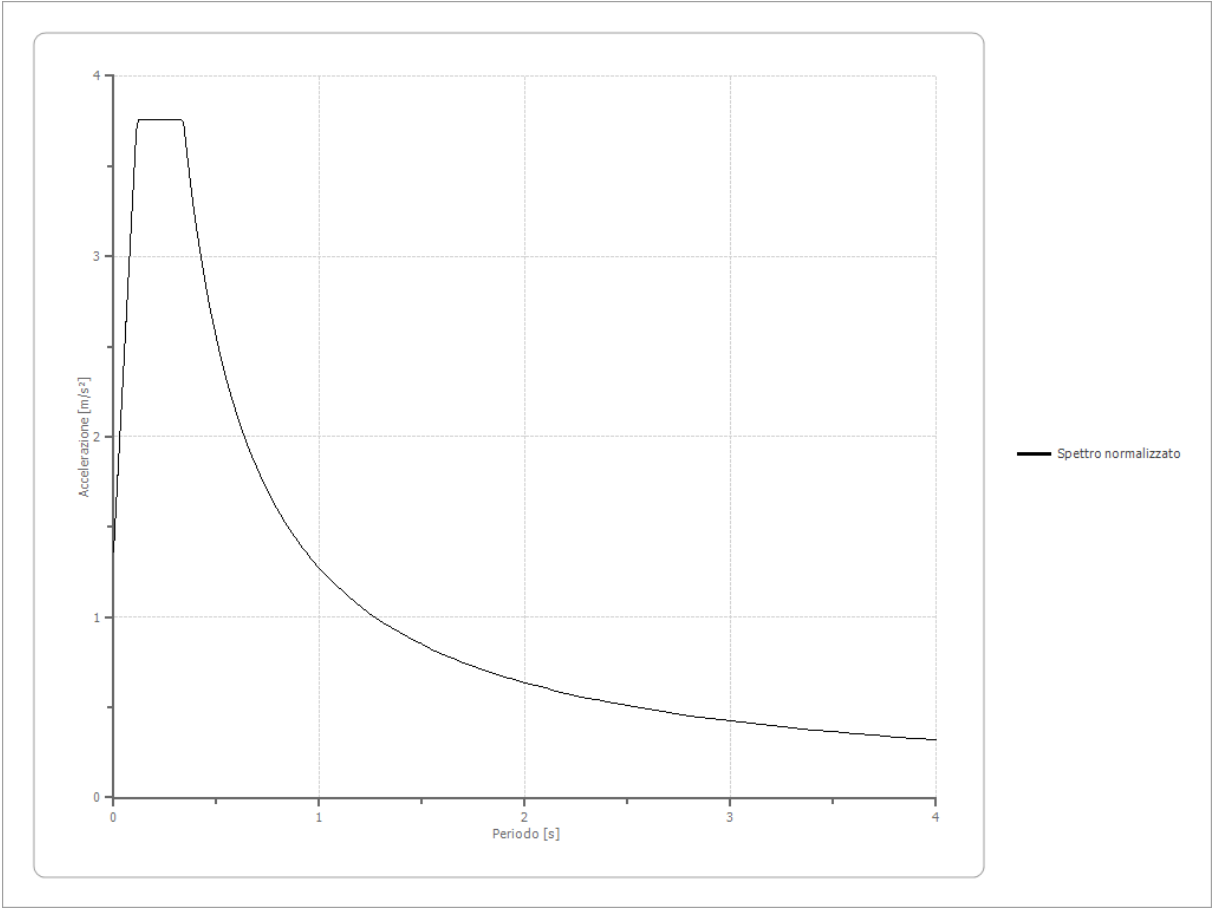
0.15	5.3182	0.41	3.2000	0.76	1.1639	1.70	0.3330	3.60	0.1246
0.16	4.9210	0.42	3.2018	0.78	1.0896	1.75	0.3237	3.70	0.1230
0.17	4.1813	0.43	3.1254	0.80	1.0239	1.80	0.3064	3.80	0.1208
0.18	3.5320	0.44	2.9988	0.82	0.9554	1.85	0.2963	3.90	0.1174
0.19	3.3503	0.45	2.9176	0.84	0.9066	1.90	0.2872	4.00	0.1136
0.20	3.2080	0.46	2.8259	0.86	0.8587	1.95	0.2788		
0.21	3.2609	0.47	2.6845	0.88	0.8266	2.00	0.2679		
0.22	3.3724	0.48	2.5484	0.90	0.8008	2.05	0.2567		
0.23	3.5504	0.49	2.3792	0.92	0.7681	2.10	0.2467		
0.24	3.6047	0.50	2.1989	0.94	0.7365	2.15	0.2425		
0.25	3.4369	0.51	2.0766	0.96	0.7251	2.20	0.2371		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	1.3645	0.26	3.7571	0.52	2.4466	0.98	1.2982	2.25	0.5654
0.01	1.5765	0.27	3.7571	0.53	2.4005	1.00	1.2722	2.30	0.5531
0.02	1.7884	0.28	3.7571	0.54	2.3560	1.05	1.2117	2.35	0.5414
0.03	2.0004	0.29	3.7571	0.55	2.3132	1.10	1.1566	2.40	0.5301
0.04	2.2124	0.30	3.7571	0.56	2.2719	1.15	1.1063	2.50	0.5089
0.05	2.4243	0.31	3.7571	0.57	2.2320	1.20	1.0602	2.60	0.4893
0.06	2.6363	0.32	3.7571	0.58	2.1935	1.25	1.0178	2.70	0.4712

0.07	2.8483	0.33	3.7571	0.60	2.1204	1.30	0.9786	2.80	0.4544
0.08	3.0602	0.34	3.7419	0.62	2.0520	1.35	0.9424	2.90	0.4387
0.09	3.2722	0.35	3.6350	0.64	1.9879	1.40	0.9087	3.00	0.4241
0.10	3.4842	0.36	3.5340	0.66	1.9276	1.45	0.8774	3.10	0.4104
0.11	3.6961	0.37	3.4385	0.68	1.8709	1.50	0.8482	3.20	0.3976
0.12	3.7571	0.38	3.3480	0.70	1.8175	1.55	0.8208	3.30	0.3855
0.13	3.7571	0.39	3.2622	0.72	1.7670	1.60	0.7952	3.40	0.3742
0.14	3.7571	0.40	3.1806	0.74	1.7192	1.65	0.7711	3.50	0.3635
0.15	3.7571	0.41	3.1030	0.76	1.6740	1.70	0.7484	3.60	0.3534
0.16	3.7571	0.42	3.0292	0.78	1.6311	1.75	0.7270	3.70	0.3438
0.17	3.7571	0.43	2.9587	0.80	1.5903	1.80	0.7068	3.80	0.3348
0.18	3.7571	0.44	2.8915	0.82	1.5515	1.85	0.6877	3.90	0.3262
0.19	3.7571	0.45	2.8272	0.84	1.5146	1.90	0.6696	4.00	0.3181
0.20	3.7571	0.46	2.7657	0.86	1.4794	1.95	0.6524		
0.21	3.7571	0.47	2.7069	0.88	1.4457	2.00	0.6361		
0.22	3.7571	0.48	2.6505	0.90	1.4136	2.05	0.6206		
0.23	3.7571	0.49	2.5964	0.92	1.3829	2.10	0.6058		
0.24	3.7571	0.50	2.5445	0.94	1.3535	2.15	0.5917		
0.25	3.7571	0.51	2.4946	0.96	1.3253	2.20	0.5783		



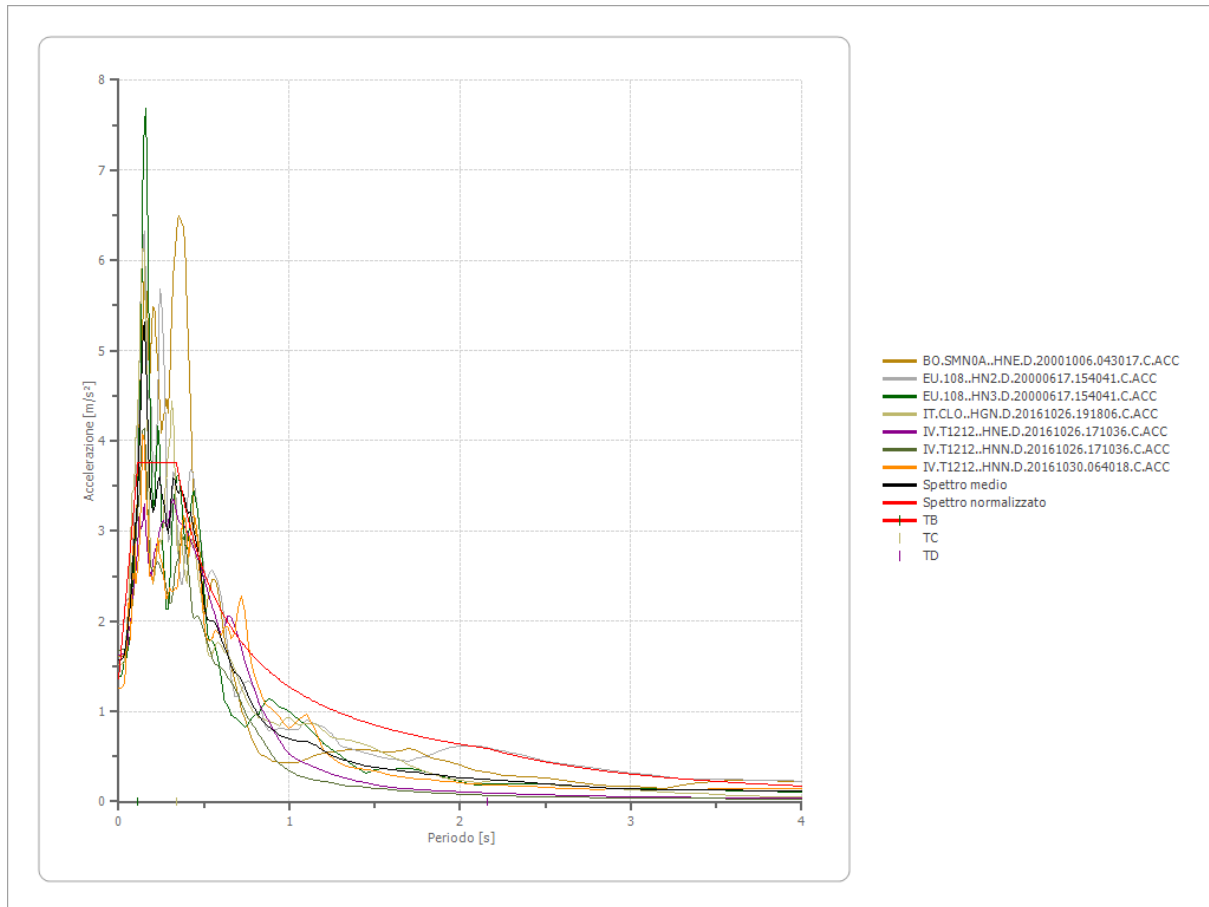
Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s²]	Se(TB) [m/s²]	S
--------------	----	-----	-----------	-----------	-----------	-----------------	------------------	---



1.365	2.753416	--	0.113	0.339	2.156	1.365	3.757	1.716
-------	----------	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

### Confronto tra gli spettri

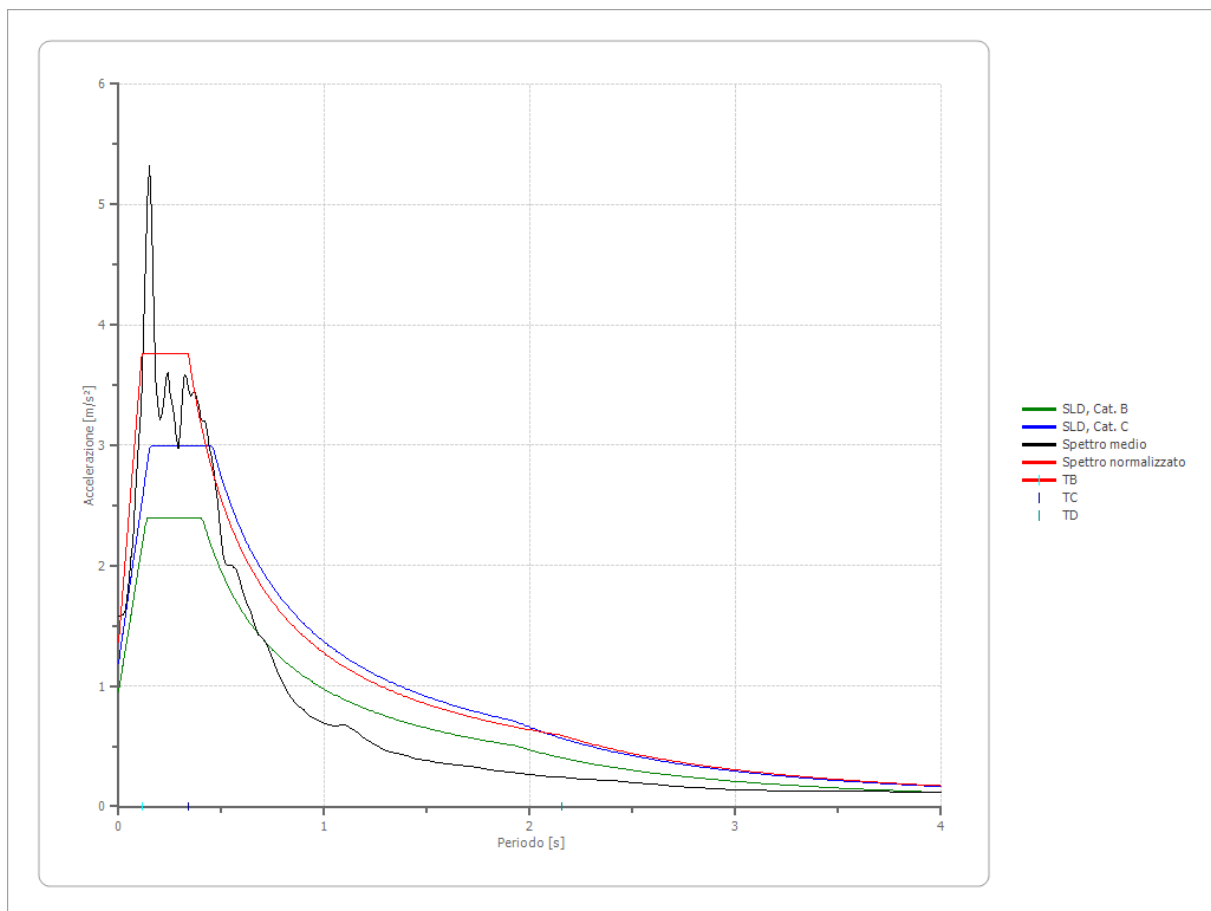


### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operativit à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s²]	0.647	0.795	1.815	2.237	0.647	0.795	1.815	2.237
Fo	2.505	2.513	2.469	2.491	2.505	2.513	2.469	2.491
Tc* [s]	0.278	0.288	0.323	0.334	0.278	0.288	0.323	0.334
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.42	1.41	1.38	1.37	1.60	1.58	1.52	1.51
TB [s]	0.132	0.135	0.148	0.152	0.148	0.152	0.164	0.168
TC [s]	0.395	0.406	0.445	0.457	0.445	0.456	0.492	0.504
TD [s]	1.864	1.924	2.340	2.512	1.864	1.924	2.340	2.512
Se(0) [m/s²]	0.776	0.954	2.178	2.624	0.971	1.193	2.588	3.040
Se(TB)	1.945	2.397	5.377	6.535	2.431	2.997	6.390	7.574

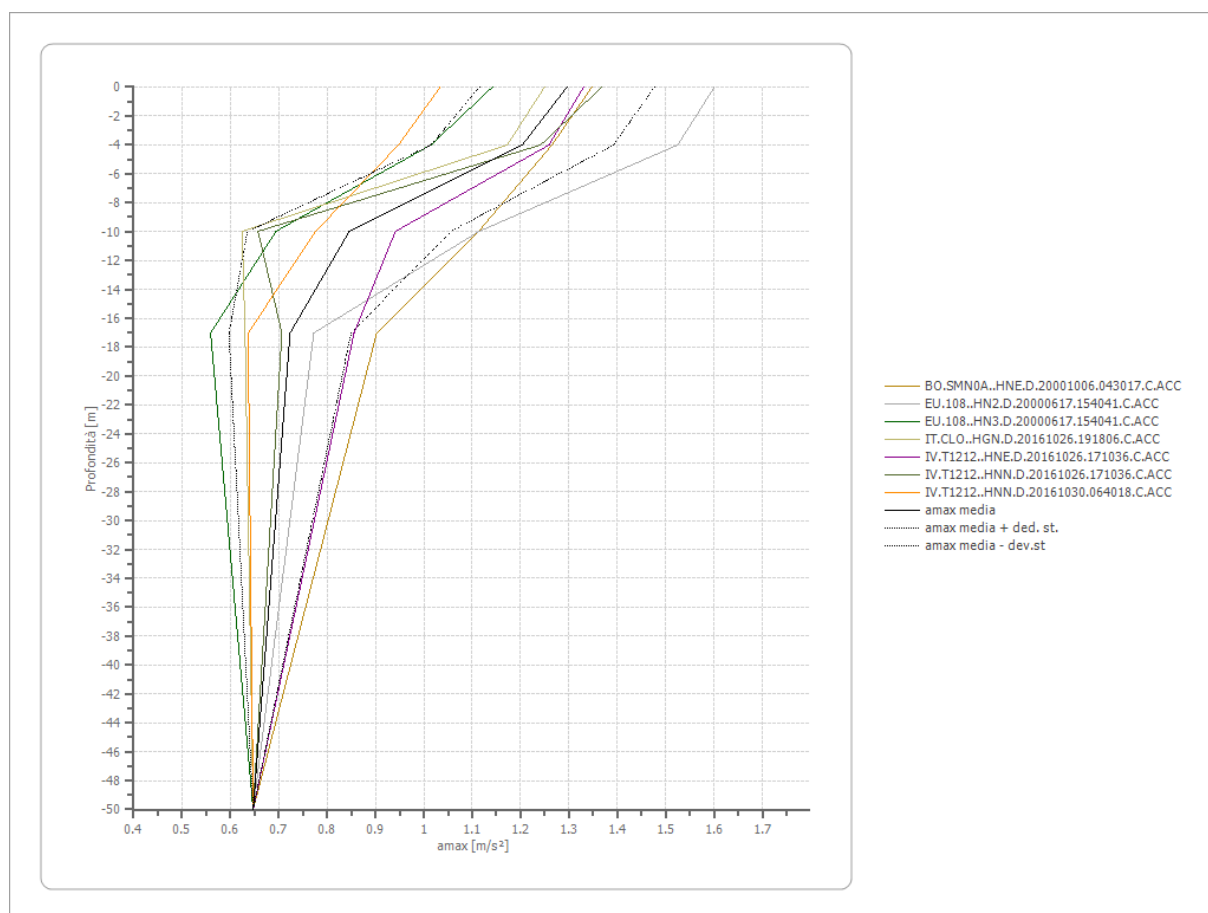
[m/s <sup>2</sup> ]								
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--



### Profilo a max

	0.0 [m]	4.0 [m]	10.0 [m]	17.0 [m]	50.0 [m]
BO.SMN0A..H NE.D.2000100 6.043017.C.AC C [m/s <sup>2</sup> ]	1.348	1.265	1.113	0.903	0.647
EU.108..HN2. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	1.601	1.525	1.114	0.773	0.647
EU.108..HN3. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	1.142	1.015	0.694	0.559	0.647
IT.CLO..HGN. D.20161026.19 1806.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	1.250	1.172	0.624	0.630	0.647
IV.T1212..HN E.D.20161026. 171036.C.ACC	1.330	1.259	0.941	0.856	0.647

[m/s <sup>2</sup> ]					
IV.T1212..HN N.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	1.368	1.241	0.657	0.706	0.647
IV.T1212..HN N.D.20161030. 064018.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	1.034	0.948	0.776	0.637	0.647
media [m/s <sup>2</sup> ]	1.296	1.203	0.846	0.723	0.647
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.181	0.189	0.210	0.126	0.000



## SLV

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.720 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.450 [s]
Sami	4.321 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.238 [m/s]
Samo	8.196 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.473 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.897 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.993 [-]</b>
TB	0.121 [s]
TC	0.363 [s]
TD	2.815 [s]
SA(0)	2.979 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	8.196 [m/s <sup>2</sup> ]

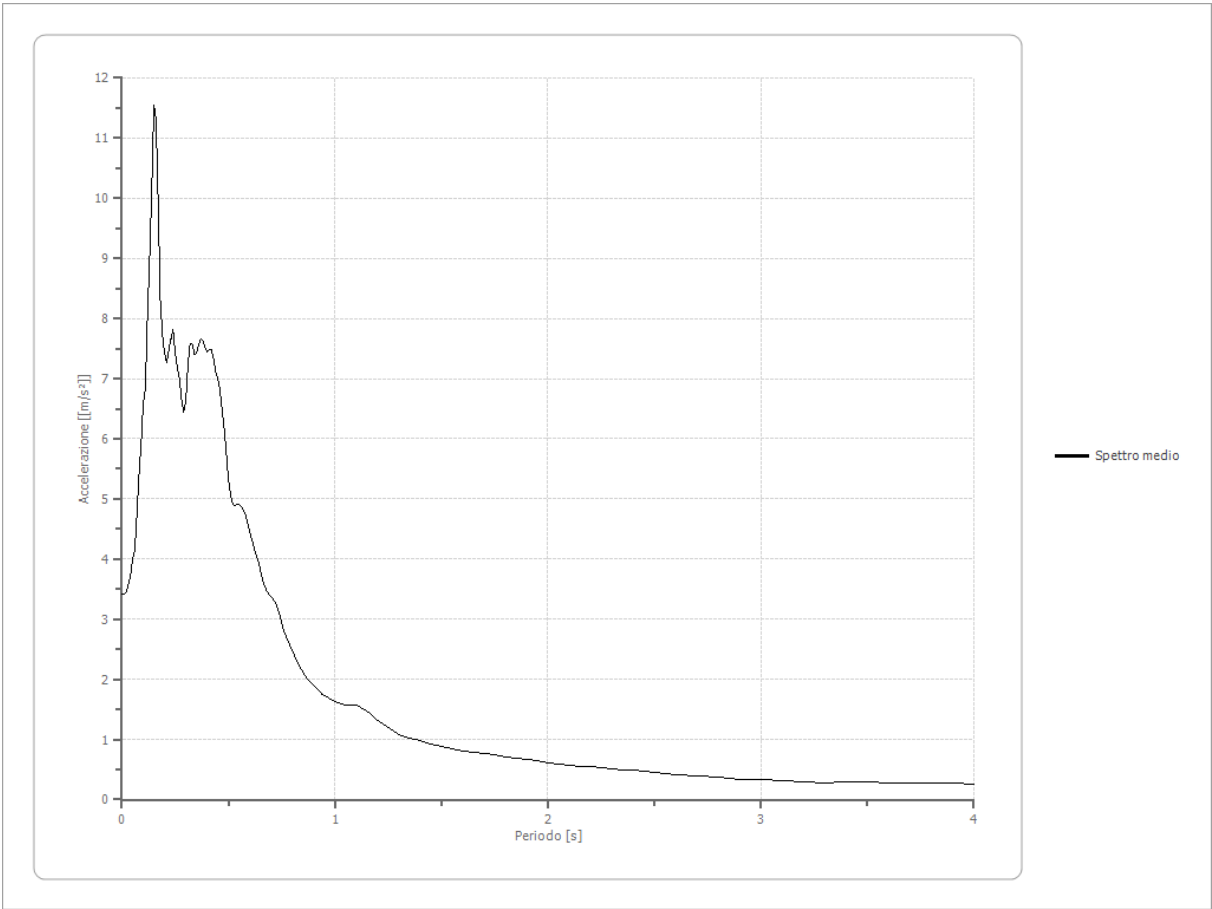
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.066	0.135	0.200	2.027
0.400	0.800	0.094	0.177	0.500	1.889
0.700	1.100	0.092	0.139	0.636	1.523

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	3.4105	0.26	7.1945	0.52	4.9191	0.98	1.6700	2.25	0.5298
0.01	3.4106	0.27	6.9956	0.53	4.8927	1.00	1.6341	2.30	0.5174
0.02	3.4563	0.28	6.6573	0.54	4.9058	1.05	1.5723	2.35	0.5008
0.03	3.5672	0.29	6.4476	0.55	4.9017	1.10	1.5766	2.40	0.4885
0.04	3.7031	0.30	6.6341	0.56	4.8767	1.15	1.4739	2.50	0.4549
0.05	4.0140	0.31	7.2416	0.57	4.8194	1.20	1.3140	2.60	0.4222
0.06	4.1477	0.32	7.5904	0.58	4.7408	1.25	1.1929	2.70	0.3914
0.07	4.7384	0.33	7.5736	0.60	4.4602	1.30	1.0894	2.80	0.3635
0.08	5.4066	0.34	7.4090	0.62	4.1758	1.35	1.0289	2.90	0.3426
0.09	5.9037	0.35	7.4211	0.64	3.9583	1.40	0.9747	3.00	0.3255
0.10	6.5954	0.36	7.5708	0.66	3.6605	1.45	0.9243	3.10	0.3067
0.11	6.8338	0.37	7.6689	0.68	3.4580	1.50	0.8932	3.20	0.2901
0.12	8.0986	0.38	7.6335	0.70	3.3849	1.55	0.8542	3.30	0.2846
0.13	9.0070	0.39	7.5256	0.72	3.2802	1.60	0.8120	3.40	0.2851
0.14	10.1527	0.40	7.4436	0.74	3.0748	1.65	0.7876	3.50	0.2865

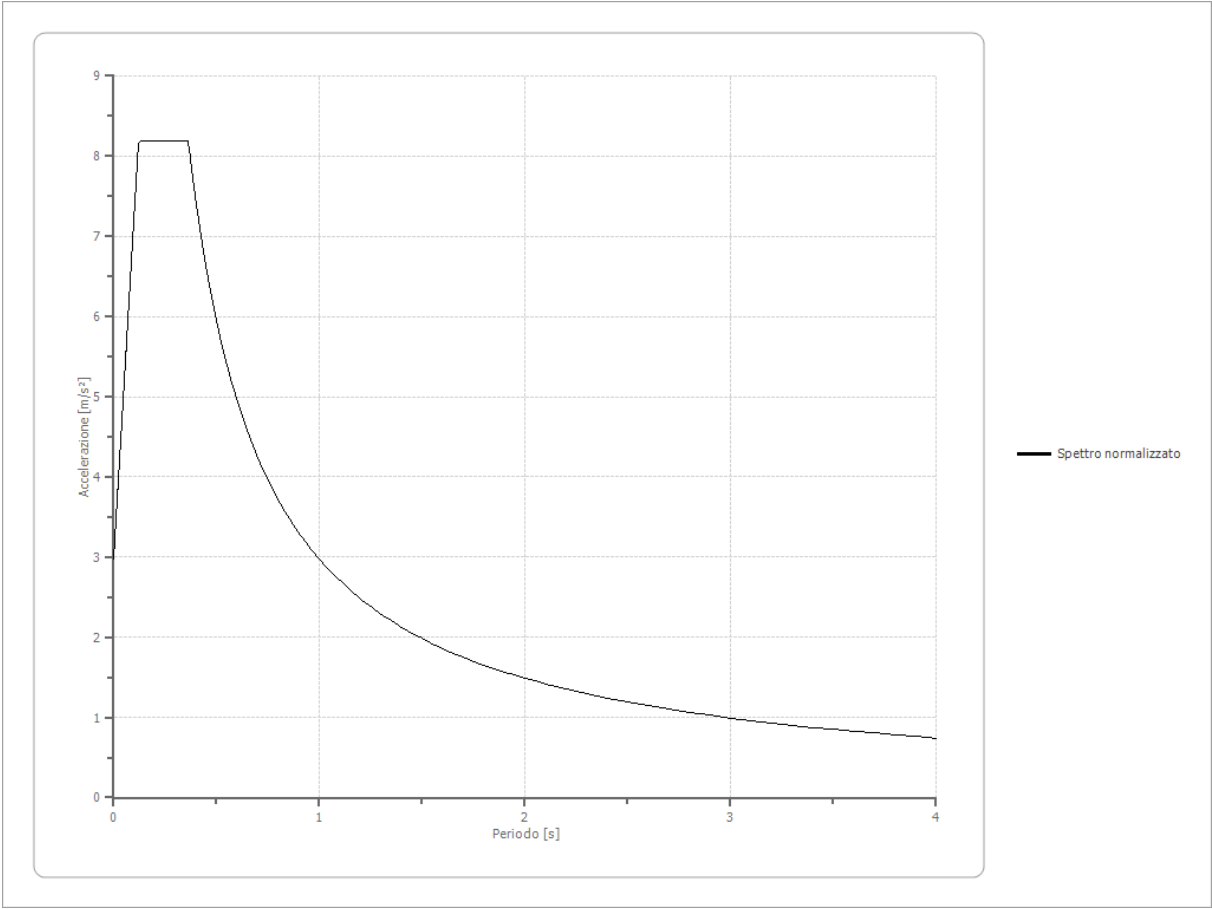
0.15	11.5543	0.41	7.4733	0.76	2.8045	1.70	0.7710	3.60	0.2844
0.16	11.3140	0.42	7.4890	0.78	2.6327	1.75	0.7494	3.70	0.2813
0.17	9.9174	0.43	7.3286	0.80	2.4769	1.80	0.7101	3.80	0.2759
0.18	8.3111	0.44	7.1180	0.82	2.3114	1.85	0.6858	3.90	0.2682
0.19	7.7361	0.45	7.0179	0.84	2.1744	1.90	0.6653	4.00	0.2596
0.20	7.4174	0.46	6.8065	0.86	2.0612	1.95	0.6437		
0.21	7.2724	0.47	6.4861	0.88	1.9660	2.00	0.6182		
0.22	7.4820	0.48	6.1578	0.90	1.9061	2.05	0.5922		
0.23	7.6621	0.49	5.7508	0.92	1.8295	2.10	0.5674		
0.24	7.8138	0.50	5.3310	0.94	1.7492	2.15	0.5586		
0.25	7.4277	0.51	5.0744	0.96	1.7074	2.20	0.5454		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	2.9793	0.26	8.1961	0.52	5.7204	0.98	3.0353	2.25	1.3221
0.01	3.4106	0.27	8.1961	0.53	5.6125	1.00	2.9746	2.30	1.2933
0.02	3.8418	0.28	8.1961	0.54	5.5085	1.05	2.8330	2.35	1.2658
0.03	4.2730	0.29	8.1961	0.55	5.4084	1.10	2.7042	2.40	1.2394
0.04	4.7042	0.30	8.1961	0.56	5.3118	1.15	2.5866	2.50	1.1898
0.05	5.1354	0.31	8.1961	0.57	5.2186	1.20	2.4788	2.60	1.1441
0.06	5.5667	0.32	8.1961	0.58	5.1286	1.25	2.3797	2.70	1.1017

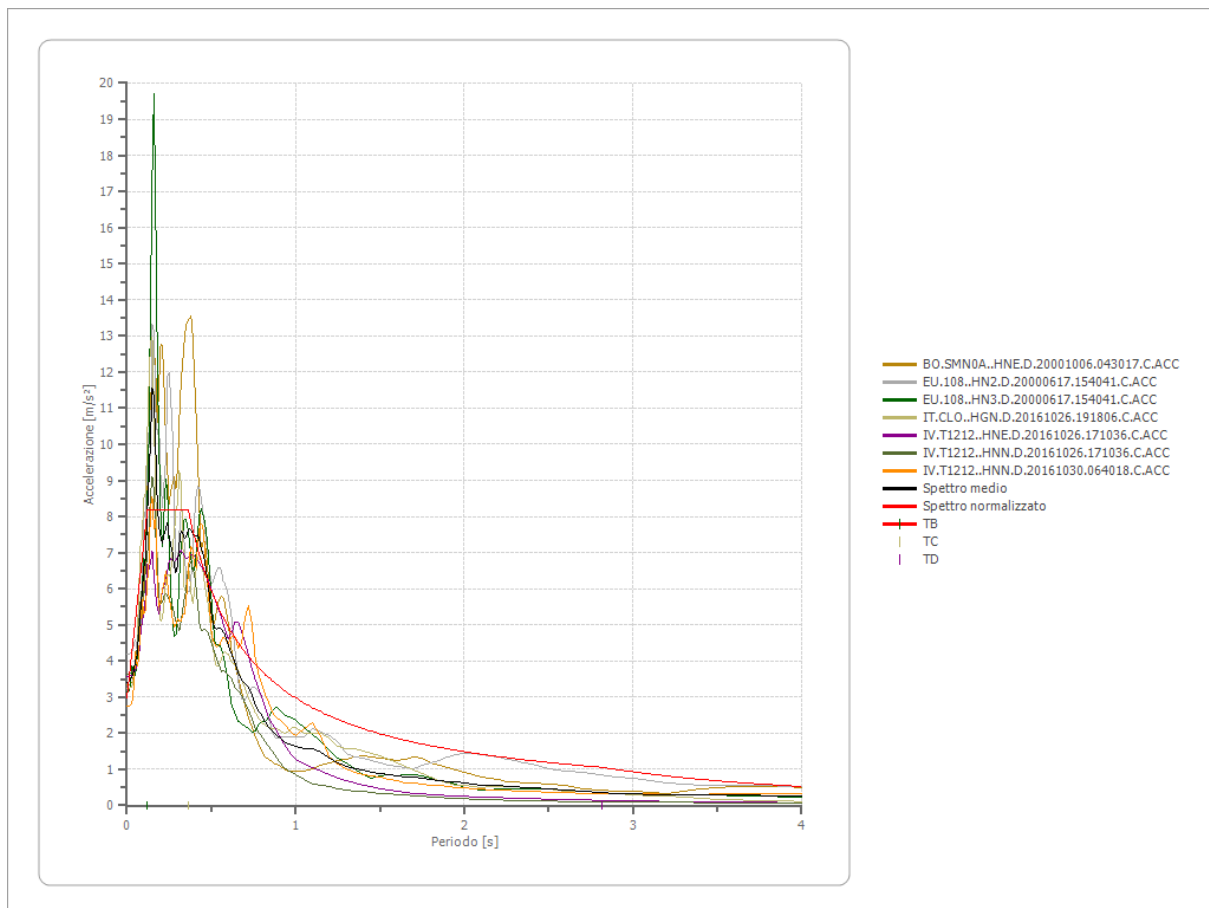
0.07	5.9979	0.33	8.1961	0.60	4.9577	1.30	2.2882	2.80	1.0624
0.08	6.4291	0.34	8.1961	0.62	4.7978	1.35	2.2034	2.90	1.0257
0.09	6.8603	0.35	8.1961	0.64	4.6478	1.40	2.1247	3.00	0.9915
0.10	7.2915	0.36	8.1961	0.66	4.5070	1.45	2.0515	3.10	0.9596
0.11	7.7228	0.37	8.0395	0.68	4.3744	1.50	1.9831	3.20	0.9296
0.12	8.1540	0.38	7.8279	0.70	4.2494	1.55	1.9191	3.30	0.9014
0.13	8.1961	0.39	7.6272	0.72	4.1314	1.60	1.8591	3.40	0.8749
0.14	8.1961	0.40	7.4365	0.74	4.0197	1.65	1.8028	3.50	0.8499
0.15	8.1961	0.41	7.2552	0.76	3.9140	1.70	1.7498	3.60	0.8263
0.16	8.1961	0.42	7.0824	0.78	3.8136	1.75	1.6998	3.70	0.8039
0.17	8.1961	0.43	6.9177	0.80	3.7183	1.80	1.6526	3.80	0.7828
0.18	8.1961	0.44	6.7605	0.82	3.6276	1.85	1.6079	3.90	0.7627
0.19	8.1961	0.45	6.6103	0.84	3.5412	1.90	1.5656	4.00	0.7437
0.20	8.1961	0.46	6.4665	0.86	3.4589	1.95	1.5254		
0.21	8.1961	0.47	6.3290	0.88	3.3802	2.00	1.4873		
0.22	8.1961	0.48	6.1971	0.90	3.3051	2.05	1.4510		
0.23	8.1961	0.49	6.0706	0.92	3.2333	2.10	1.4165		
0.24	8.1961	0.50	5.9492	0.94	3.1645	2.15	1.3835		
0.25	8.1961	0.51	5.8326	0.96	3.0986	2.20	1.3521		



### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
2.979	2.750974	--	0.121	0.363	2.815	2.979	8.196	1.642

### Confronto tra gli spettri



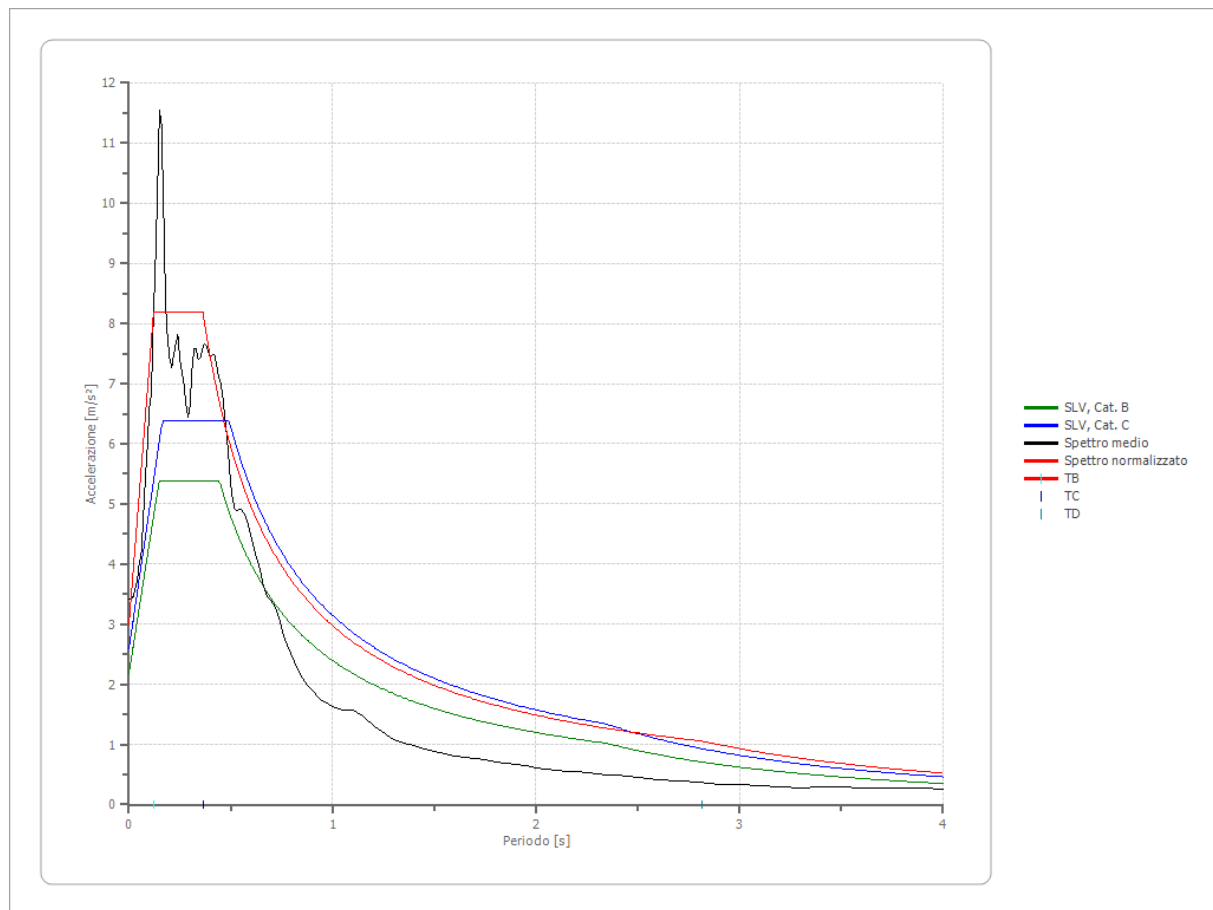
### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvagar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operativit à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvagar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.795	1.815	2.237	0.647	0.795	1.815	2.237
Fo	2.505	2.513	2.469	2.491	2.505	2.513	2.469	2.491
Tc* [s]	0.278	0.288	0.323	0.334	0.278	0.288	0.323	0.334
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.42	1.41	1.38	1.37	1.60	1.58	1.52	1.51
TB [s]	0.132	0.135	0.148	0.152	0.148	0.152	0.164	0.168
TC [s]	0.395	0.406	0.445	0.457	0.445	0.456	0.492	0.504



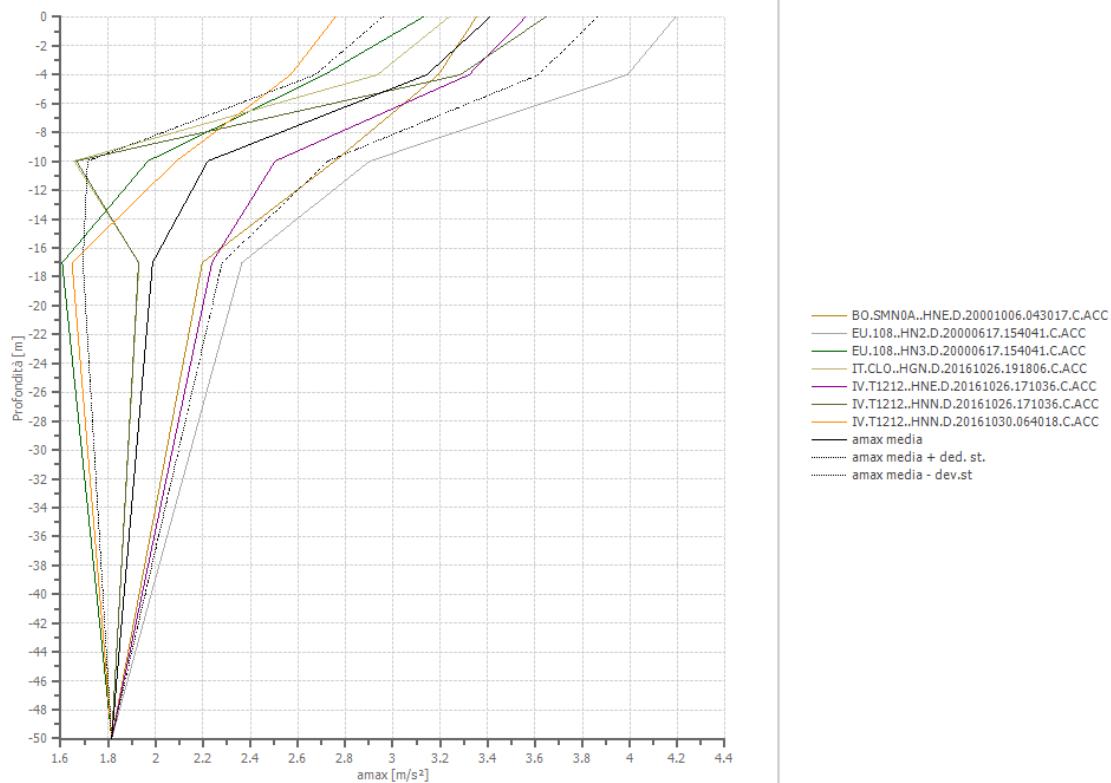
TD [s]	1.864	1.924	2.340	2.512	1.864	1.924	2.340	2.512
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.776	0.954	2.178	2.624	0.971	1.193	2.588	3.040
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.945	2.397	5.377	6.535	2.431	2.997	6.390	7.574



### Profilo a max

	0.0 [m]	4.0 [m]	10.0 [m]	17.0 [m]	50.0 [m]
BO.SMN0A..H NE.D.2000100 6.043017.C.ACC C [m/s <sup>2</sup> ]	3.352	3.192	2.757	2.197	1.815
EU.108..HN2. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	4.192	3.989	2.904	2.365	1.815
EU.108..HN3. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.128	2.711	1.968	1.606	1.815
IT.CLO..HGN. D.20161026.19 1806.C.ACC	3.237	2.935	1.656	1.931	1.815

[m/s <sup>2</sup> ]					
IV.T1212..HN E.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.560	3.322	2.504	2.237	1.815
IV.T1212..HN N.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.645	3.284	1.666	1.929	1.815
IV.T1212..HN N.D.20161030. 064018.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.758	2.570	2.088	1.648	1.815
media [m/s <sup>2</sup> ]	3.411	3.143	2.220	1.988	1.815
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.452	0.471	0.507	0.293	0.000



## SLC

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.720 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.450 [s]
Sami	5.325 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.293 [m/s]
Samo	9.856 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.585 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.851 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.999 [-]</b>
TB	0.124 [s]
TC	0.373 [s]
TD	3.071 [s]
SA(0)	3.608 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	9.856 [m/s <sup>2</sup> ]

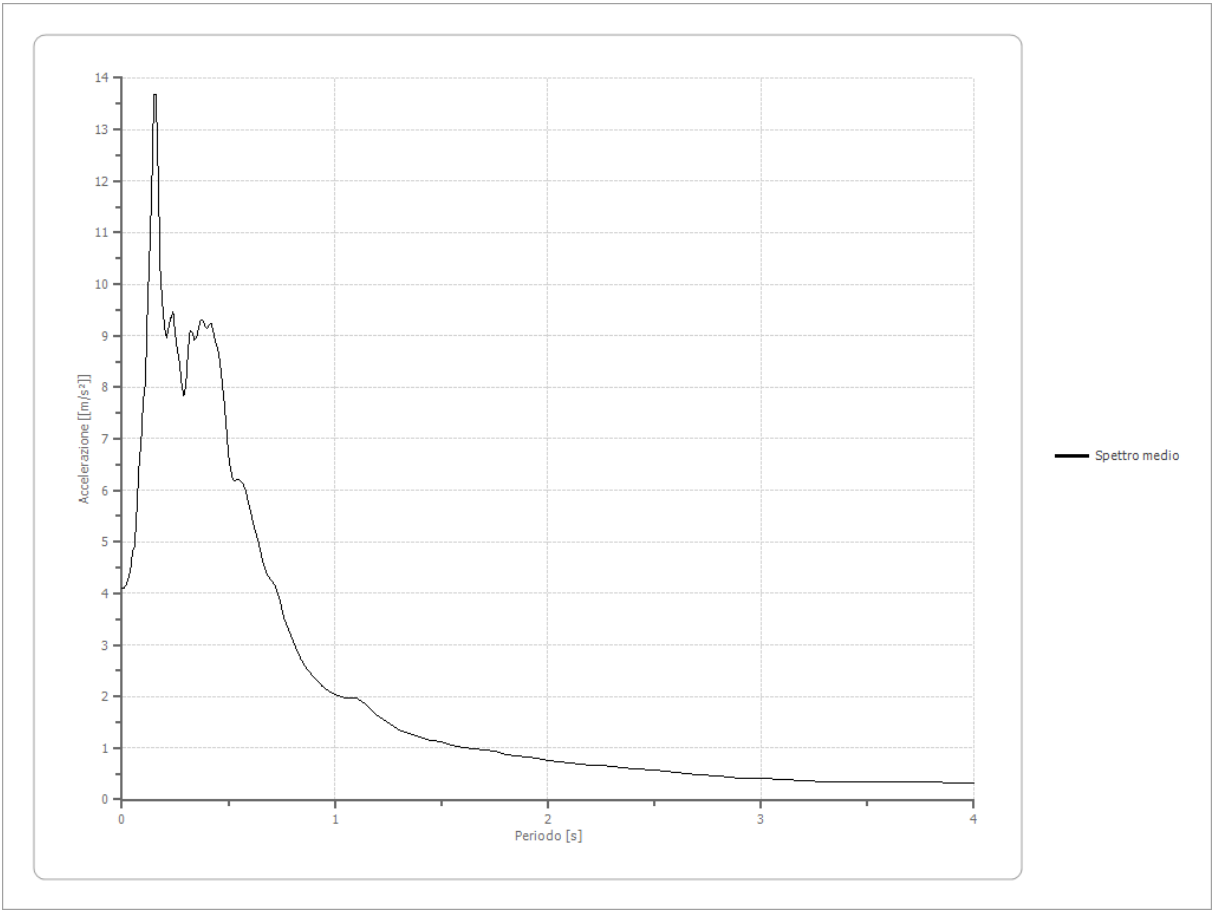
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.082	0.164	0.200	2.003
0.400	0.800	0.115	0.221	0.500	1.920
0.700	1.100	0.113	0.174	0.636	1.543

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelera zione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	4.1104	0.26	8.7368	0.52	6.2049	0.98	2.0850	2.25	0.6547
0.01	4.1105	0.27	8.4788	0.53	6.1897	1.00	2.0418	2.30	0.6397
0.02	4.1651	0.28	8.0847	0.54	6.2028	1.05	1.9662	2.35	0.6191
0.03	4.2855	0.29	7.8400	0.55	6.2002	1.10	1.9669	2.40	0.6039
0.04	4.4554	0.30	8.0394	0.56	6.1738	1.15	1.8363	2.50	0.5628
0.05	4.8029	0.31	8.7120	0.57	6.1085	1.20	1.6371	2.60	0.5224
0.06	4.9312	0.32	9.1003	0.58	5.9947	1.25	1.4880	2.70	0.4848
0.07	5.6326	0.33	9.0641	0.60	5.6507	1.30	1.3555	2.80	0.4506
0.08	6.4574	0.34	8.9033	0.62	5.2999	1.35	1.2789	2.90	0.4231
0.09	6.9414	0.35	8.9544	0.64	5.0068	1.40	1.2123	3.00	0.4018
0.10	7.7404	0.36	9.1598	0.66	4.6221	1.45	1.1494	3.10	0.3789
0.11	8.0721	0.37	9.3048	0.68	4.3653	1.50	1.1117	3.20	0.3588
0.12	9.5618	0.38	9.2938	0.70	4.2723	1.55	1.0621	3.30	0.3517
0.13	10.6042	0.39	9.1774	0.72	4.1425	1.60	1.0081	3.40	0.3516
0.14	11.8371	0.40	9.1522	0.74	3.8875	1.65	0.9773	3.50	0.3530

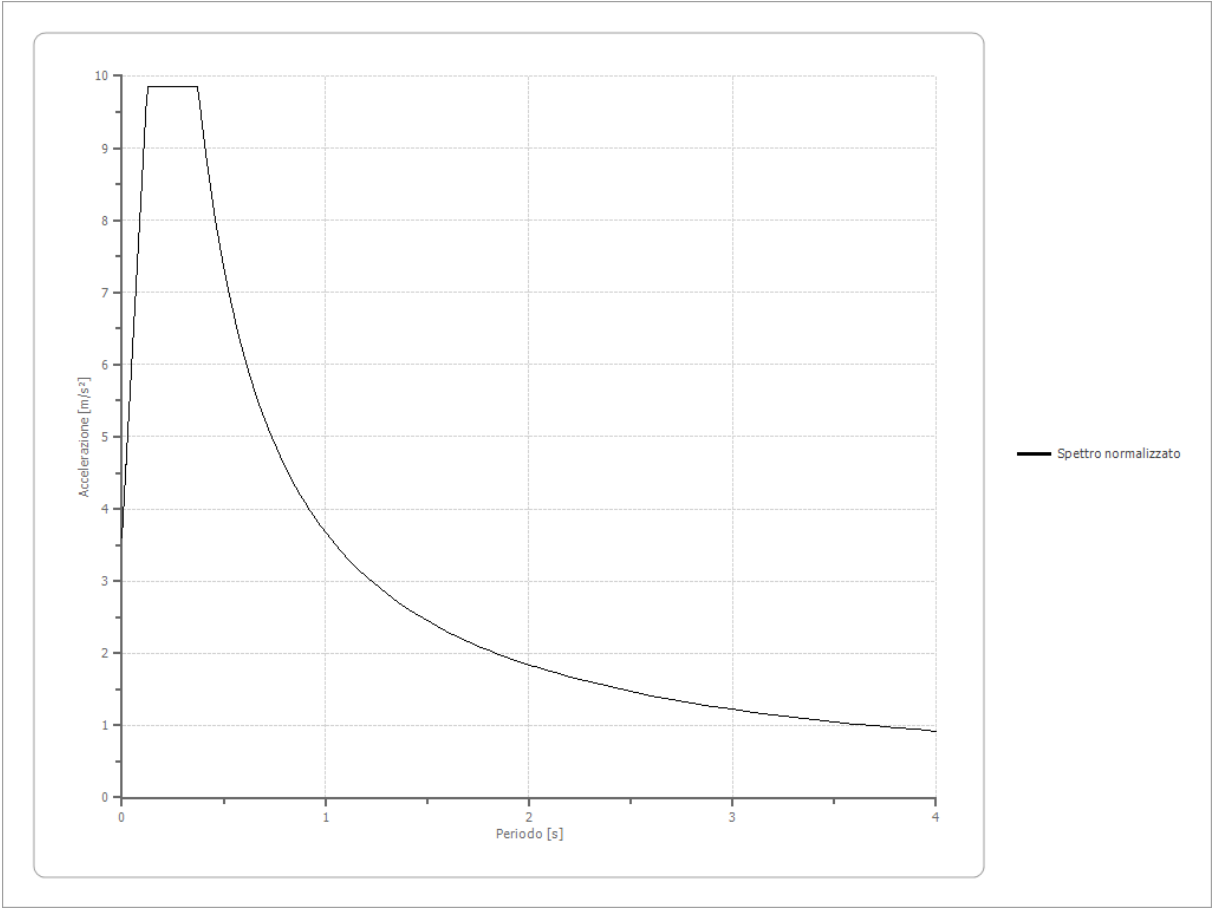
0.15	13.6897	0.41	9.2200	0.76	3.5337	1.70	0.9570	3.60	0.3505
0.16	13.6724	0.42	9.2419	0.78	3.3154	1.75	0.9292	3.70	0.3467
0.17	12.1519	0.43	9.0549	0.80	3.1208	1.80	0.8807	3.80	0.3402
0.18	10.2670	0.44	8.8622	0.82	2.9141	1.85	0.8495	3.90	0.3306
0.19	9.6179	0.45	8.7580	0.84	2.7368	1.90	0.8245	4.00	0.3200
0.20	9.1558	0.46	8.5028	0.86	2.5886	1.95	0.7969		
0.21	8.9667	0.47	8.1203	0.88	2.4642	2.00	0.7658		
0.22	9.1844	0.48	7.7130	0.90	2.3844	2.05	0.7332		
0.23	9.3502	0.49	7.2063	0.92	2.2913	2.10	0.7021		
0.24	9.4648	0.50	6.6894	0.94	2.1922	2.15	0.6910		
0.25	9.0408	0.51	6.4082	0.96	2.1353	2.20	0.6742		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	3.6082	0.26	9.8559	0.52	7.0722	0.98	3.7526	2.25	1.6345
0.01	4.1105	0.27	9.8559	0.53	6.9387	1.00	3.6775	2.30	1.5989
0.02	4.6128	0.28	9.8559	0.54	6.8102	1.05	3.5024	2.35	1.5649
0.03	5.1151	0.29	9.8559	0.55	6.6864	1.10	3.3432	2.40	1.5323
0.04	5.6174	0.30	9.8559	0.56	6.5670	1.15	3.1978	2.50	1.4710
0.05	6.1198	0.31	9.8559	0.57	6.4518	1.20	3.0646	2.60	1.4144
0.06	6.6221	0.32	9.8559	0.58	6.3406	1.25	2.9420	2.70	1.3620

0.07	7.1244	0.33	9.8559	0.60	6.1292	1.30	2.8289	2.80	1.3134
0.08	7.6267	0.34	9.8559	0.62	5.9315	1.35	2.7241	2.90	1.2681
0.09	8.1290	0.35	9.8559	0.64	5.7461	1.40	2.6268	3.00	1.2258
0.10	8.6313	0.36	9.8559	0.66	5.5720	1.45	2.5362	3.10	1.1863
0.11	9.1337	0.37	9.8559	0.68	5.4081	1.50	2.4517	3.20	1.1492
0.12	9.6360	0.38	9.6777	0.70	5.2536	1.55	2.3726	3.30	1.1144
0.13	9.8559	0.39	9.4296	0.72	5.1077	1.60	2.2985	3.40	1.0816
0.14	9.8559	0.40	9.1938	0.74	4.9696	1.65	2.2288	3.50	1.0507
0.15	9.8559	0.41	8.9696	0.76	4.8389	1.70	2.1633	3.60	1.0215
0.16	9.8559	0.42	8.7560	0.78	4.7148	1.75	2.1014	3.70	0.9939
0.17	9.8559	0.43	8.5524	0.80	4.5969	1.80	2.0431	3.80	0.9678
0.18	9.8559	0.44	8.3580	0.82	4.4848	1.85	1.9879	3.90	0.9430
0.19	9.8559	0.45	8.1723	0.84	4.3780	1.90	1.9355	4.00	0.9194
0.20	9.8559	0.46	7.9946	0.86	4.2762	1.95	1.8859		
0.21	9.8559	0.47	7.8245	0.88	4.1790	2.00	1.8388		
0.22	9.8559	0.48	7.6615	0.90	4.0861	2.05	1.7939		
0.23	9.8559	0.49	7.5052	0.92	3.9973	2.10	1.7512		
0.24	9.8559	0.50	7.3551	0.94	3.9123	2.15	1.7105		
0.25	9.8559	0.51	7.2108	0.96	3.8308	2.20	1.6716		

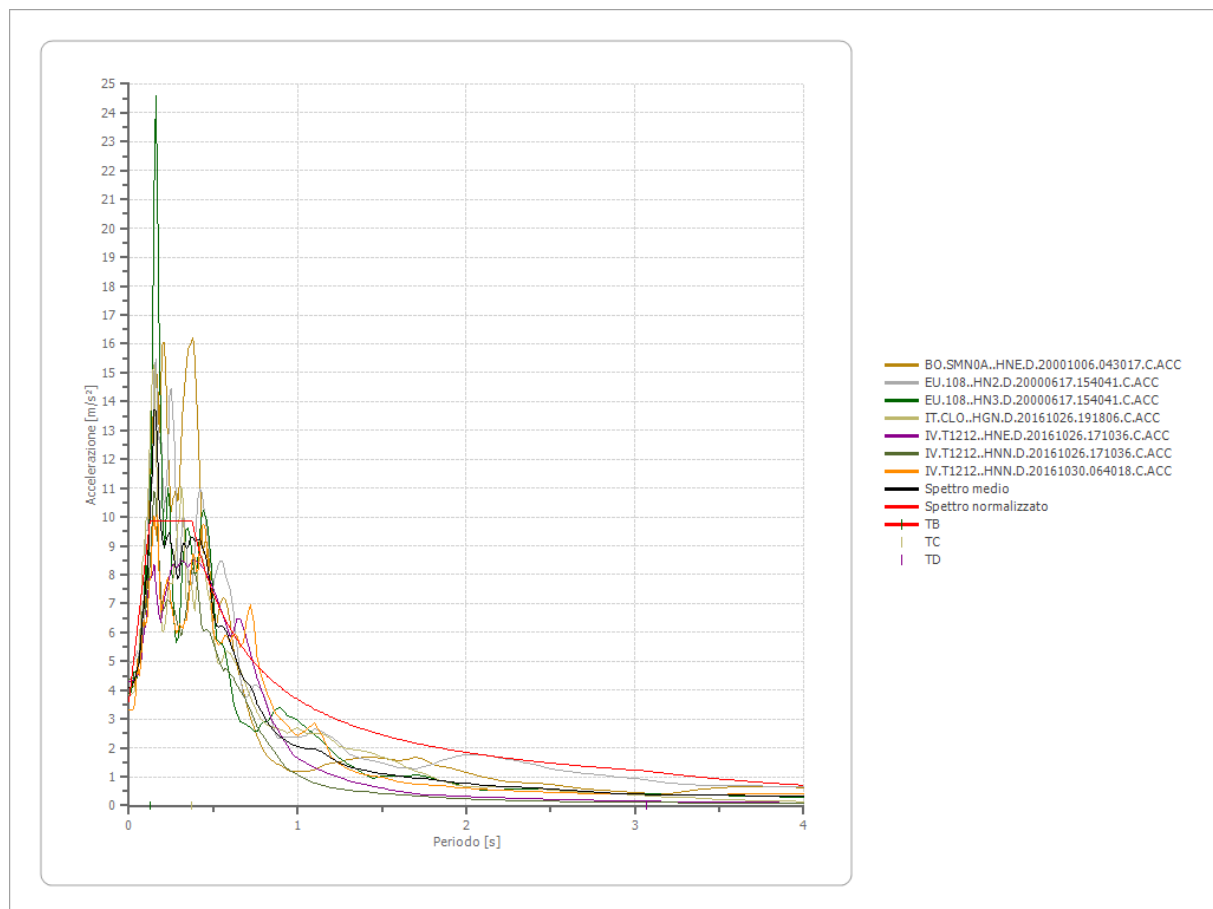


Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s²]	Se(TB) [m/s²]	S
--------------	----	-----	-----------	-----------	-----------	-----------------	------------------	---

3.608	2.731544	--	0.124	0.373	3.071	3.608	9.856	1.613
-------	----------	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

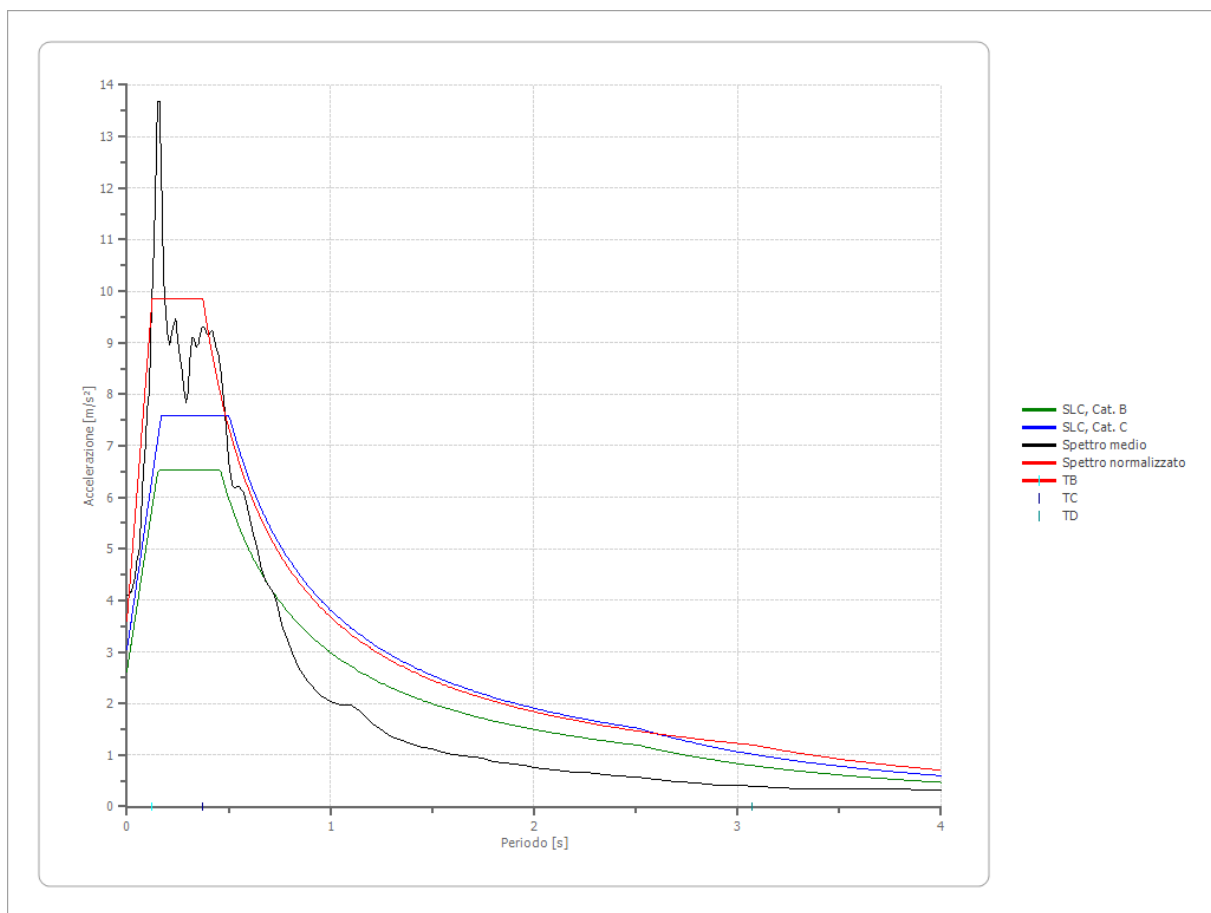
### Confronto tra gli spettri



### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

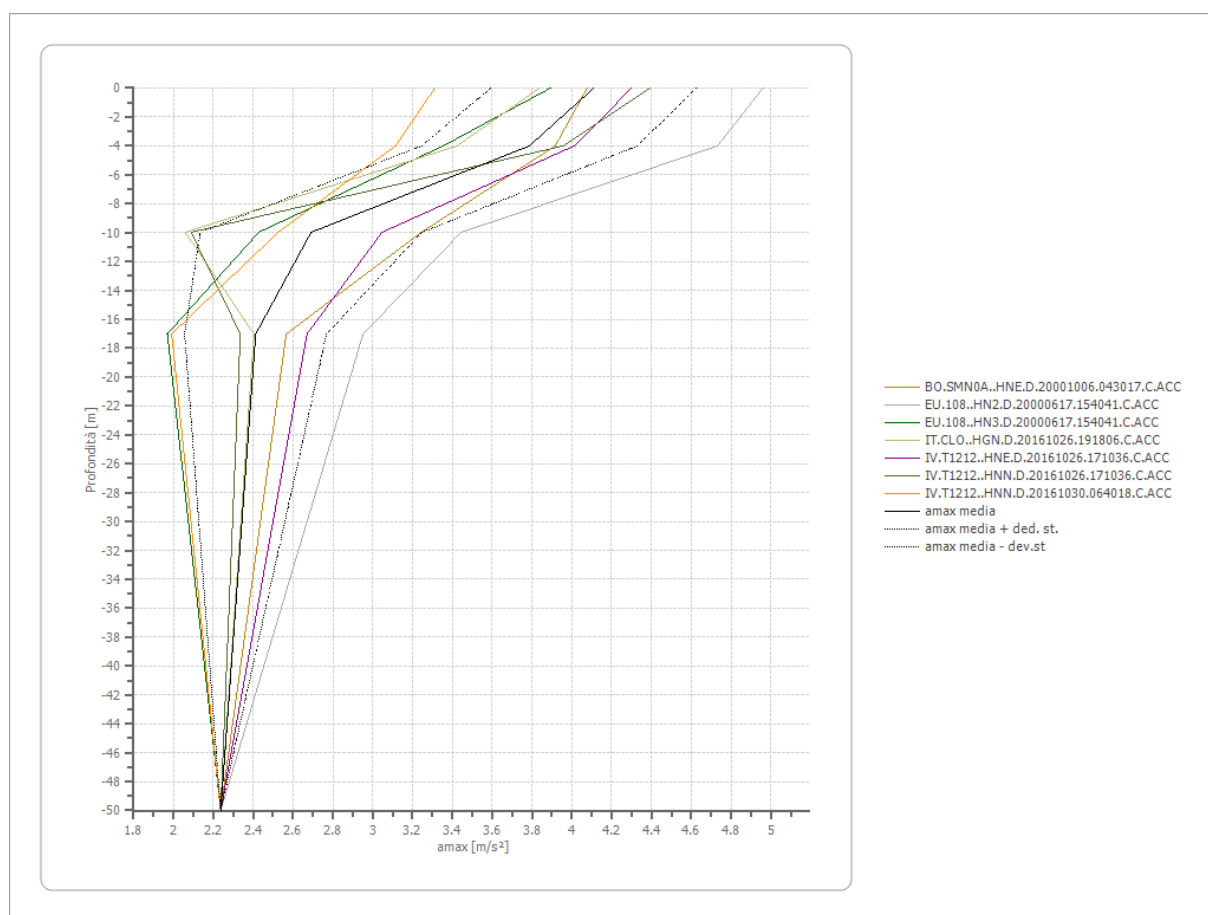
	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvagnar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operativit à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvagnar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s²]	0.647	0.795	1.815	2.237	0.647	0.795	1.815	2.237
Fo	2.505	2.513	2.469	2.491	2.505	2.513	2.469	2.491
Tc* [s]	0.278	0.288	0.323	0.334	0.278	0.288	0.323	0.334
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.42	1.41	1.38	1.37	1.60	1.58	1.52	1.51
TB [s]	0.132	0.135	0.148	0.152	0.148	0.152	0.164	0.168
TC [s]	0.395	0.406	0.445	0.457	0.445	0.456	0.492	0.504
TD [s]	1.864	1.924	2.340	2.512	1.864	1.924	2.340	2.512
Se(0) [m/s²]	0.776	0.954	2.178	2.624	0.971	1.193	2.588	3.040
Se(TB) [m/s²]	1.945	2.397	5.377	6.535	2.431	2.997	6.390	7.574



### Profilo a max

	0.0 [m]	4.0 [m]	10.0 [m]	17.0 [m]	50.0 [m]
BO.SMN0A..H NE.D.2000100 6.043017.C.ACC C [m/s²]	4.077	3.916	3.245	2.566	2.237
EU.108..HN2. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s²]	4.960	4.731	3.444	2.952	2.237
EU.108..HN3. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s²]	3.893	3.354	2.428	1.969	2.237
IT.CLO..HGN. D.20161026.19 1806.C.ACC [m/s²]	3.837	3.424	2.060	2.404	2.237
IV.T1212..HN E.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s²]	4.300	4.011	3.047	2.671	2.237

IV.T1212..HN N.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	4.394	3.956	2.089	2.336	2.237
IV.T1212..HN N.D.20161030. 064018.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.312	3.114	2.525	1.991	2.237
media [m/s <sup>2</sup> ]	4.110	3.787	2.691	2.413	2.237
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.516	0.541	0.557	0.356	0.000





## **Amplificazione litostratigrafica**

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso lo studio sismico eseguito nell'area di cui si allega il rapporto di indagine è stato possibile identificare una categoria di suolo B.

**B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)."**

## **Amplificazione topografica**

In considerazione del fatto che l'area di intervento si colloca all'interno di una pianura alluvionale si ritiene di poter attribuire al sito una categoria topografica T1 corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica  $St=1,0$

## **Verifica condizioni di liquefazione**

In considerazione delle NTC108 si ha la necessità di verificare se vi siano le condizioni di possibili rischi di liquefazione dei terreni presenti nel sottosuolo. Tali verifiche si possono omettere, perché il rischio non sussiste, qualora siano soddisfatte delle condizioni tra cui l'assenza di una falda idrica con una profondità media entro i 15 metri dal piano come avviene nel sito in esame.

## **RISCHIO IDRAULICO RISCHIO GEOLOGICO**

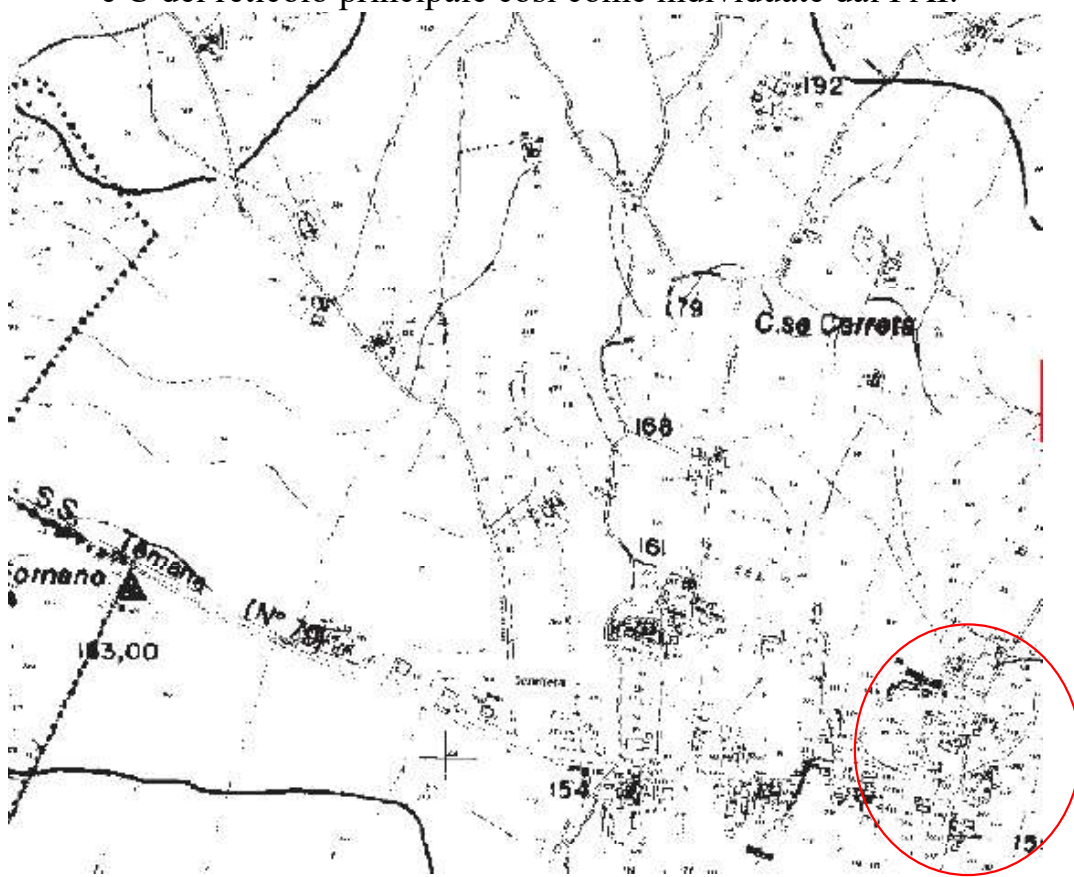
Gli studi effettuati, comprendenti anche il rilievo geologico, hanno consentito di definire l'assetto geomorfologico dell'area. L'analisi dei dati bibliografici indica che l'area in oggetto:

- **non è classificata** come area a rischio elevato e molto elevato per frana R3 e R4, così come individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) 1;
- **non ricade** all'interno di aree individuate come frana attiva o quiescente nell'inventario delle frane parte del PAI;

Dal punto di vista della pericolosità per inondabilità dei corsi d'acqua l'area:

- **non ricade** nelle aree perimetrate nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), come le aree a rischio molto elevato (R4), a rischio elevato (R3) ed a rischio

medio (R2) per inondabilità, non ricade nelle fasce di esondazione di tipo A, B e C del reticolo principale così come individuate dal PAI.



Stralcio IFFI

## CONSIDERAZIONI TECNICHE

Il progetto prevede la realizzazione di un asilo nido al sopralluogo di campagna nella presenza di un primo strato di materiale di riporto costipato presumibilmente derivante dalla sistemazione del rilevato e del sottopasso della linea di superficie presente a ridosso dell'area oggetto di studio.

Tale materiale seppur costipato per i primi 60 centimetri è comunque soggetto alla disgregazione data dalla vegetazione spontanea e quindi di scarsa qualità.

Di seguito si riassumono i dati geotecnici elaborati dalle prove.

***Livello "A" (da 0,00 a -2.00m dal p.d.c.) – materiale detritico di riporto***

peso di volume (T/mc)	<b>g</b> = 1.85
Angolo d'attrito	<b>f</b> = 22°
Coesione	Cu = 0.5 Kg/cm <sup>2</sup>

***Livello "B" (da 2.00 m a 5.00 m) – materiale detritico sciolto***

peso di volume (T/mc)	<b>g</b> = 1.95
Angolo d'attrito	<b>f</b> = 33°
Coesione	cu = 0.0 Kg/cm <sup>2</sup>

***Livello "C" (da 5.00 m a 12.00 m) – Sabbie limose con inclusi conglomeratici***

peso di volume (T/mc)	<b>g</b> = 1.85
Angolo d'attrito	<b>f</b> = 25°
Coesione	cu = 0.5 Kg/cm <sup>2</sup>

***Livello "D" (da 12.00 m a 27.00 m) – Materiale detritico compatto***

peso di volume (T/mc)	<b>g</b> = 1.85
Angolo d'attrito	<b>f</b> = 28°
Coesione	cu = 0.4 Kg/cm <sup>2</sup>

***Livello "E" (da 27.00 m a 30.00 m) – Materiale detritico in matrice sabbioso limosa***

peso di volume (T/mc)	<b>g</b> = 1.85
Angolo d'attrito	<b>f</b> = 28°
Coesione	cu = 0.4 Kg/cm <sup>2</sup>

Si rimanda al progettista la scelta della tipologia fondale da adottare in virtù dei carichi di progetto tenendo conto comunque del materiale presente nel primo strato fino alla profondità di due metri.

Si rimanda altresì al progettista il calcolo dei cedimenti a breve e lungo termine..

## CONCLUSIONI

Dalle osservazioni compiute sul posto si può dedurre che dal punto di vista geologico e geomorfologico non esistono impedimenti fisici alla fattibilità dell'opera in quanto, data la posizione topografica e la composizione del substrato, il sito in studio **non è interessato da episodi franosi in evoluzione o da fenomeni erosivi particolarmente intensi** :

infine:

La profondità della falda è tale da non interferire con il piano fondale.

L'area non è a rischio esondazione.

**Qualora durante l'esecuzione dei lavori si venisse a conoscenza di nuovi dati non conformi a quanto esposto nella presente relazione, dovrà essere opportunamente valutata l'ipotesi di eventuali modifiche del progetto in corso d'opera.**

**Si tenga presente che la tipologia l'ampiezza dell'indagine e le relative considerazioni sono strettamente subordinate al tipo e alle dimensioni del manufatto in progetto, e pertanto non devono essere generalizzate per interventi di altra natura.**

Acquasparta, Marzo 2023.-

Dott. Geologo Stefano Liti





## Stralcio Carta Geologica

### LEGENDA

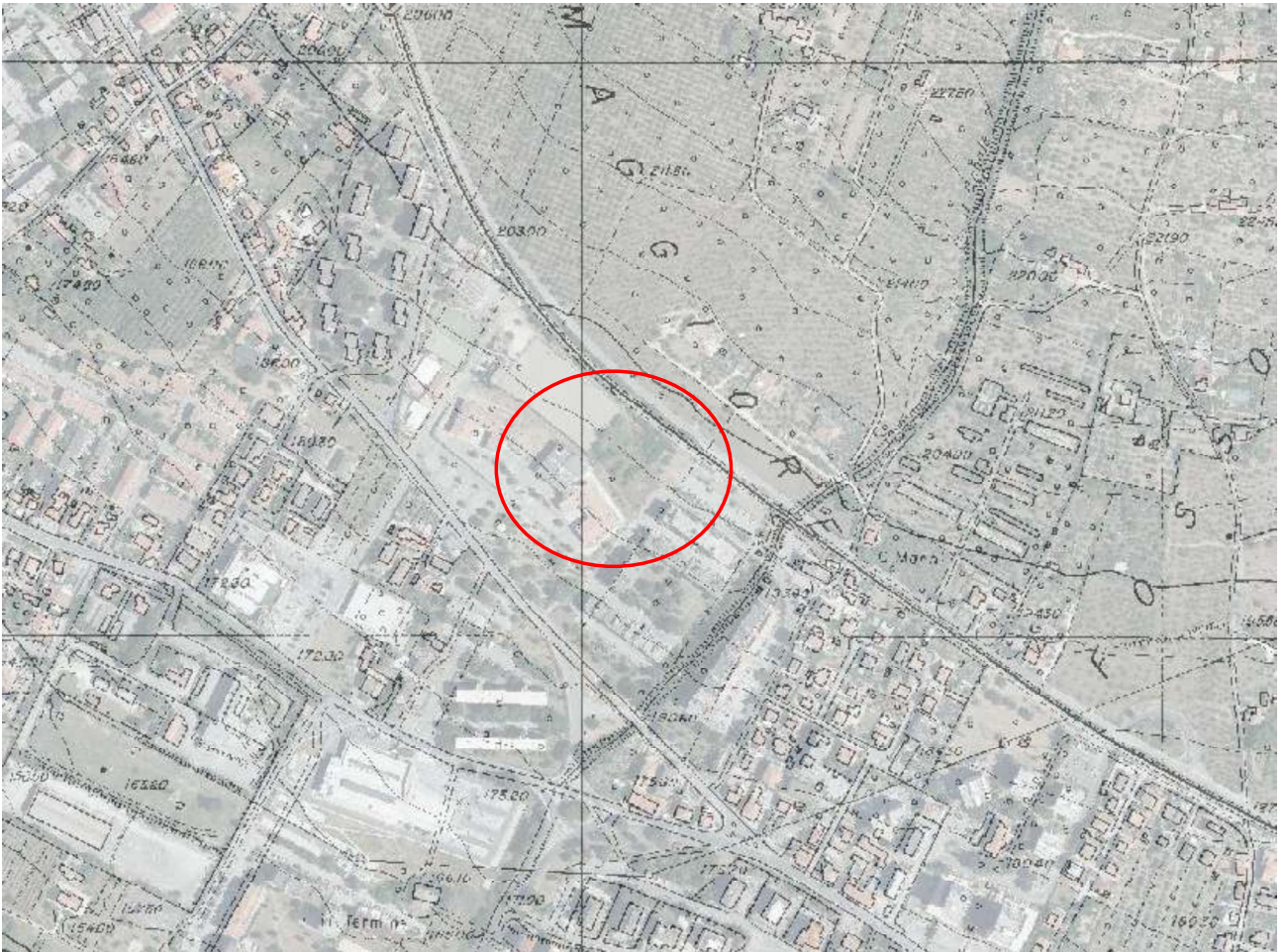
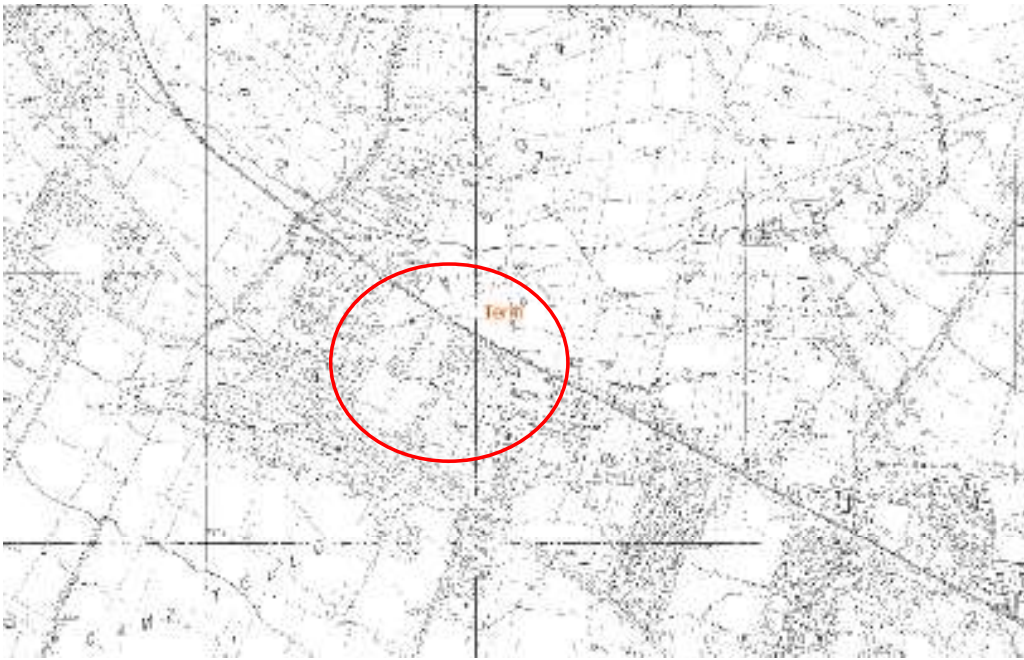
#### ELEMENTI GEOLOGICI

	<b>ant</b>	Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)
	<b>col</b>	Depositi eluvio-Colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa e/o per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)
	<b>ter</b>	Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, talora frammistiti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)
	<b>aA</b>	<b>Alluvioni:</b> Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi di ghiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie
	<b>aB</b>	(aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)
	<b>ale</b>	(aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)
		(ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia né la dinamica attuale (Pleistocene)
	<b>dpl</b>	Depositi palustri: Depositi argillosi e limosi con presenza di torbe (Pleistocene-Olocene)
	<b>dra</b>	<b>Detriti di versante</b> Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più in accumuli massivi o grossolanamente stratificati
	<b>drr</b>	(dra) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)
	<b>dran</b>	(drr) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)
		(dran) Depositi non in rapporto con la morfologia attuale (Pleistocene)
	<b>tr</b>	<b>Travertini</b> (tr) Travertini terrosi: sabbie e limi calcarei, travertini terrosi
	<b>tr1</b>	(tr1) Travertini litoidi: travertini litoidi in giacitura massiva o grossolanamente stratificati (Pleistocene-Olocene)
	<b>LAC</b>	<b>Ghiaie e Conglomerati</b> Ghiaie e conglomerati di origine lacustre, talvolta in matrice sabbiosa, a clasti calcarei mediamente evoluti, localmente con evidenti embriociture; (Pleistocene inf-Pleistocene medio)









**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**LOCALITA': CAMPOMAGGIORE - TERNI**

**COMMITTENTE: GEOL. STEFANO LITI**

**ANALISI SISMICA DOWN-HOLE**

**Data: FEBBRAIO 2023**



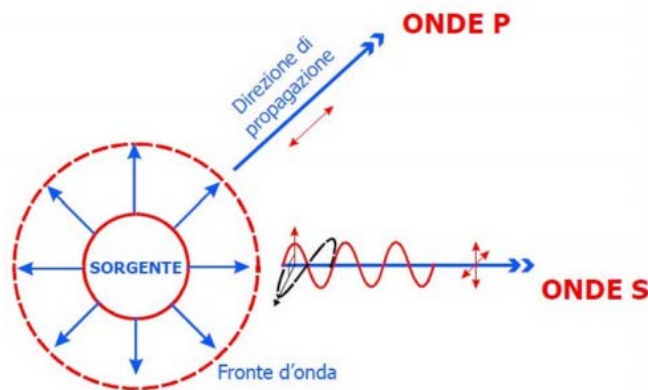
## **PREMESSA**

Nel mese di FEBBRAIO 2023, è stata eseguita un'indagine geofisica in foro di tipo *down-hole* all'interno del territorio del Comune di Terni.

Le indagini sono consistite nell'esecuzione della prova geofisica in foro di 30 m attraverso l'utilizzo di un geofono a tre componenti. Come sorgente di energia una mazza di battuta. L'acquisizione di dati è stata effettuata utilizzando il Sismografo 16S24U della P.A.S.I. s.r.l. di Torino, e la successiva elaborazione dei dati è avvenuta mediante il software Intersism, della Geo&Soft International.

## **NOTE TEORICHE SULLA SISMICA A RIFRAZIONE**

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde di volume nei corpi solidi, utilizzando per l'energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva. Quando le onde sismiche si propagano all'interno di un mezzo infinitamente esteso (sorgente interna al mezzo) si definiscono onde di volume e si propagano secondo fronti d'onda sferici, secondo l'immagine mostrata in figura 1.



**Figura 1: propagazione delle onde di volume**

Esistono due tipologie di onde di volume:

- Onde P: onde longitudinali, o *prime*;
- Onde S: onde trasversali, o *secondarie*.

Le onde longitudinali sono caratterizzate da una velocità maggiore delle onde trasversali, secondo la relazione:

$$V_p = V_s \sqrt{\frac{1 - \nu}{0.5 - \nu}}$$

Dove  $\nu$  è il coefficiente di Poisson, definito come la deformazione trasversale risultante dall'applicazione di uno stress assiale.

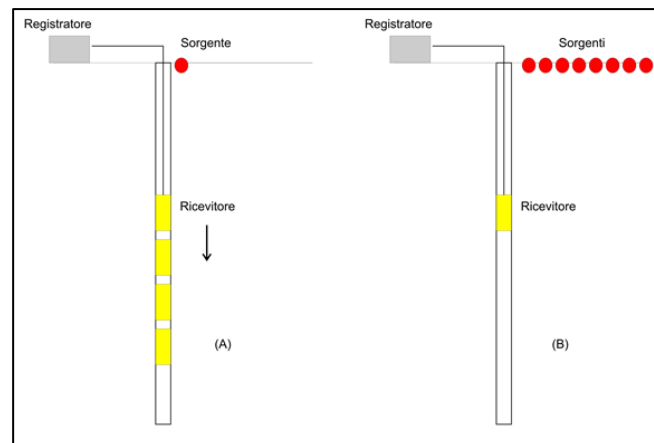
Le onde sismiche viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

A solo titolo indicativo sono di seguito elencati alcuni valori medi di velocità delle onde di compressione  $V_p$  e trasversali  $V_s$  in diversi litotipi:

LITOTIPO	$V_p$ (m/s)
Strato aerato superficiale	300 – 800
Sabbia asciutta	500 – 1000
Sabbia umida	600 – 1800
Acqua	1500 (valore medio)
Calcare	3500 - 5000
Arenaria	2500 - 4500
Graniti	4000 – 6000
Lave	2500 – 4000

Tipo di terreno	$V_p$ [m/s]	$V_s$ [m/s]
Argilla satura	1500	100 ÷ 250
Sabbia fine e media	300 ÷ 500	120 ÷ 200
Sabbia densa	400 ÷ 600	200 ÷ 400
Ghiaia	500 ÷ 750	300 ÷ 600
Arenaria	1500 ÷ 4500	700 ÷ 1500
Marna	1500 ÷ 4500	600 ÷ 1500

Nella tecnica di indagine Down-Hole, (DH), si installa in superficie una sorgente ad impulsi verticali e/o orizzontali e nel foro di misura con uno o più ricevitori a distanza nota ed opportunamente orientati, il tempo di arrivo delle varie fasi P od S mediante diverse tecniche di analisi (figura 2).



**Figura 2 – Schema di acquisizione nell'indagine down-hole**

L'impulso alla sorgente produce lungo la direzione di propagazione verticale prevalentemente onde longitudinali P se la battuta è effettuata verticalmente sulla piastra mentre produce impulsi prevalentemente orizzontali e quindi onde di taglio polarizzate orizzontalmente (le cosiddette onde SH) se vengono effettuate battute parallele al terreno di superficie. L'arrivo è registrato dai geofoni, alle diverse profondità in cui sono posizionati. I geofoni vengono bloccati nel foro mediante sistemi ad aria compressa o idraulici.

La velocità delle onde P, ovvero il rapporto tra il tempo di arrivo delle onde al geofono e la distanza di che separa la sorgente dal ricevitore, si rileva mediante il picking del primo arrivo. La misurazione dei tempi di arrivo delle onde P è relativamente semplice; per le onde di taglio (SH), invece, la situazione è abbastanza diversa in quanto essendo più lente delle onde di compressione P, la loro rilevazione deve essere fatta mediante l'ausilio di procedure che prevedono già dalla fase di acquisizione particolari accorgimenti.

Le procedure di interpretazione convenzionali permettono di determinare la velocità delle onde di taglio Vs dalla conoscenza della lunghezza e del tempo di percorrenza del percorso sorgente-ricevitore o del percorso tra coppie di ricevitori. In generale, le onde di taglio viaggiano attraverso strati di terreno di diversa rigidità. Il tempo di viaggio misurato è quello necessario per attraversare l'insieme dei diversi strati, ognuno caratterizzato dalla propria velocità di propagazione.

A rigore anche la lunghezza del percorso di propagazione è influenzata dalla presenza di strati con rigidità diversa.

## **SCHEMA DELLA PROVA**

L'esecuzione della prova è stata preceduta dalla preparazione della piazzola per l'energizzazione in onde P ed in onde SH.

La trave (appoggiata e non ancorata al terreno), posta ortogonalmente rispetto ai raggi di uscita dal centro foro e ad una distanza di 4.00 m dalla bocca del foro stesso.

Per l'energizzazione in onde P, viene posizionata una piastra metallica al suolo con lo stesso offset delle due battute orizzontali. Tale piastra viene percossa, con impatto verticale, utilizzando un martello pesante.

Per la generazione di onde S (SH), viene battuto con energizzatore sismico sul lato verticale all'estremità della trave appoggiata al suolo e non ancorata.

Viene calato il geofono all'interno del foro, ad intervalli di profondità noti e, ad ogni profondità, sono state registrate le onde sismiche prodotte dalle energizzazioni in onde P ed SH (queste ultime effettuate in due direzioni ortogonali tra loro).

Con la determinazione dei tempi di arrivo delle onde P ed S, e conoscendo la distanza tra i sistemi di energizzazione ed il foro e della profondità del geofono triassiale, è stato possibile ricavare le velocità delle onde sismiche P ed SH entro i primi 30 m dal p.c., ed è stato quindi valutato il parametro  $V_{s_{eq}}$  come media dei valori riscontrati in direzione x e in direzione y ed individuata una classe di suolo (come prescritto dalle N.T.C. 2018).

## **RIEPILOGO E SINTESI DEI RISULTATI**

### **APPARECCHIATURA UTILIZZATA**

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

### **DATI TECNICI**

Ambito indagine: **INDAGINI GEOFISICHE DI SISMICA ATTIVA**

Tipo di indagini: Down Hole con sensore 3D

**Località:** **SCUOLA CAMPOMAGGIORE – TERNI**

Strumentazione: Acquisitore PASI mod. 16S24U (dinamica 24 bit)

Descrizione prova: Acquisizione sia in onde P che in onde SH. Tre letture ogni 1 m. Geofono da foro a tre componenti con sensori 4.5 Hz e sistema di ancoraggio a trasduttore elettrico controllato da centralina in superficie.

L'interpretazione dei dati mediante l'analisi della stratigrafia di sondaggio e tramite l'esame delle dromocrone ha permesso di individuare la seguente successione di strati (seguono sezioni esplicative):

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>S<sub>med</sub></sub> (m/s)	Poisson (-)
<b>1</b>	<b>4</b>	<b>563</b>	<b>304</b>	<b>0.24</b>
<b>2</b>	<b>10</b>	<b>1011</b>	<b>347</b>	<b>0.40</b>
<b>3</b>	<b>17</b>	<b>1527</b>	<b>500</b>	<b>0.41</b>
<b>4</b>	<b>30</b>	<b>1665</b>	<b>560</b>	<b>0.41</b>

$$\underline{\underline{VS_{eq} \text{ (m/s)} = 443}}$$

**Cat. Sottosuolo: "B"**

La categoria di sottosuolo risultante è riferita al piano attuale di campagna.

# DOWN-HOLE SEISMIC ANALYSIS

## DISTANCE OF THE SHOT FROM THE TOP OF THE BOREHOLE

Distance = 4.00 [m]

## FIRST ARRIVAL TIMES

N° Geop.	Depth [m]	P waves [ms]	S waves (X) [ms]	S waves (Y) [ms]	P waves (corrected) [ms]	S waves (X) (corrected) [ms]	S waves (Y) (corrected) [ms]
1	1.00	6.64	8.85	8.94	1.61	2.15	2.17
2	2.00	7.68	12.39	12.50	3.43	5.54	5.59
3	3.00	8.71	16.14	15.97	5.23	9.69	9.58
4	4.00	9.88	18.64	18.47	6.98	13.18	13.06
5	5.00	10.57	20.93	21.06	8.25	16.35	16.45
6	6.00	11.13	23.33	23.18	9.26	19.41	19.29
7	7.00	11.78	25.83	25.30	10.22	22.42	21.96
8	8.00	12.68	28.22	28.08	11.34	25.24	25.12
9	9.00	13.16	30.72	30.30	12.02	28.07	27.69
10	10.00	13.85	32.39	32.32	12.86	30.07	30.00
11	11.00	14.58	34.47	34.24	13.70	32.40	32.18
12	12.00	15.14	36.14	35.87	14.36	34.28	34.03
13	13.00	15.70	38.43	38.38	15.01	36.73	36.68
14	14.00	16.35	39.89	40.11	15.72	38.35	38.56
15	15.00	16.78	41.66	41.74	16.21	40.25	40.33
16	16.00	17.60	43.74	43.76	17.07	42.43	42.45
17	17.00	17.99	45.62	45.40	17.51	44.40	44.19
18	18.00	18.50	47.18	47.22	18.06	46.05	46.10
19	19.00	19.06	49.16	49.15	18.65	48.10	48.09
20	20.00	19.68	50.61	50.69	19.30	49.63	49.70
21	21.00	20.47	52.59	52.61	20.11	51.66	51.68

22	22.00	21.06	54.47	54.44	20.72	53.59	53.56
23	23.00	21.77	56.34	56.07	21.45	55.51	55.24
24	24.00	22.51	58.01	58.09	22.21	57.22	57.30
25	25.00	22.98	59.13	59.53	22.70	58.38	58.79
26	26.00	23.54	61.55	61.07	23.26	60.83	60.36
27	27.00	23.89	63.42	63.07	23.63	62.74	62.39
28	28.00	24.40	64.88	65.09	24.15	64.23	64.44
29	29.00	24.86	66.24	66.37	24.63	65.62	65.75
30	30.00	25.28	67.49	67.58	25.06	66.89	66.99

#### P WAVE VELOCITY

Layer	Depth [m]	Velocity [m/s]
1	4	563
2	10	1011
3	17	1527
4	30	1665

#### SX WAVES PARAMETERS

Layer	Depth [m]	Velocity [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	303	0.24	183618	455372	291905
2	10	346	0.40	239432	670409	1117348
3	17	502	0.41	504008	1421302	2632040
4	30	561	0.40	629442	1762437	2937395



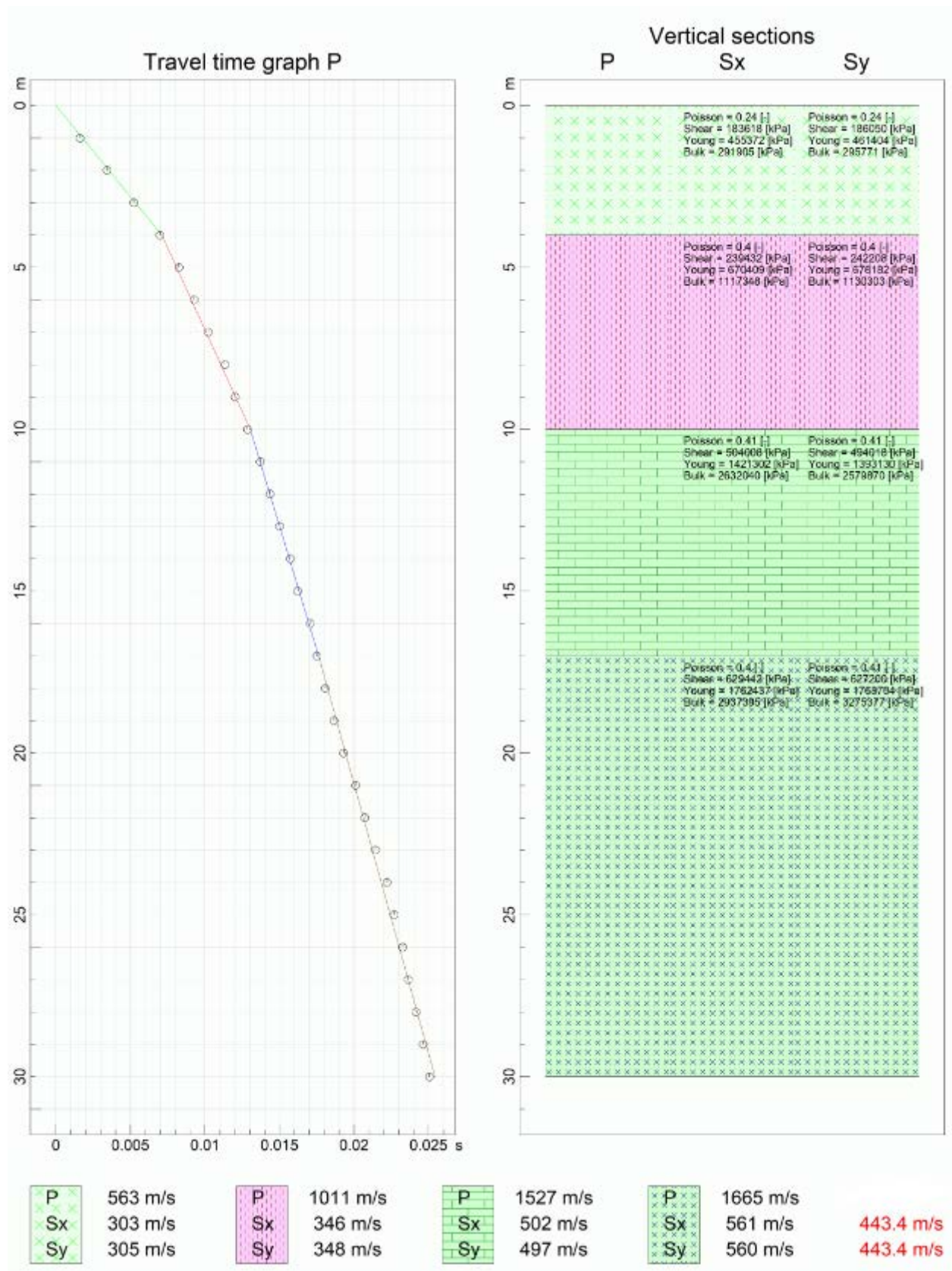
# SY WAVES PARAMETERS

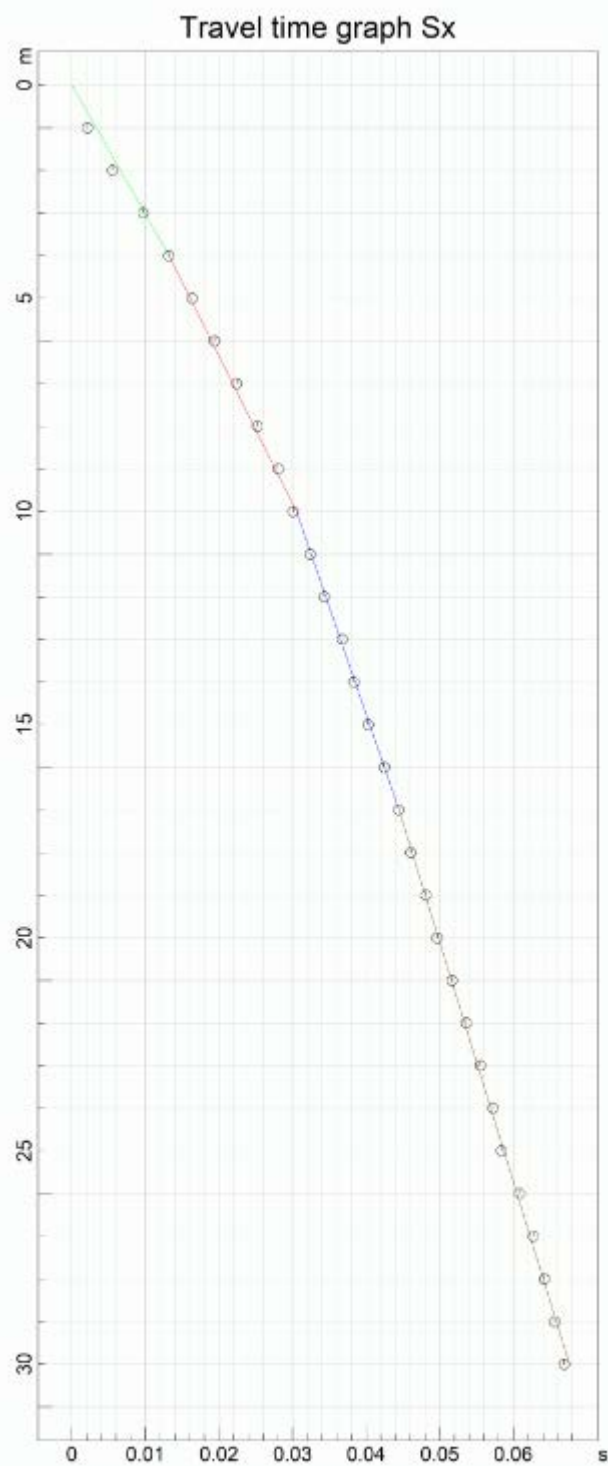
Layer	Depth [m]	Velocity [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	305	0.24	186050	461403	295771
2	10	348	0.40	242208	678182	1130303
3	17	497	0.41	494018	1393130	2579870
4	30	560	0.41	627200	1768703	3275375

# AVERAGE VELOCITY VSEQ

Geophone	VSEQ [m/s]
horizontal Sx	443.4
horizontal Sy	443.4

ALLEGATI





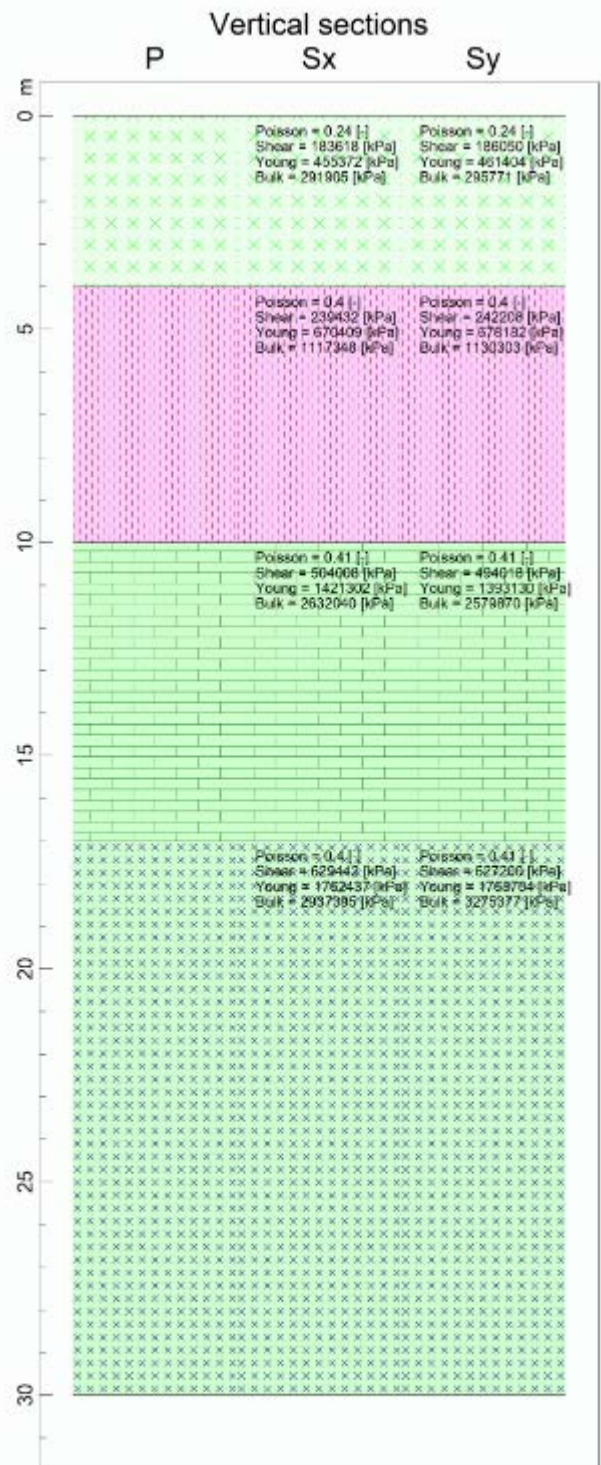
P	563 m/s
Sx	303 m/s
Sy	305 m/s

P	1011 m/s
Sx	346 m/s
Sy	348 m/s

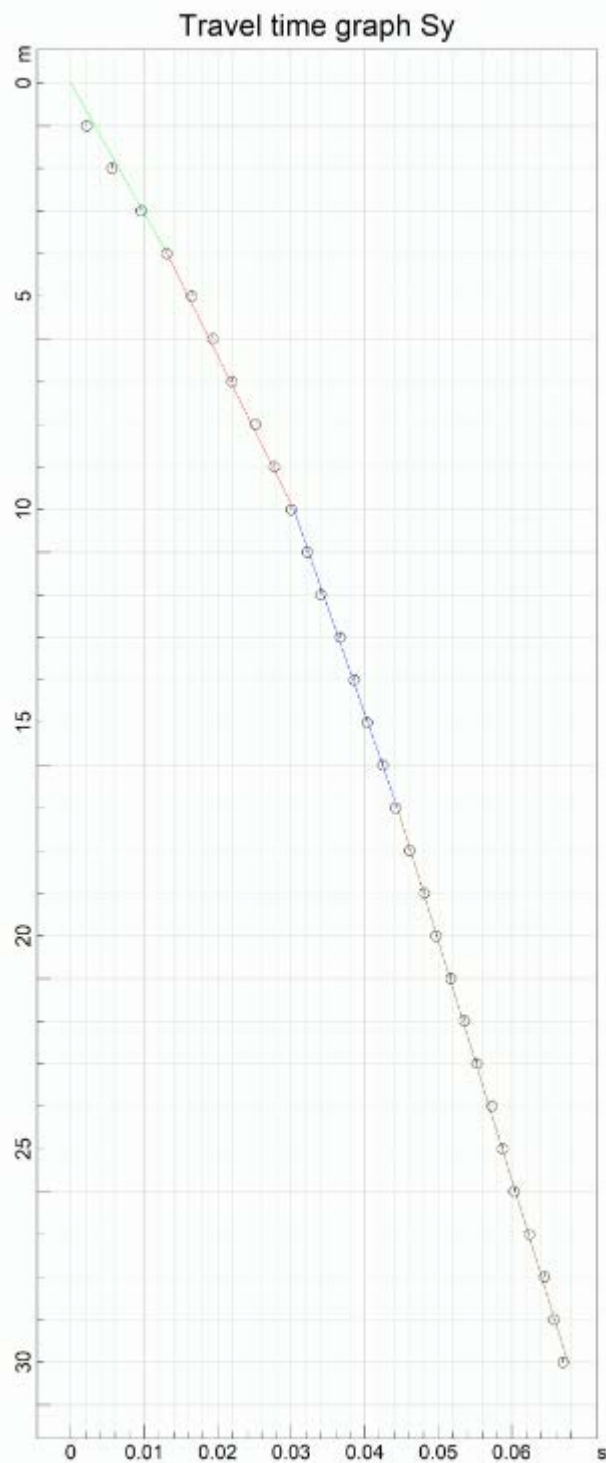
P	1527 m/s
Sx	502 m/s
Sy	497 m/s

P	1665 m/s
Sx	561 m/s
Sy	560 m/s

443.4 m/s  
443.4 m/s



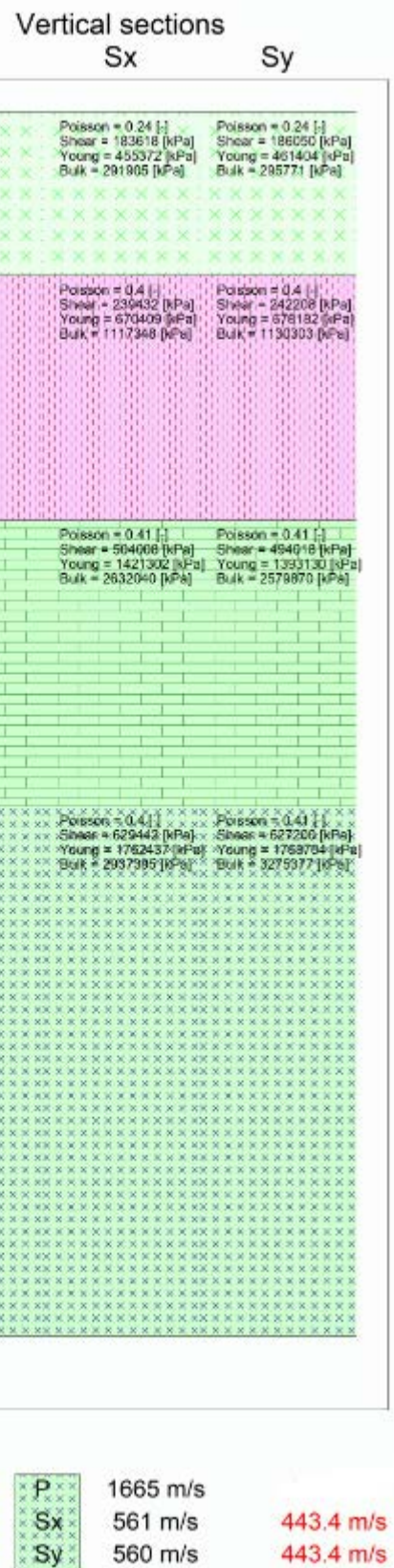


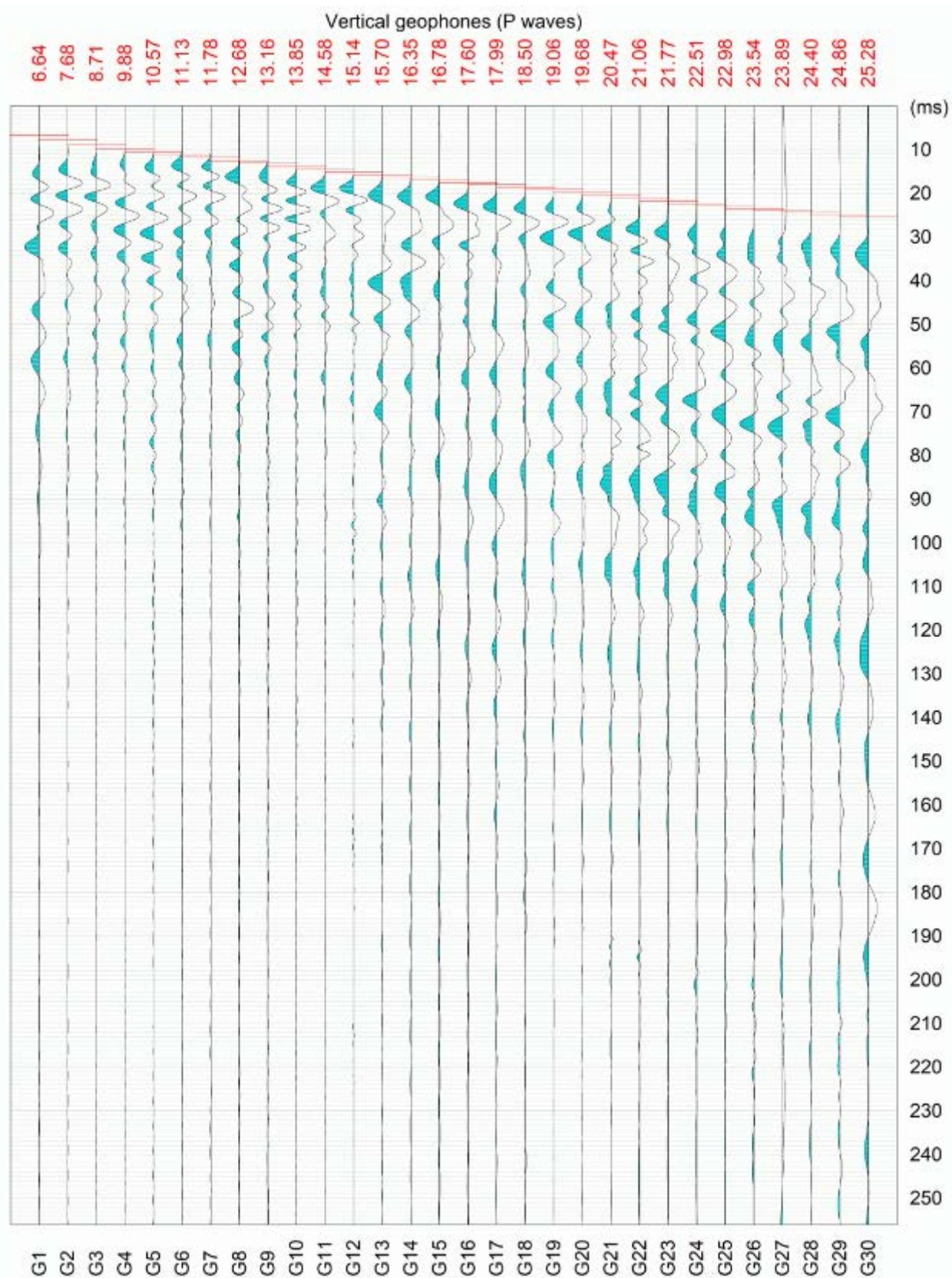


P	563 m/s
Sx	303 m/s
Sy	305 m/s

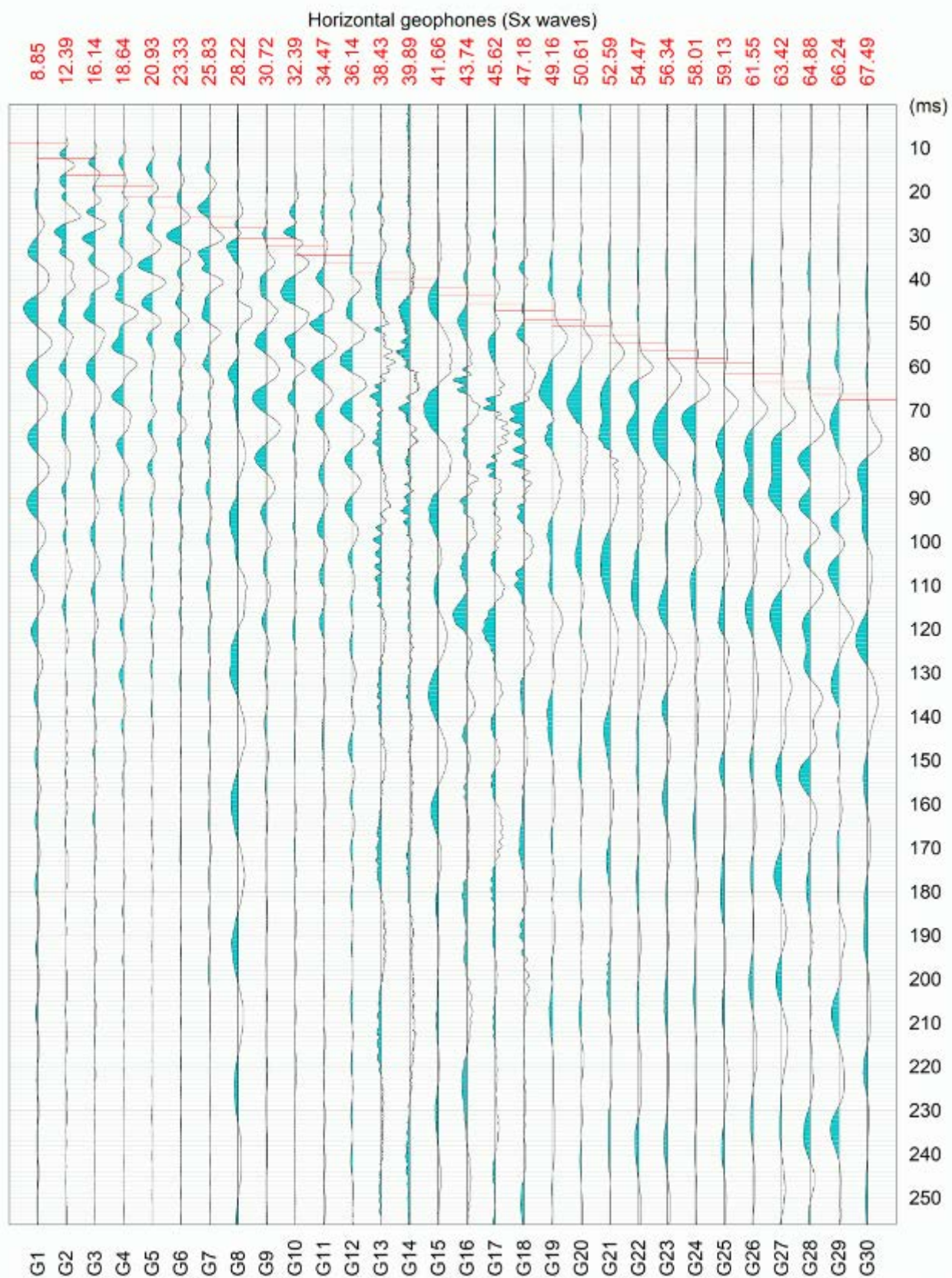
P	1011 m/s
Sx	346 m/s
Sy	348 m/s

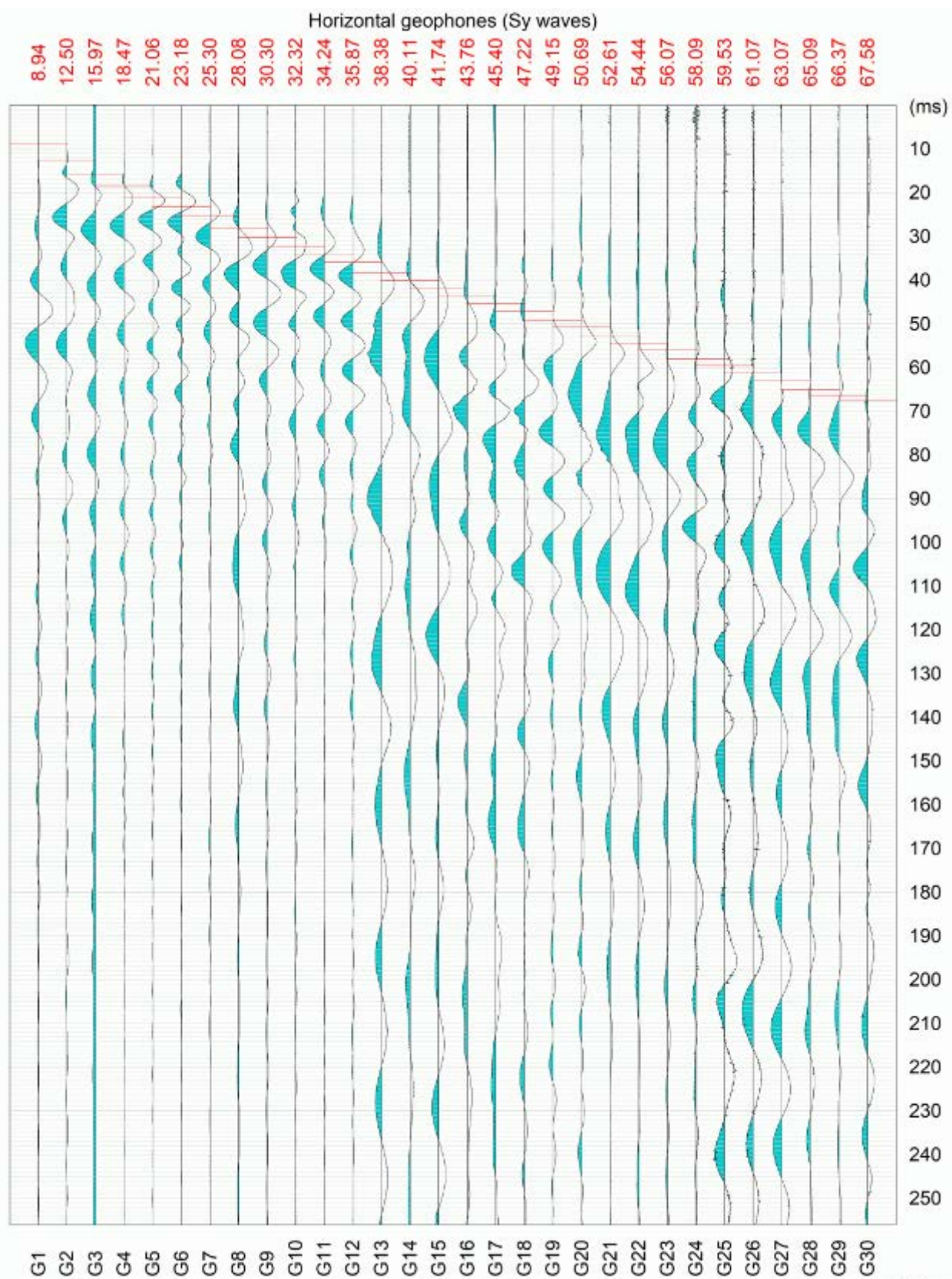
P	1527 m/s
Sx	502 m/s
Sy	497 m/s
















## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA







Committente: GEOLOGO STEFANO LITI	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 195 m s.l.m.	Inizio / Fine Esecuzione: 16/02/2023 - 17/02/2023
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 K Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.590713 Lng 12.605803
Progetto e Località: REALIZZAZIONE EDIFICIO AD USO SCOLASTICO - CAMPOMAGGIORE TERNI			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
1		Materiale detritico in matrice limo argillosa di colore marrone scuro	2.00									DOWNHOLE
2			2.00									
3		Materiale detritico con scarsa matrice limo sabbiosa di colore avana. i clasti si presentano sub angolosi con diametro anche superiore ai 5 cm.	3.00									
4												
5			5.00									
6												
7		Sabbie limose di colore marrone chiaro con ghiaietto e ghiaie.	7.00									
8												
9												
10			12.00									
CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 15.00 metri di profondità												

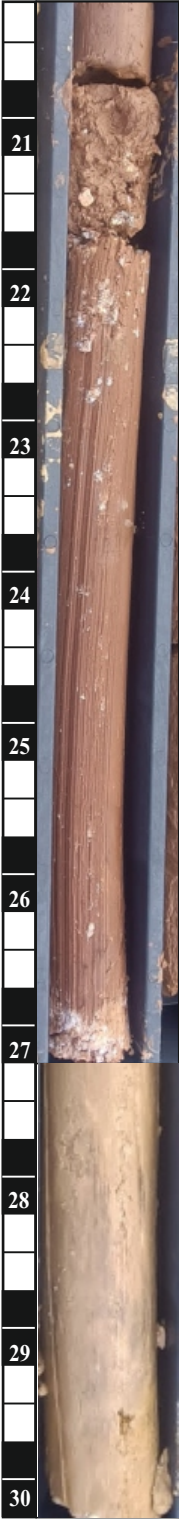
Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto TF (Tubo Filtro) - TC (Tubo Cieco), GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: GEOLOGO STEFANO LITI	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 195 m s.l.m.	Inizio / Fine Esecuzione: 16/02/2023 - 17/02/2023
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 K Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.590713 Lng 12.605803
Progetto e Località: REALIZZAZIONE EDIFICIO AD USO SCOLASTICO - CAMPOMAGGIORE TERNI			

	Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
11		Sabbie limose di colore marrone chiaro con ghiaietto e ghiaie.	7.00									
12				12.0								
13		Materiale detritico compatto in matrice limo sabbiosa molto compatte										DOWNHOLE
14												
15												
16												
17			16.0									
18												
19												
20												
			27.00									

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: GEOLOGO STEFANO LITI	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 195 m s.l.m.	Inizio / Fine Esecuzione: 16/02/2023 - 17/02/2023
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 K Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.590713 Lng 12.605803
Progetto e Località: <b>REALIZZAZIONE EDIFICIO AD USO SCOLASTICO - CAMPOMAGGIORE TERNI</b>			

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
	Materiale detritico compatto in matrice limo sabbiosa molto compatte	15.0	27.00				CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 15.00 metri di profondità				DOWNHOLE
	Materiale detritico in matrice sabbiosa debolmente limosa	3.00	30.00								

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PIAZZAMENTO SONDAGGIO 1



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 0-5.00



Cassetta S1 5.00-10.00



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 10.00-15.00



Cassetta S1 15.00-20.00

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 20.00-25.00



Cassetta S1 25.00-30.00