COMUNE DI TERNI

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DI MICROZONAZIONE SISMICA (D.G.R. 377/2010)

"Studio geologico, geomofologico e di microzonazione sismica per la Variante Parziale al PRG - Parte Operativa - Via Narni snc- zona Cospea"

Sito: Via Narni snc - loc. Cospea (TR)

Riferimenti catastali: Foglio: 104, Particelle: 250, 1000, 1001.

Committente: Sig. Zenoni Maurizio.

Dott.ssa GEOLOGA Tatiana Nevi
Ordine dei Geologi della Regione Umbria
Iscrizione Albo Professionale n. 512

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
TATIANA NEVI
ALBO
512
DELLA REGIONE UMBRIA

ottobre 2013

PROVINCIA DI TERNI
COMUNE DI TERNI

1-INTRODUZIONE e NORME VIGENTI

La presente relazione costituisce lo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e di microzonazione sismica per Variante parziale al P.R.G. parte Operativa per la variazione di destinazione d'uso di un'area sita a Cospea (Vai Narni snc), da zona Gv (zona a verde) a zona Bc (insediamenti residenziali di completamento).

Per i dettagli di tipo urbanistico si rimanda alla relazione illustrativa, allo Stralcio delle norme tecniche di Attuazione (N.T.A.) e agli elaborati cartografici di tipo urbanistico dei Progettisti della Variante.

Al presente lavoro sono allegate estratti di cartografie geotematiche derivate dalle cartografie del PRG. In particolare la presente relazione verifica le condizioni di fattibilità per la variante in oggetto.

Per il presente studio geologico, effettuato sulla scorta di una raccolta ed analisi dei dati esistenti di natura geologica, idrogeologica e idraulica, sono state effettuate delle indagini specifiche in rispetto alle normative sulla Microzonazione sismica (DGR377/2010). In particolare sono state eseguite tre prove penetrometriche superpesanti, 2 prove MASW per la determinazione della categoria di suolo e della sismostrtigrafia, una prova HVSR per determinare il picco di frequenza del rapporto H/V e si è inoltre utilizzato un sondaggio geognostico eseguito nel 2004, ubicato all'ingresso dell'ex vivaio Zenoni per un progetto viario di sottopasso stradale del comune di Terni (non realizzato).

Per quanto riguarda l'elaborazione e la rappresentazione dei dati, si sono utilizzate le cartografie Geologico - Geomorfologiche ed Idrogeologiche redatte in scala 1.10.000 (riprodotti alla scala 1/5.000), i quali possono essere equiparati al Livello I degli studi di Microzonanzione sismica ai sensi della DGR 377/2010 e dei Criteri per gli studi di Microzonazione sismica del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile 2008 e la stratigrafia di un ulteriore pozzo detto Pozzo Polymer contenuta nello Studio di Vulnerabilità degli Acquiferi.

Per la valutazione del rischio idraulico nelle aree della presente variante, il tema è stato affrontato attraverso lo studio degli elementi di rischio contemplati nel PAI 2006 e PAI Bis 2013 dell'A.B.T. (Autorità di Bacino del Tevere).

2- CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DEL SITO

2.1- Caratteri geologici del sito

Dal punto di vista geologico il sito è caratterizzato dalla sequenza alluvionale recente che costituisce il colmamento della Conca Ternana. La successione è descritta sulla base delle indagini eseguite presso il sito in oggetto.

L'assetto stratigrafico generale vede la presenza di un primo strato di limi sabbiosi a media bassa densità fino a circa -7 m dal piano campagna con stato di addensamento via via crescente con la profondità; segue poi un orizzonte limo argilloso marrone a media consistenza sino a circa -9.7/-10 m dal piano campagna.

Al di sotto di tali orizzonti si hanno ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, con buon grado di addensamento e sulle quali si è avuto il rifiuto strumentale delle indagini. Tali ghiaie sono state perforate in occasione di un sondaggio svolto per il progetto di realizzazione di un sottopasso viario adiacente il sito di studio fino oltre 20 m di profondità e proseguono sino a 27 m sulla base della correlazione effettuata con il pozzo cosiddetto Polymer (stratigrafia n.89 dello Studio di Vulnerabilità degli Acquiferi della Conca Ternana). Dalla stratigrafia del suddetto pozzo è possibile individuare inoltre argille e argille sabbiose con orizzonti intercalati di ghiaie e sabbie sino a -80 m dal p.c; tale profondità viene estesa sino a -100 circa dal piano campagna oltre cui si individua il bedrock roccioso la cui presenza è dedotta sia dalla prova H/V eseguita in situ, sia dagli studi di Microzonazione sismica del 2002 nell'area Ternano Narnese (loc. Flaminia 4).

2.2- Caratteri geomorfologici del sito

Il sito oggetto di intervento è collocato all'interno della pianura alluvionale in sinistra idrografica del F. Nera, in un contesto morfologico pianeggiante a quota media di 125 m slm.

Per quanto attiene la stabilità dei luoghi il sito non è interessato da dissesti in atto o quiescenti e anche le cartografie ufficiali di riferimento confermano lo stato di stabilità moroflogica (cartografie PAI e PAI bis).

3-CARATTERI IDROGEOLOGICI e IDROGARFICI DELL'AREA

L'area di studio, ubicata in sinistra idrografica del fiume Nera, non è interessata direttamente da corsi d'acqua naturali.

Quanto alla presenza della falda idrica durante la fase di indagini geognostiche non è stata rilevata la presenza di falda idrica costante e permanente ma solamente una modesta bagnatura in corrispondenza dell'S1 tra -2 e -4 m dal piano campagna.

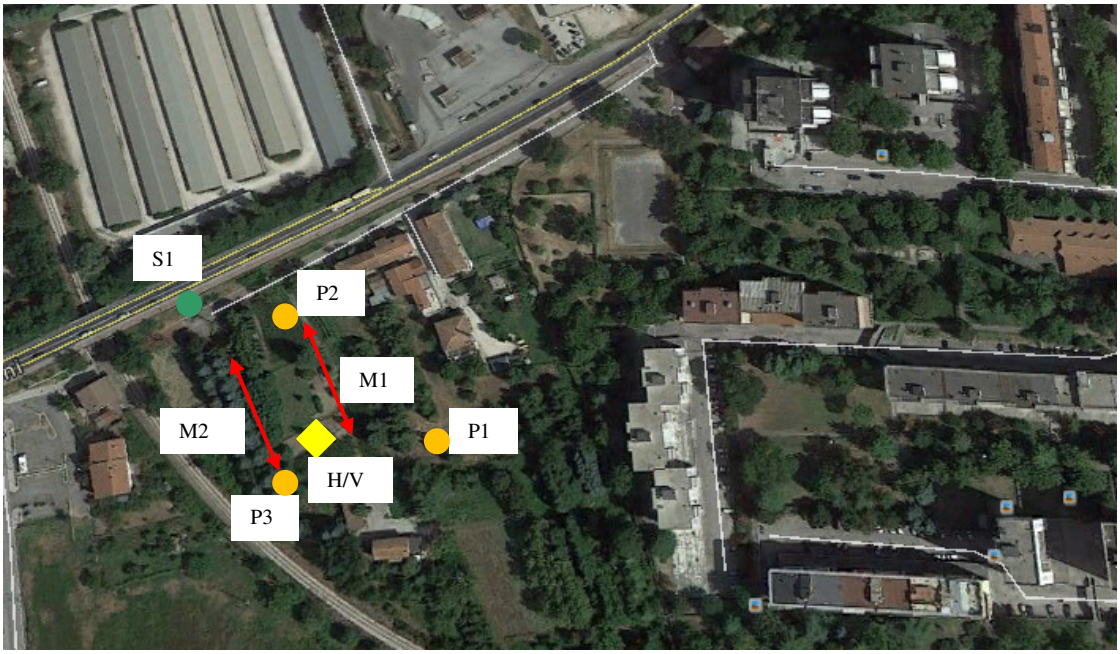
Generalmente l'area dunque denota assenza di falda idrica costante; tale assenza è legata con buona probabilità allo sfruttamento intensivo di diversi decenni da parte del campo pozzi di Cospea (a scopo idropotabile) ma anche dal'intensivo sfruttamento idrico negli ultimi decenni nel polo chimico ex Polymer; lo sfruttamento ha determinato probabilmente l'assenza definitiva della falda idrica che doveva essere contenuta nel corpo ghiaioso (a più elevata permeabilità e sostenuto dalle sottostanti argille a medio bassa permeabilità idraulica) e ciò contrasta con l'assetto idrogeologico delle aree contermini appena a ovest in direzione del centro della conca ove risulta invece presente la falda all'interno delle ghiaie alluvionali sopra descritte.

Inoltre dalla consultazione delle cartografie del Piano Assetto Idrogeologico si evince che la zona non vede sovrapposizioni con zone a rischio idraulico o geomorfologico come riportato nell'estratto cartografico in coda al testo.

4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

Presso l'area di intervento sono state eseguite indagini geognostiche e sismiche al fine di definire l'esatta successione stratigrafica dei terreni presenti e il loro stato di addensamento (almeno nei primi metri interessati dall'intervento in oggetto) e la velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di sottosuolo (Vs30) così come richiesto dalla vigente normativa NTC 2008.
A seguire vengono illustrati i risultati delle suddette indagini e l'ubicazione su foto aerea delle indagini svolte.

Estratto di foto aerea con ubicazione delle indagini svolte e consultate



4.1- Caratteristiche strumentali DPSH e interpretazione prove penetrometriche

L'indagine è stata condotta utilizzando il penetrometro dinamico superpesante PAGANI TG 73-100/200; si tratta di uno strumento di perforazione a percussione capace di valutare con continuità lo stato di addensamento dei terreni attraversati. Attraverso tale indagine si possono valutare le condizioni di resistenza in sito dei terreni, la presenza di falda idrica e realizzare deduzioni anche la natura litologica dei terreni.
Le prove penetrometriche dinamiche sono codificate secondo una conduzione standardizzata: per terreni molto addensati o cementati qualora si registri una resistenza all'avanzamento della punta su 30 cm di asta superiore a 60 colpi si deve sospendere la perforazione considerando il rifiuto strumentale.

L'interpretazione di una prova consiste nel differenziare il terreno in strati omogenei caratterizzati da valori di resistenza simili; la discretizzazione permette di ottenere il parametro noto come Resistenza Penetrometrica Dinamica RPD, attraverso la Formula Olandese ovvero:

$$Rpd = M^2 H / [A e (M + P)] = M^2 H N / [A \delta (M + P)]$$

Dove:

- Rpd = resistenza dinamica alla punta;
- A = area di punta;
- e = δ / N = infissione per colpo;
- δ = avanzamento della punta;
- M = massa battente (altezza caduta H);
- P = massa totale aste e sistema.

Prova Penetrometrica dinamica n 1°, profondità raggiunta 10.5 m (per completezza di dati si rimanda alle schede di interpretazione della prova allegate della Società Geologica srl).
Si specifica che per l'attribuzione dei parametri geotecnici si rimanda ai successivi studi geotecnici che saranno definiti durante la progettazione delle strutture edilizie.

Profondità	Litologia
Da 0 a 2.1 m	Limi argillosi sabbiosi
Da 2.1 a 10.2 m	Sabbie limose
Da 10.2 a 10.5 m	Ghiaie fluviali in matrice sabbiosa Si denota umidità tra -2 e -4.2 m da piano campagna.

Prova Penetrometrica dinamica n 2°, profondità raggiunta 10.2 m (per completezza di dati si rimanda alle schede di interpretazione della prova allegate).

Profondità	Litologia
Da 0 a 1.8 m	Limi argillosi
Da 1.8 a 9.9 m	Sabbie limose con livelli cemntati*:*
Da 9.9 a 10.2 m	ghiaie in matrice sabbiosa

Prova Penetrometrica dinamica n 3°, profondità raggiunta 10.2 m (per completezza di dati si rimanda alle schede di interpretazione della prova allegate).

Profondità	Litologia
Da 0 a 2 m	Limi sabbioso argillosi
Da 2 a 9.9 m	Sabbie limose:
Da 9.9 a 10.2 m	Ghiaie in matrice limo-sabbiosa

2.2 - Commento ai risultati delle prove penetrometriche eseguite

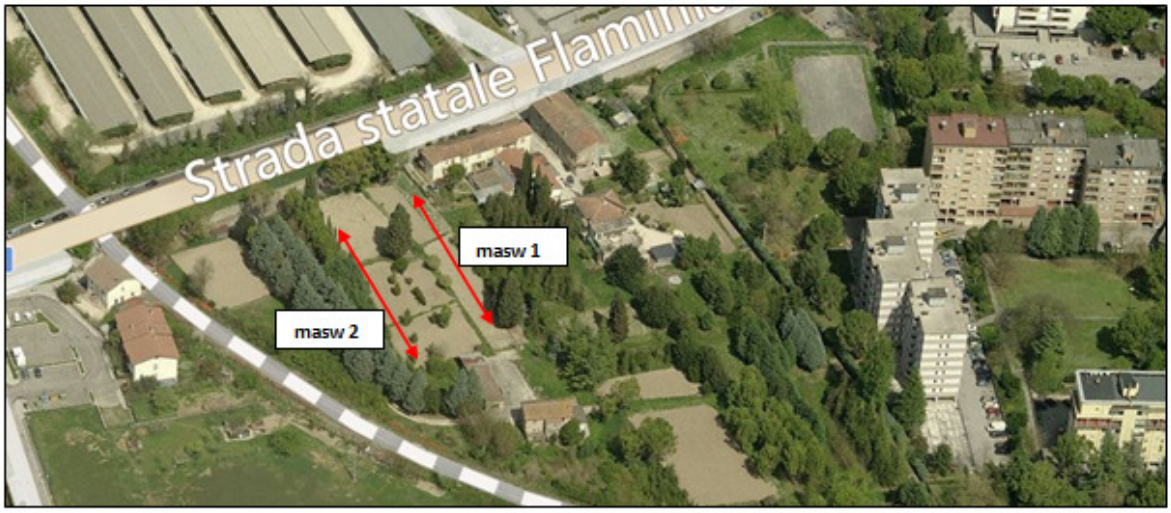
Le prove condotte hanno evidenziato una certa omogeneità dei terreni.

Nel dettaglio in tutte tre le prove penetrometriche si ha un primo orizzonte di spessore circa 2 m di sabbie limo-argillose talora pedogenizzate passanti a sabbie limose che si estendono sino a circa -10 m dal p.c. oltre cui iniziano le ghiaie alluvionali in matrice sabbiosa che hanno fornito il rifiuto strumentale della prova. Una leggera umidità dei terreni è da segnalare nella prova P1 in corrispondenza delle sabbie limose tra -2 e -4.2 m dal piano campagna; si tratta probabilmente di una modesta falda stagionale sospesa e influenzata dagli apporti idro-meteorici dei giorni passati.

Per completezza di dati si rimanda agli elaborati allegati forniti dalla ditta Società Geologica.

4.2- indagine di sismica a rifrazione

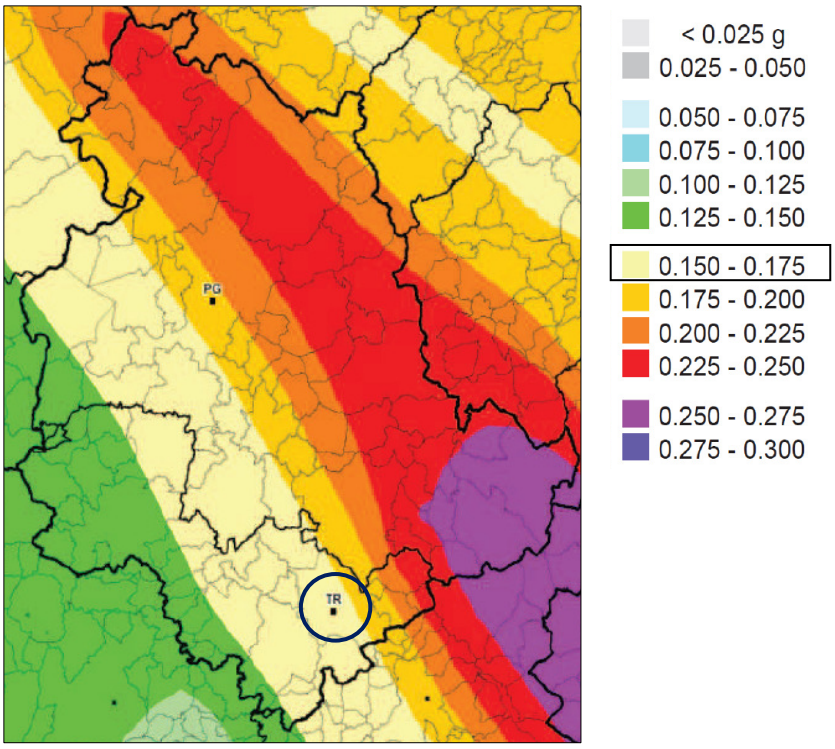
Secondo quanto previsto dalle recenti disposizioni delle NTC 2008, occorre definire la categoria di suolo presente nel sito di studio, a tal fine è sono stati condotti due stendimenti di sismica a rifrazione di tipo MASW-REMI per la definizione della Vs30 e della conseguente categoria stratigrafica di appartenenza del sito.



Gli stendimenti sismici ubicati come nell'estratto sopra riportato, sono stati condotti utilizzando la strumentazione della Sara Instruments dotata di 16 canali distanziati ciascuno 2 m dall'altro, con acquisizione sia di tipo MASW che REMI (microtremori).
Gli stendimenti hanno evidenziato la presenza di almeno 4 orizzonti nei primi 30 m di profondità caratterizzati da differenti velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio; nel dettaglio vedono entrambe un :
primo orizzonte tra 0 e 2 m con Vs circa= 180 m/sec
secondo orizzonte tra 2 e 9.5 m con Vs= 295 m/sec
terzo orizzonte tra 9.5 e 20 m con Vs circa= 415 m/sec
quarto orizzonte da 20 m in poi con Vs circa= 670-800 m/sec
La Vs30 risultante dall'elaborazione è pari rispettivamente a 410 m/sec per il primo stendimento MASW e 388 m/sec per lo stendimento sismico n.2; risulta quindi secondo la vigente normativa (DM 14/01/2008) una categoria stratigrafica per entrambe gli stendimenti di tipo **categoria di suolo di tipo B**, ovvero ”t*erreni a grana grossa ben addensati o terreni a grana fine molto consistenti con Vs30 comprese tra 360 e 800 m\s”*.
La categoria topografica in questo sito è la T1 ovvero terreni con pendenze minori di 15°.

5– VALUTAZIONE SISMICA DEL SITO

Il Comune di Terni, sulla base della DGR n. 1111 dell'8/09/2012 (in vigore dal 2/11/2012) che modifica l'ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, rientra nella 2° **classe di sismicità** ovvero le aree a medio alto rischio sismico (Gazzetta Ufficiale n. 105 del 2 del 08-05-2003 S.O. n. 72). In tale categoria sismica rientrano tutti i Comuni ove si prevede un valore di **accelerazione orizzontale di picco massima su suolo rigido di categoria A pari a 0,25 ag\g** o meglio compresa tra 0.15 ag/g e 0.25 ag/g.



Di seguito vengono elencati gli aggiornamenti e le disposizioni successive al DPCM 3274/2003 in materia di costruzione in zona sismica:

- ✓ "Nuova Normativa Antisismica – Ordinanza n° 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003"
- ✓ "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003" Ordinanza n° 3431.
- ✓ Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 Settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- ✓ DM 14.01.2009 - NTC 2008.
- ✓ DGR n. 1111 dell'8/09/2012

5.1 – Definizione della categoria sismica del sottosuolo

Secondo quanto previsto dalle recenti disposizioni delle NTC 2008, occorre definire la categoria di suolo presente nel sito di studio.

Dalle indagini di sismica rifrazione condotte risulta una **categoria di suolo di tipo B**, ovvero *"terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con Vs30 comprese tra 360 e 800 m\s".*

La categoria topografica in questo sito è la T1 ovvero terreni con pendenze minori di 15°.

5.2 – Parametri sismici di dettaglio del sito di studio

A seguire vengono riportati i dati riguardanti l'accelerazione sismica di progetto per la categoria di suolo, per la categoria topografica e per la categoria d'uso della struttura in progetto ovvero la determinazione dello spettro di risposta sismica di progetto nelle sue componenti orizzontali e verticali, mediante i software del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici *Spettri-NTC ver.1.0.3*.

Il programma di calcolo prevede tre fasi di elaborazione:

1. nella prima fase vengono elaborati gli spettri sismici di risposta per il sito di dettaglio per diversi tempi di ritorno. Ciò che viene stimato è: ag (accelerazione orizzontale di picco al suolo), Fo (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale), Tc (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale) per i tempi di ritorno Tr di riferimento
2. nella seconda fase viene fissata la vita nominale della struttura in progetto (in questo caso pari a 50 anni) e la relativa classe d'uso (II). Il software valuta dunque i tempi di ritorno per i 4 stati limite (SLU e SLE).
3. nella terza e ultima fase di elaborazione vengono inseriti la categoria di suolo del sito prescelto e la categoria topografica per definire le componenti orizzontali e verticali degli spettri di risposta per lo stato limite del danno SLD (Stato Limite di Esercizio) e per lo stato limite di collasso SLC (Stato Limite Ultimo).

Parametri di imput sismico: categoria stratigrafica: B
categoria topografica: T1
coordinate: Lat: 42,549 Long: 12,625

Fase 1

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	2,000	2,509	0,268
50	0,069	2,502	0,280
72	0,079	2,514	0,287
101	0,092	2,458	0,294
140	0,105	2,448	0,300
201	0,122	2,413	0,306
475	0,164	2,452	0,319
975	0,205	2,477	0,330
2475	0,266	2,508	0,345

Fase 2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	spettri 4	1,954	2,509	0,269
SLD	50	0,069	2,502	0,281
SLV	475	0,163	2,452	0,319
SLC	975	0,205	2,477	0,330

Per completezza di dati i risultati completi sono visibili negli allegati al testo.

5.3 – Sismicità storica dell'area

La consultazione del database ISIDE, tramite cui si è effettuata la ricerca dei terremoti registrati strumentalmente con epicentri intorno alla città di Terni nel raggio di 30 Km, ha fornito 24 records; 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.

Gli epicentri individuati appartengono a sismi enucleatisi sino alle aree di Norcia, Leonessa e Antrodoco, con eventi di magnitudo locale Ml > di 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 o 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 risultano 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 cinematismo trastensivo e distensivo, di importanza regionale.

6 – MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO E SECONDO LIVELLO (ai del DGR 377/2010).

L'area oggetto della presente Variante è descrivibile dalle cartografie geotematiche del PRG, consultabili in coda al testo.

La zona è ubicata in un'area prossima al centro della città, nel quartiere Cospea.

La zona, dal punto di vista delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) e relative disposizioni del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, è definibile come "zona stabile suscettibile di amplificazione sismica per effetto litostratigrafico".

La geologia e l'assetto stratigrafico, infatti, vede - come già detto nella parte descrittiva iniziale – una successione di sedimenti alluvionali recenti fino a circa -27 m dal p.c., a cui seguono depositi plio-pleistocenici afferenti al ciclo de posizionale del B. Tiberino. A circa -27 m, sulla scorta dei sondaggi consultati e riportati in premessa, si è riscontrato il passaggio ai depositi Plio-Pleistocenici di natura argillosa afferenti al ciclo del B. Tiberino, costituiti da una successione di argille e limi argillosi sovraconsolidati con alternanze ripetute di potenti corpi ghiaiosi in matrice sabbiosa, i quali, a loro volta, che poggiano a -100 m circa su bed-rock roccioso della successione Umbro Marchigiana (da consultazione della relazione di Microzonazione Sismica per i siti ubicati lungo la Strada Flaminia eseguiti in occasione del terremoto di Narni del 16/12/2000 dal dip. di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano e della regione Umbria).

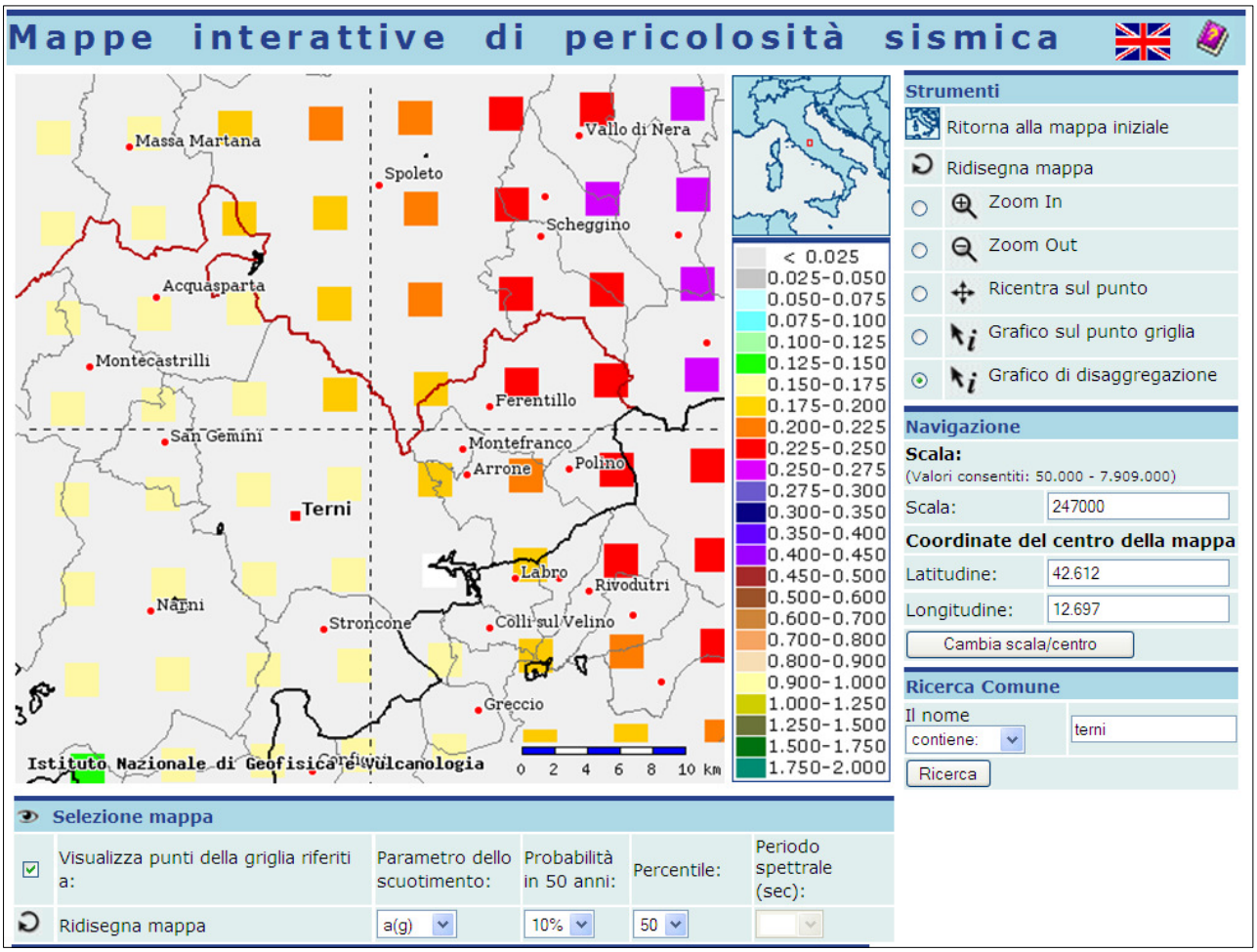
Gli altri aspetti geologici, sia di natura idrogeologica, sia geomorfologica, vedono l'assenza di ulteriori condizioni negative. La falda idrica è poco estesa in ques'area, ed è pressochè assente come già commentato nei paragrafi precedenti.

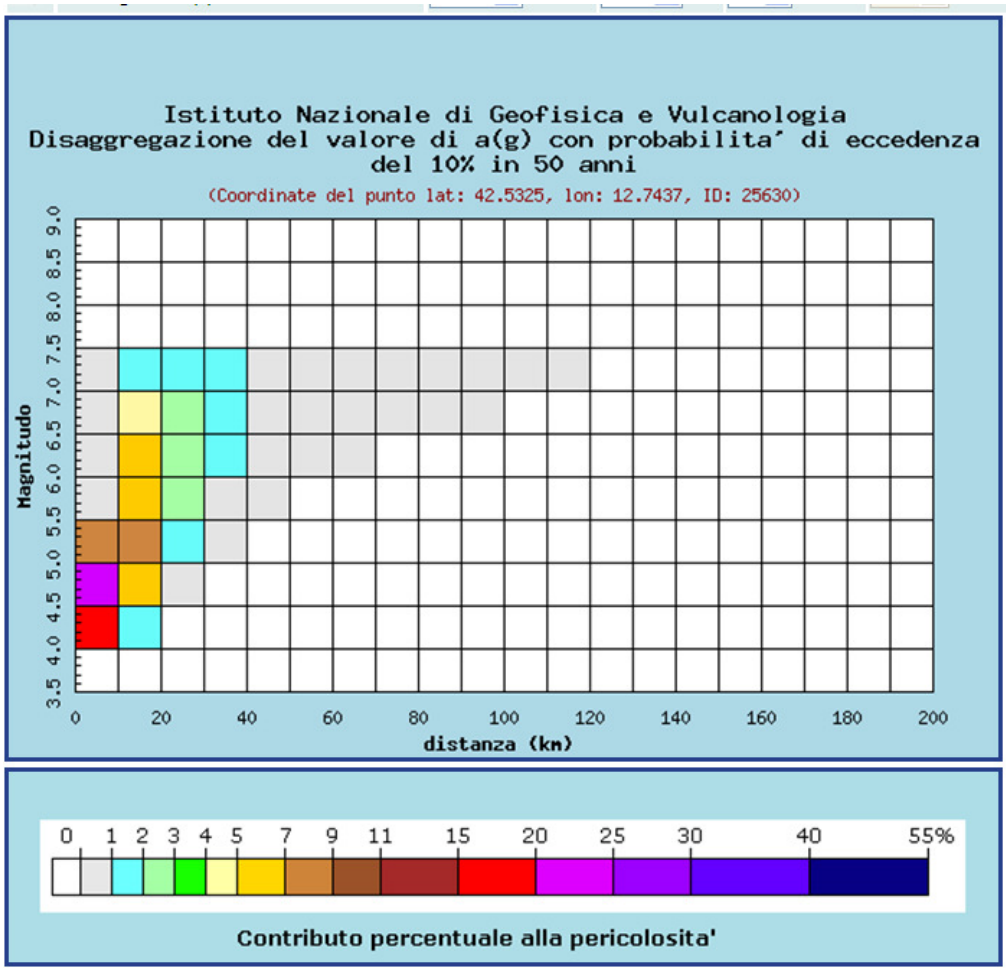
Per le altre cartografie geotematiche riferibili al I livello si rimanda agli allegati in coda al testo.

6.1 – 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.


Mappe interattive di pericolosità sismica
Massa Martana
Spoleto
Vallo di Nera
Scheggino
Acquasparta
Montecastrilli
Ferentillo
San Gemini
Montefranco
Arrone
Polino
Terni
Labro
Rivodutri
Narni
Stroncone
Colli sul Velino
Greccio
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 2 4 6 8 10 km
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000
Strumenti
Ritorna alla mappa iniziale
Ridisegna mappa
Zoom In
Zoom Out
Ricentra sul punto
Grafico sul punto griglia
Grafico di disaggregazione
Navigazione
Scala:
(Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)
Scala: 247000
Coordinate del centro della mappa
Latitudine: 42.612
Longitudine: 12.697
Cambia scala/centro
Ricerca Comune
Il nome contiene: terni
Ricerca
Selezione mappa
Visualizza punti della griglia riferiti a:
Parametro dello scuotimento:
Probabilità in 50 anni:
Percentile:
Periodo spettrale (sec):
Ridisegna mappa
a(g)
10%
50


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 42.5325, lon: 12.7437, ID: 25630)
Magnitudo
3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
distanza (km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' 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 località Terni ha fornito i seguenti valori di Magnitudo attesa: M = 5.35, e distanza R = 12.5 Km, quindi la massima pericolosità è 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.

Le indagini eseguite e sopra commentate costituiscono parte della Microzonazione Sismica di Secondo livello per la cui visione completa si rimanda ai capitoli precedenti di commento.

Per tale livello di indagine è stato anche condotta una misurazione HVSR del rapporto H/V.

6.2 – Elaborazione indagine HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

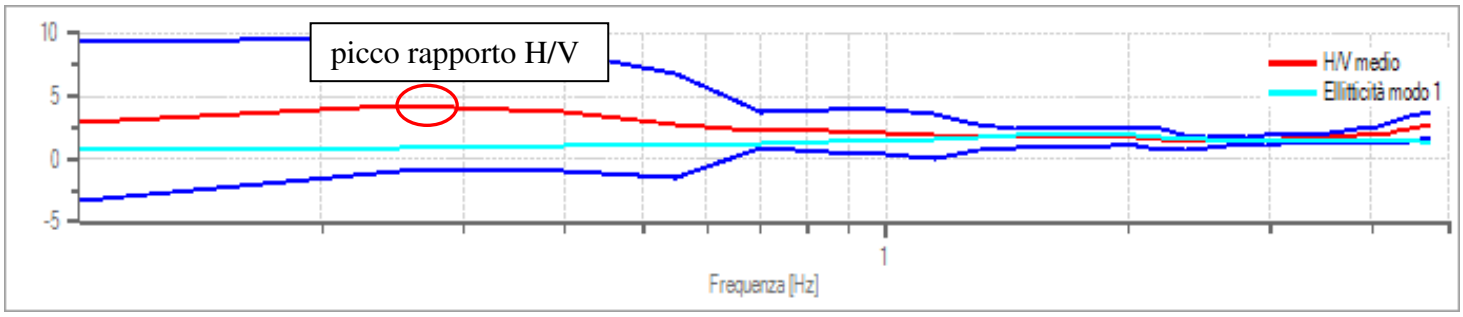
Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

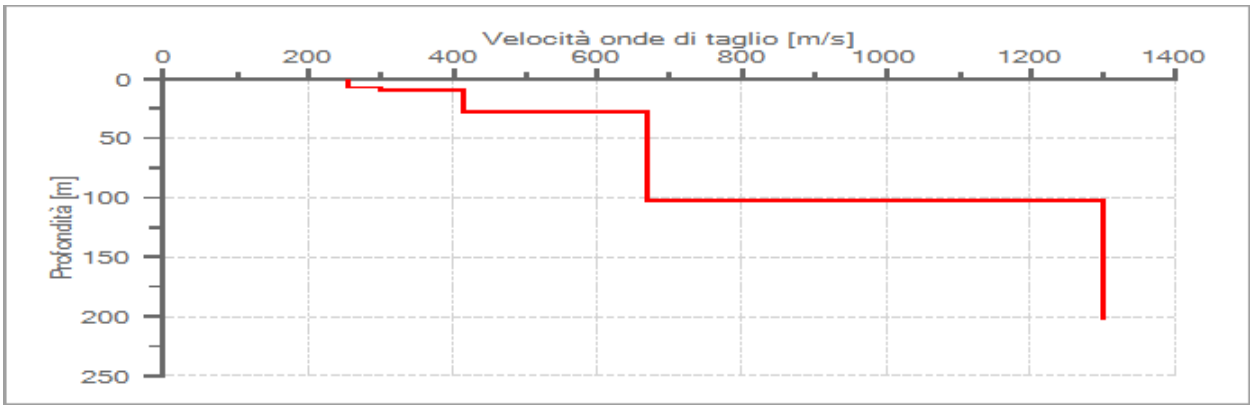
Presso l'area oggetto di studio la misurazione del rumore sismico di fondo - di durata pari a 20 minuti - ha fornito una frequenza di picco del rapporto H/V pari a 0.25 Hz -+ 1.23 Hz corrispondente a profondità del bedrock pari a circa 100 m dal piano campagna.



Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,25 Hz ±1,23 Hz

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	7	17	0,35	255
2	7	3	18	0,3	300
3	10	17	19	0,3	415
4	27	75	20	0,25	670
5	102	100	24	0,15	1300

Valore Vs30: 361,91 m/s
Numero strati: 5



La misura H/V individua un bedrock posto a oltre 100 m dal piano campagna, ovvero suggerisce la presenza di un salto di velocità rispetto alle coperture alluvionali e depositi continentali Plio Pleistocenici posti a quote più superficiali.

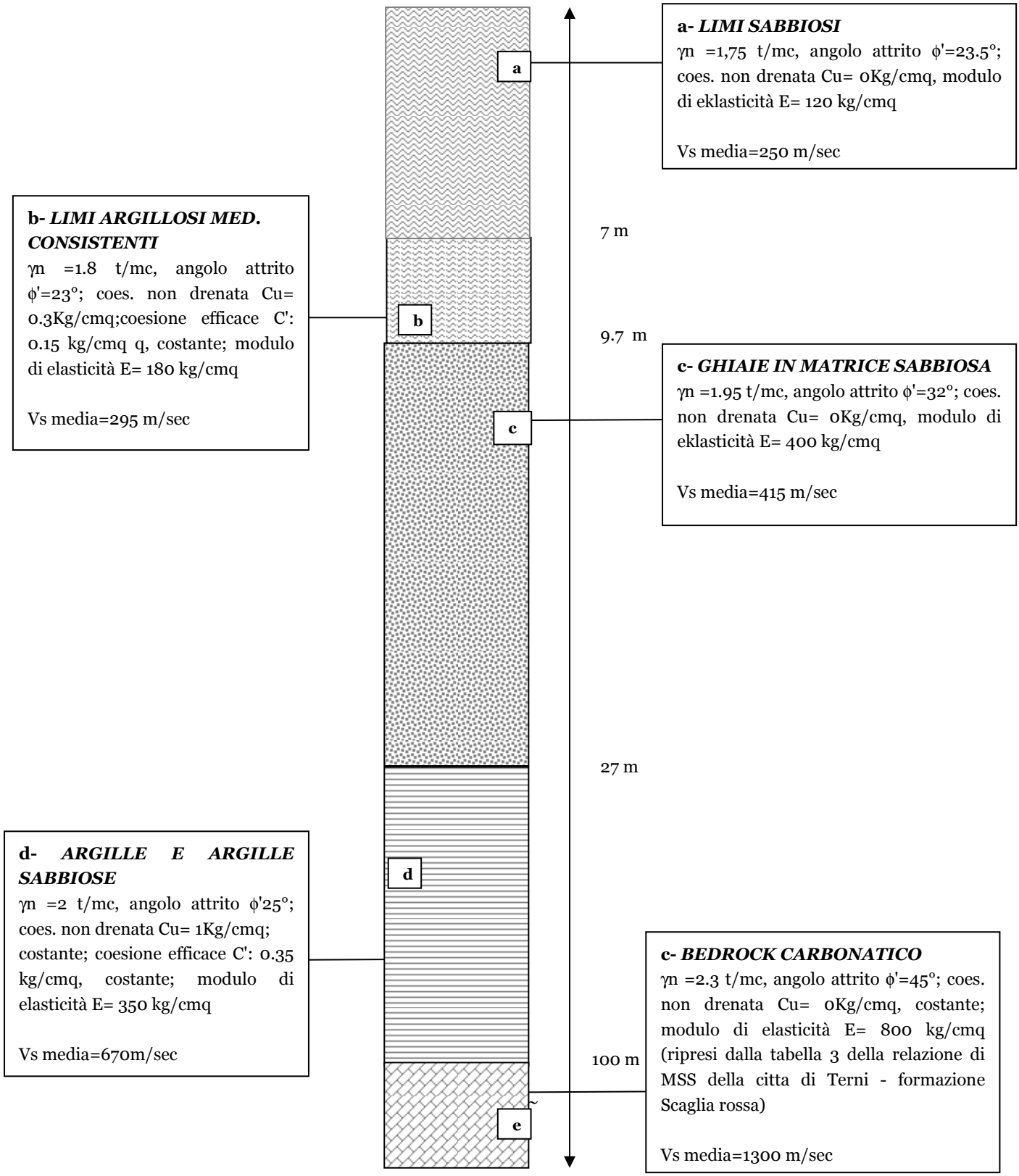
Tali risultanze concordano con gli studi di Microzonazione Sismica condotti dal Politecnico di Milano e con il pozzo profondo Polymer i quali individuavano il locale bedrock a oltre 100 m di profondità dal piano campagna.

Con la profondità la misura H/V indica la presenza di sedimenti densi e con un

significativo aumento delle Vs fino ad essere prossime a quelle tipiche di un substrato a comportamento litoide con velocità delle onde Vs superiori a 800 m/sec.

A seguire viene prodotta sismostratigrafia di riferimento ricostruita sulla scorta delle indagini svolte e consultate e dello stendimento sismico a rifrazione; si specifica che l'attribuzione iniziale dei parametri geotecnici è stata eseguita sulla scorta delle indagini svolte con un'indicazione dei parametri medi iniziali :

DISEGNO NON IN SCALA



7 – MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO

La microzonazione sismica di terzo livello qui redatta tiene conto degli studi di Microzonazione sismica eseguiti nel 2002 dalla Regione Umbria con apposita convenzione stipulata con il Politecnico di Milano in occasione del post terremoto di Narni 16/12/2000; tali studi sono stati equiparati al terzo livello di MSS con la DGR 377/2010 Regione Umbria.

7.1 – Moto di imput

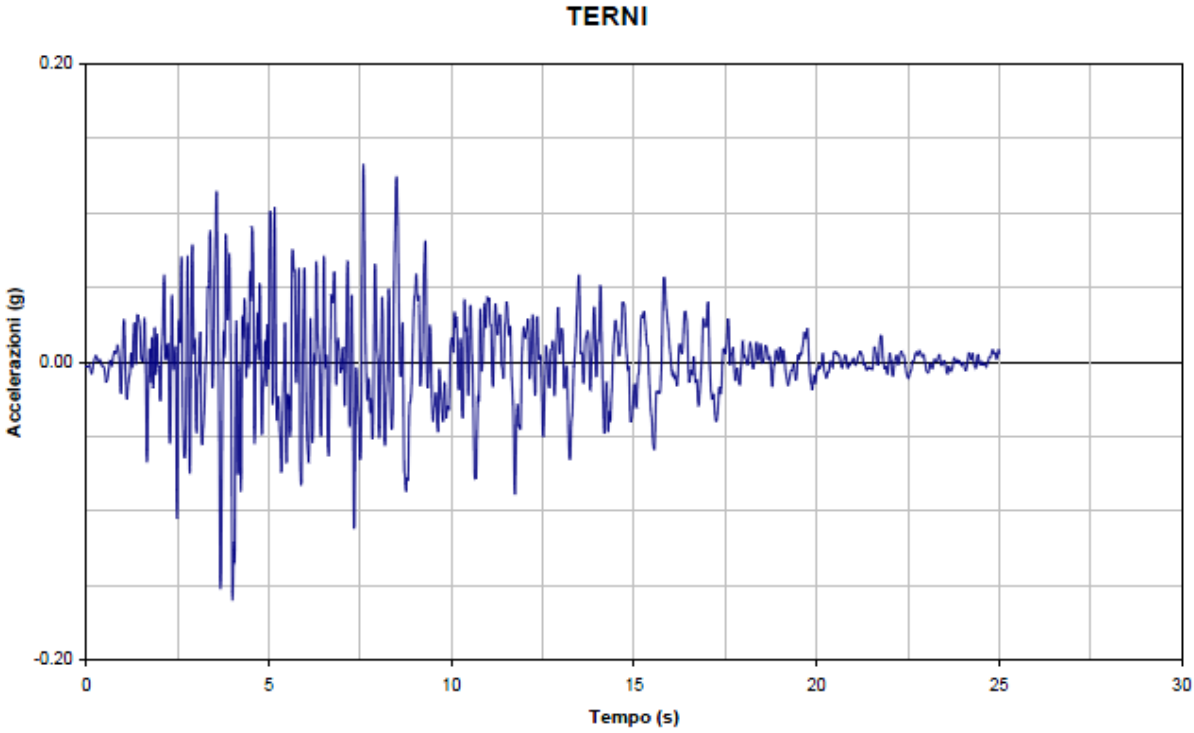
Dall'analisi della pericolosità sismica eseguita per la città di Terni con il metodo della disaggregazione sismica, è possibile determinare il moto di imput sismico di riferimento per il sito in oggetto. Dal procedimento prima descritto si è ottenuto una Magnitudo di riferimento 5.35 e con sorgente sismica a 12.5 Km di distanza. Ora considerando che l'area di variante urbanistica è ubicata nella zona centro sud del comune 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 terremori italiani aggiornato al 1999 (CPTI 1999- vedi sotto), mentre la ricerca storica sopra commentata è aggiornata al 2011 (CPTI 2011). 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 DPC-sett. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica").

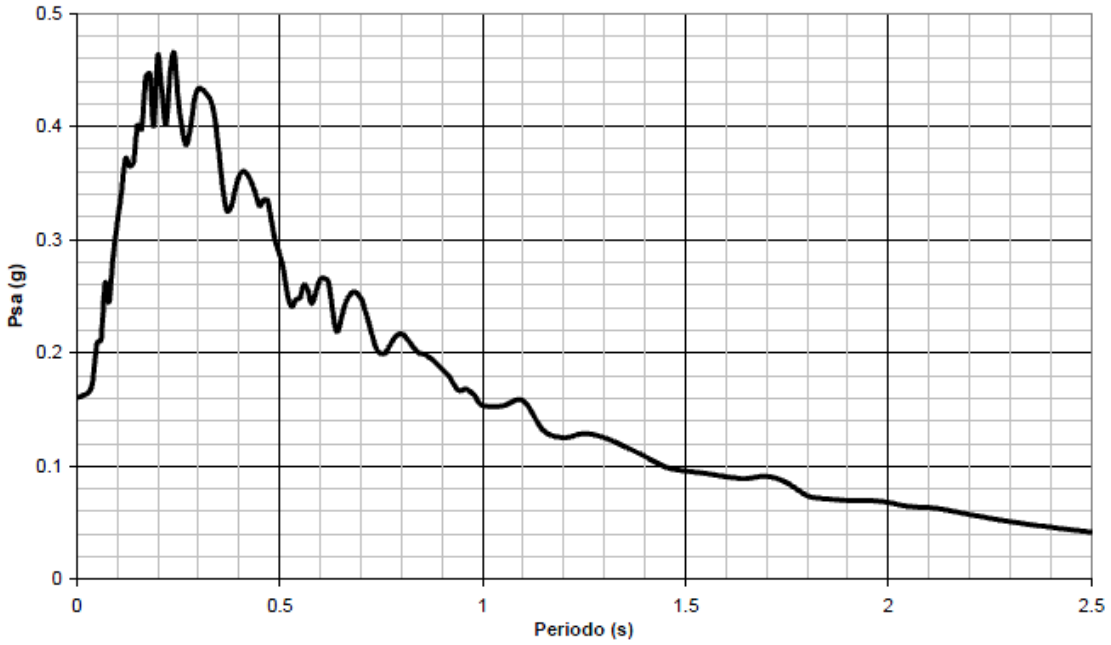
Quindi il periodo di ritorno utilizzato rappresenta un valore convenzionale adottato in molte normative internazionali (tra cui anche l'Eurocodice 8, ENV 1998-1-1, 1994), a fini di classificazione sismica.

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 (Pga), picco di velocità (Pgv), Arias Intensity (Ai), durata dell'evento (d), ordinate spettrali per i vari periodi, in termini di pseudovelocità (Psv) al 5% dello smorzamento critico (da relazione del politecnico di milano per il completamento degli studi di MS per la città di Teni). 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.

Accelerogramma utilizzato per il sito di Terni





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

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).

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

Per ogni spettro elastico è stata calcolata l'intensità spettrale (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).

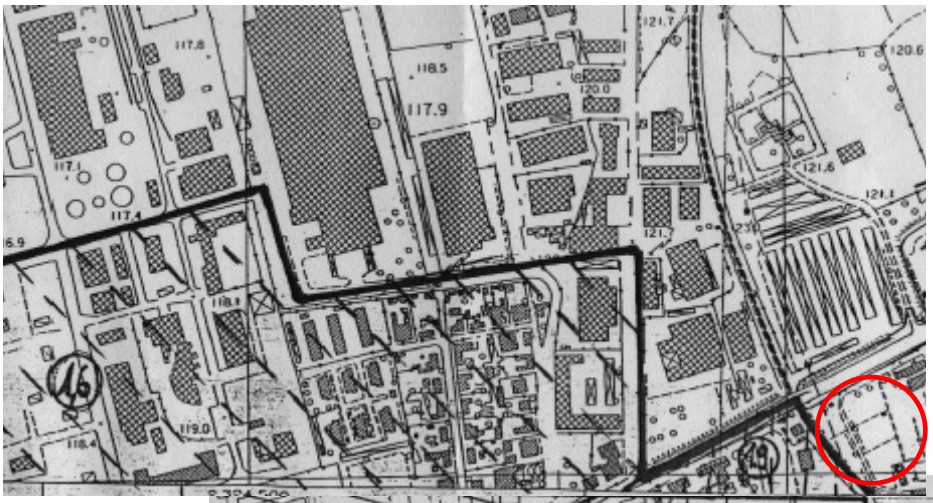
L'intensità spettrale è stata calcolata sugli spettri in pseudovelocità (PSV) al 5% dello smorzamento critico ξ. Sono stati quindi calcolati i rapporti tra l'intensità spettrale calcolata per ciascuna colonna stratigrafica analizzata e l'intensità spettrale dello spettro di input.

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.

L'area oggetto di studio è distante circa 50 m in linea d'aria dalla sezione Flaminia 3 e 4

micro zonata dalla Regione Umbria nel 2002. Si ritiene vista l'estrema vicinanza di poter assegnare aol sito di studio gli stessi fattori di amplificazione determinati dal Politecnico di Milano.



CARTA FLAMINIA 3

AREA DI STUDIO

CARTA FLAMINIA 4

Dalle cartografie sopra riportate si evince l'estrema vicinanza del sito di studio rispetto alle aree indagate dalla Regione Umbria e alle quali è stato attribuito un valore di Fa finale pari a 1.9.

Per analogia anche con l'assetto sismostratigrafico ricostruito da questo studio si desume quindi un pari Fa anche per l'attigua area oggetto di Variante Urbanistica e dunque Fa =1.9.

8 – CONCLUSIONI

Il presente studio geologico per la Variante parziale al Piano Regolatore PRG Parte Operativa svolto in località Cospea -via Narni snc presso l'ex Vivaio Zenoni, è sintetizzabile nei seguenti punti:

- ✓ Per quanto attiene gli aspetti geologici e stratigrafici il sito vede presenza di depositi alluvionali a matrice prevalentemente limo sabbiosa passanti a circa -10 m a ghiaie alluvionali in matrice sabbiosa. Tali ghiaie si estendono sino al contatto con le argille sabbiose del Bacino tiberino il cui tetto è posto a circa-27 m dal p.c. Il locale bedrock carbonatico viene individuato da correlazioni con pozzi profondi della zona e da consultazione degli studi di Microzonazione sismica a circa -100 m.
- ✓ Dal punto di vista geomorfologico il sito è ubicato a quota di 125 m slm nella porzione centrale del Comune di Terni in un contesto pianeggiante privo di situazioni di dissesto in atto o quiescenti.
- ✓ Per quanto attiene gli aspetti idraulici la consultazione della cartografie del PAI e PAI BIS evidenziano assenza di corsi d'acqua nelle vicinanze tali da poter prevedere interazioni con il rischio idraulico.
- ✓ Per le indagini relative agli adempimenti di Microzonazione sismica (DGR 377/2010) sono state svolte tre prove penetrometriche superpesanti, due MASW per la determinazione della Vs30 e della relativa categoria di suolo ai sensi delle NTC 2008 e infine una misura HVSR. Le penetrometrie condotte sino a rifiuto strumentale appena oltre 10 m hanno consentito di appurare le condizioni di addensamento dei sedimenti alluvionali crescenti con la profondità.
- ✓ Ai fini della nuova normativa in materia di costruzioni NTC 2008 (D.M. 14/01/2010), la categoria di suolo qui presente è la B dedotta tramite indagini MASW, ovvero *"terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con Vs30 comprese tra 360 e 800 m\s"* .
- ✓ in riferimento al livello 1 della microzonazione sismica il sito è definibile come area stabile suscettibile di amplificazione sismica locale per motivi stratigrafici.
- ✓ la microzonazione sismica di livello 2 ha consentito di appurare la pericolosità sismica del sito derivante da una sismicità storica analizzata tramite la consultazione del CPT 2011 e unitamente al processo di disaggregazione della pericolosità sismica è stato individuata una magnitudo attesa per il sito di Terni pari a 5.3 Ml e distanza epicentrale della sorgente sismica di 12.3 km (evento considerato per un tempo di ritorno di 475 anni).

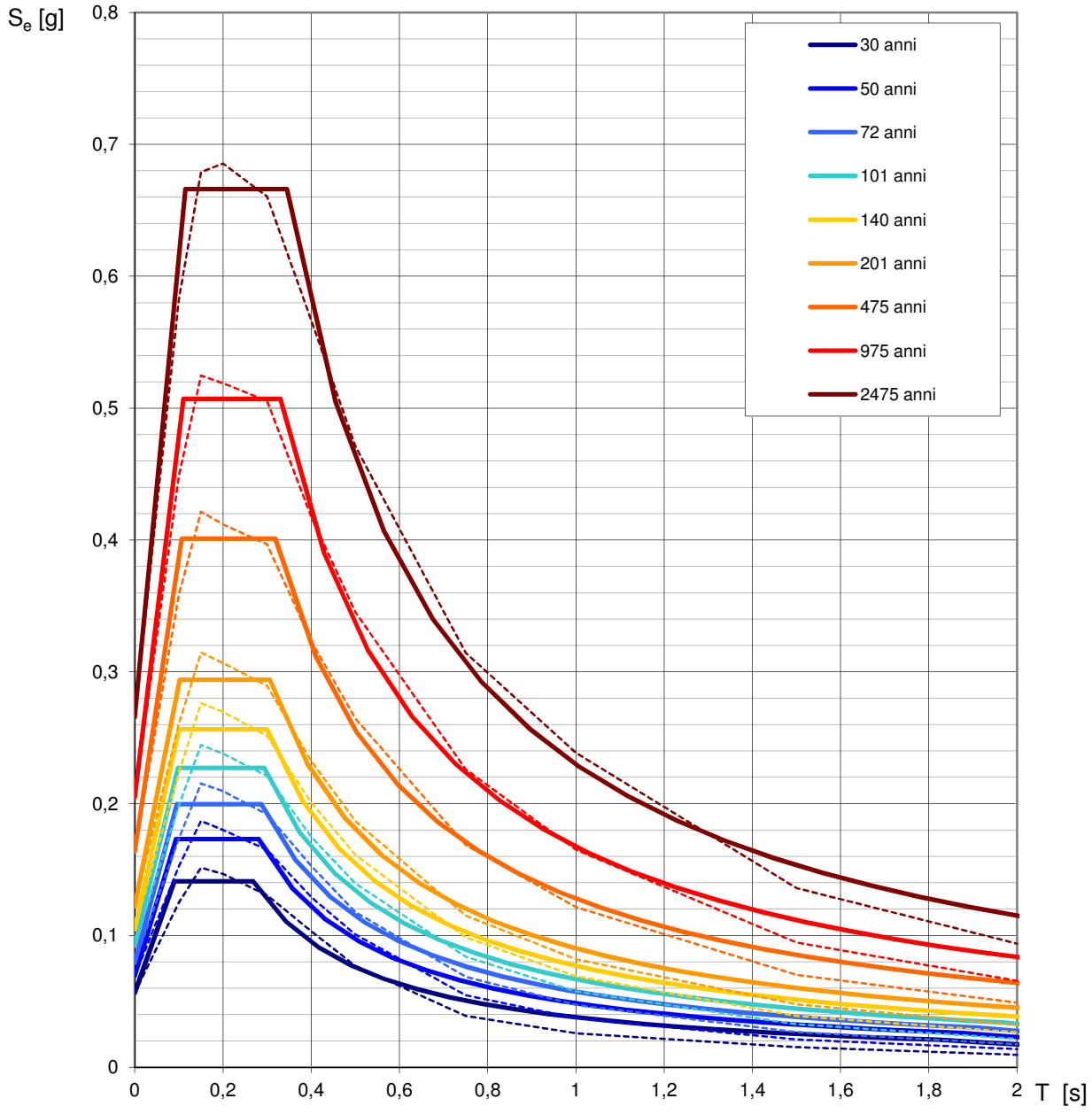
✓ per il livello 3 della microzonazione sismica, essendo l'area adiacente ai sito Flaminia 3 e 4 degli studi di Microzonazione sismica svolti dalla regione Umbria nel 2002 (e fatti propri dal PRG generale) e inoltre essendo tali studi equiparati al livello 3 di microzonazione mediante DGR 377/2010, è stato possibile assegnare un Fa (Fattore di amplificazione) pari a 1.9 per il periodo 0.1-0.5 sec.

Dott. ssa Tatiana Nevi - GEOLOGA
Ordine dei Geologi dell'Umbria
Iscrizione Albo Professionale n° 512

ALLEGATI AL TESTO

- Spettri di risposta e amplificazione sismica locale
- Carta di Ubicazione delle indagini su base Tavola A di Zooning di Variante
- Report Prove penetrometriche superpesanti (P1, P2 e P3) e foto ubicazione
- Report delle indagini MASW
- Elaborazione indagine HVSR
- Stratigrafia carotaggio S1
- Cartografie geotematiche del Livello I *(carta geologica, idrogeologica, Carta delle aree esondabili (IFFI non inserito per assenza zone di frana essendo l'area pianeggiante), carta delle zone di suscettibilità sismica, carta di idoneità geologico-ambientale alla destinazione urbanistica)*

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



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

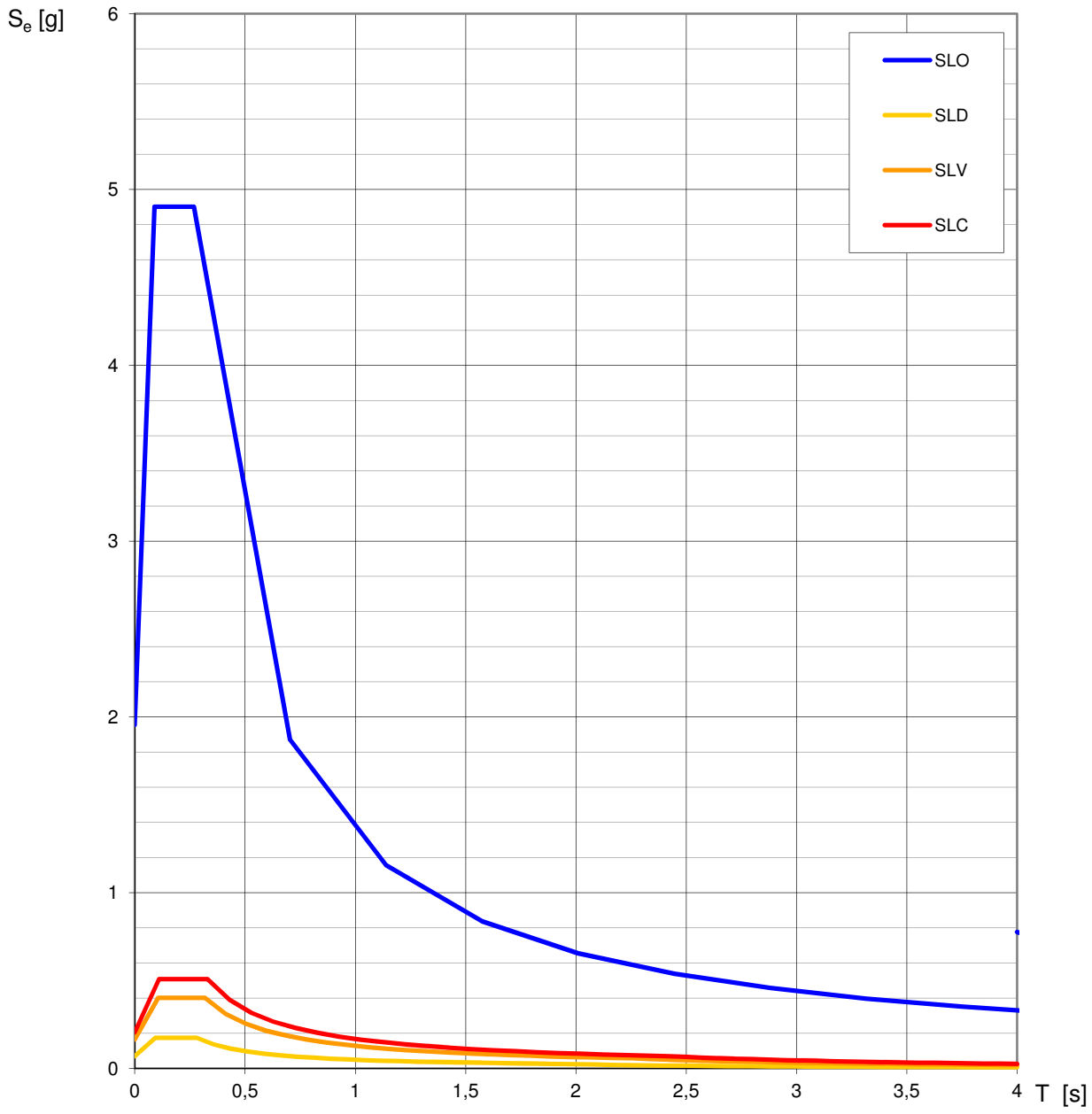
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	2,000	2,509	0,268
50	0,069	2,502	0,280
72	0,079	2,514	0,287
101	0,092	2,458	0,294
140	0,105	2,448	0,300
201	0,122	2,413	0,306
475	0,164	2,452	0,319
975	0,205	2,477	0,330
2475	0,266	2,508	0,345

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



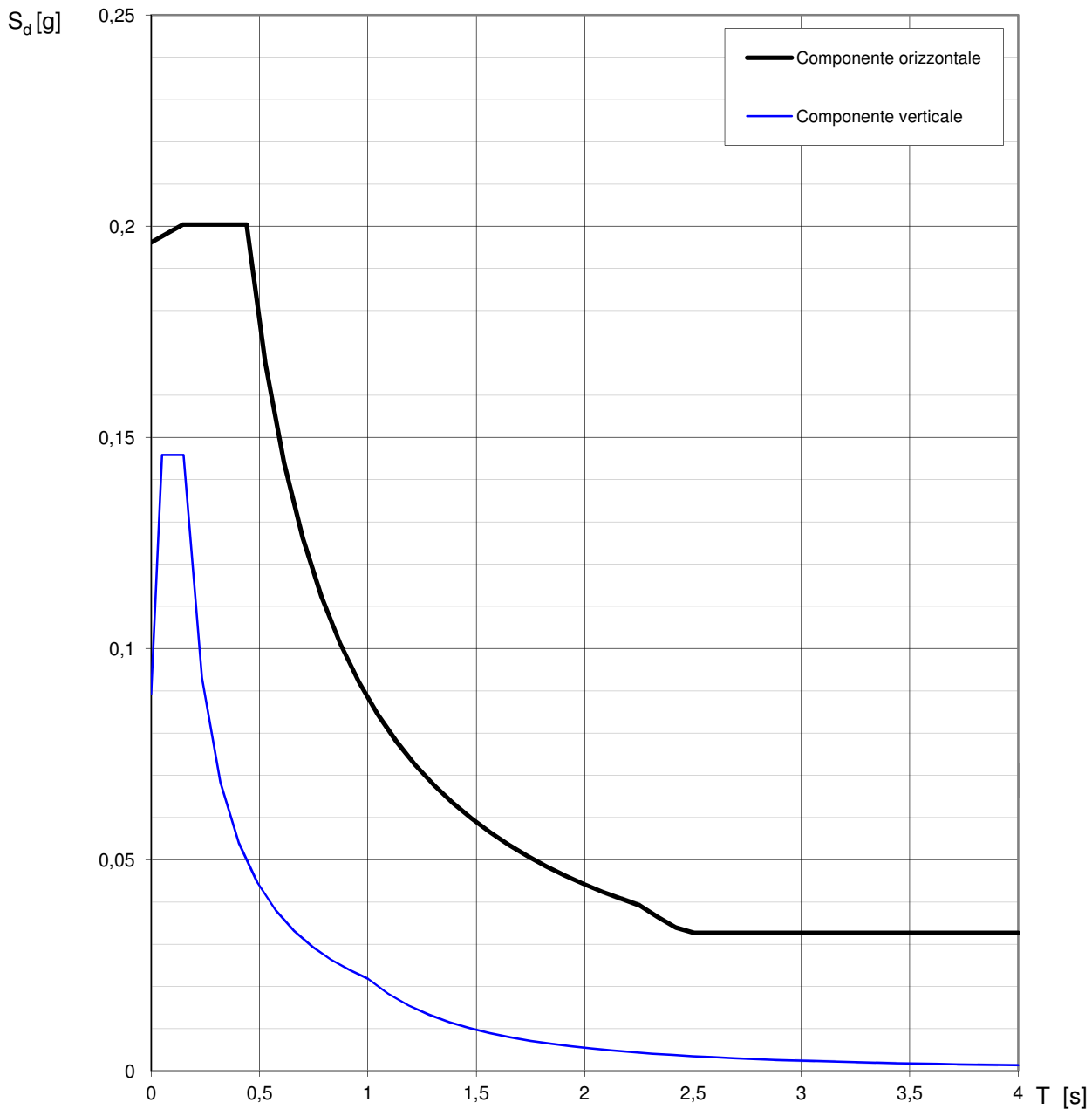
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	spettri 4	1,954	2,509	0,269
SLD	50	0,069	2,502	0,281
SLV	475	0,163	2,452	0,319
SLC	975	0,205	2,477	0,330

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,163 g
F_o	2,452
T_C^*	0,319 s
S_S	1,200
C_C	1,383
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
T_B	0,147 s
T_C	0,441 s
T_D	2,254 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

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

$$T_B = T_C / 3$$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,196
T_B ←	0,147	0,200
T_C ←	0,441	0,200
	0,527	0,168
	0,613	0,144
	0,700	0,126
	0,786	0,112
	0,872	0,101
	0,959	0,092
	1,045	0,084
	1,131	0,078
	1,218	0,073
	1,304	0,068
	1,390	0,064
	1,477	0,060
	1,563	0,056
	1,649	0,054
	1,736	0,051
	1,822	0,048
	1,908	0,046
	1,995	0,044
	2,081	0,042
	2,168	0,041
T_D ←	2,254	0,039
	2,337	0,036
	2,420	0,034
	2,503	0,033
	2,586	0,033
	2,670	0,033
	2,753	0,033
	2,836	0,033
	2,919	0,033
	3,002	0,033
	3,085	0,033
	3,169	0,033
	3,252	0,033
	3,335	0,033
	3,418	0,033
	3,501	0,033
	3,584	0,033
	3,667	0,033
	3,751	0,033
	3,834	0,033
	3,917	0,033
	4,000	0,033

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,089 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,338
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$$\eta = 1/q$$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

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

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

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

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

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

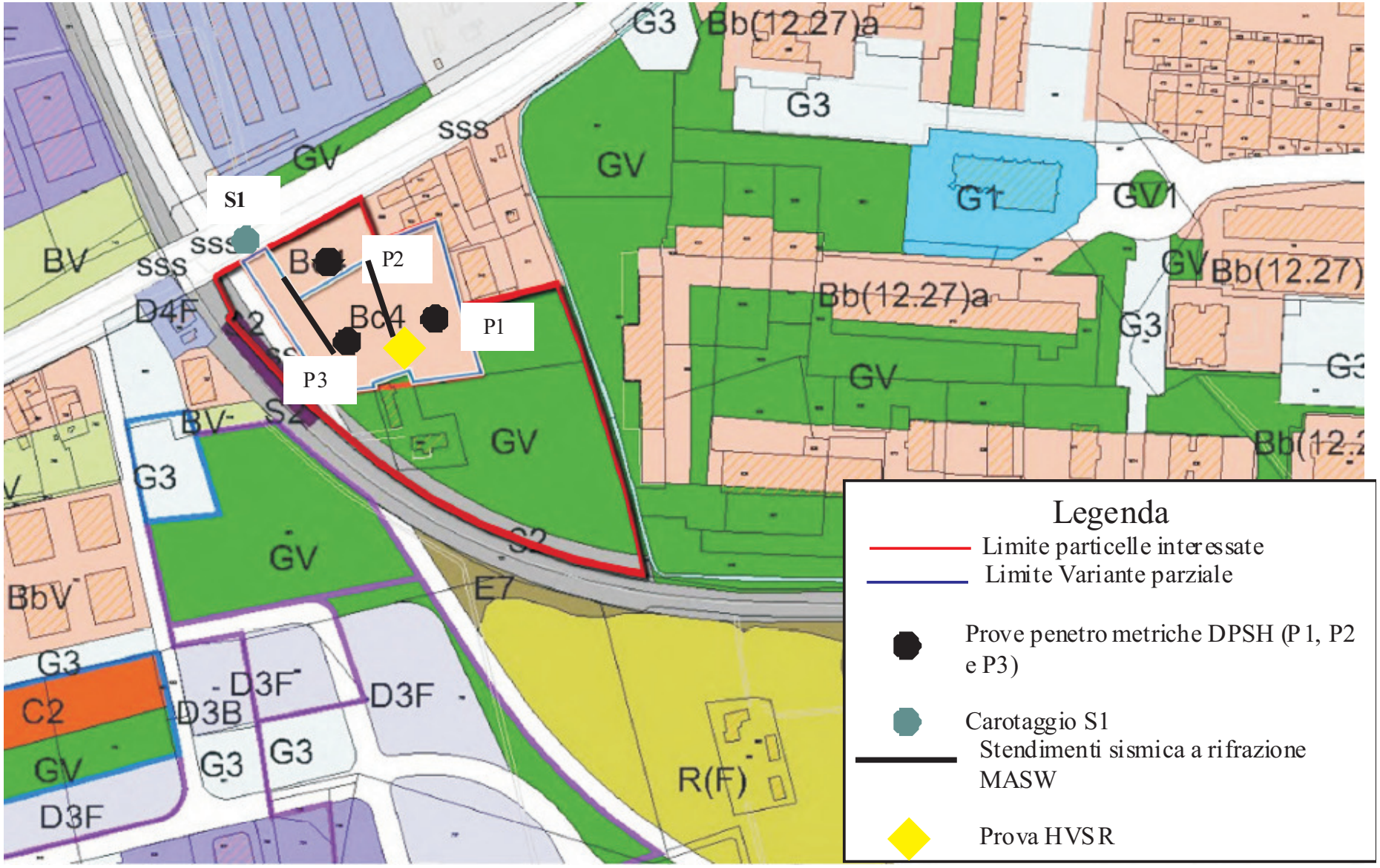
$$T_D \le T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,089
T_B ←	0,050	0,146
T_C ←	0,150	0,146
	0,235	0,093
	0,320	0,068
	0,405	0,054
	0,490	0,045
	0,575	0,038
	0,660	0,033
	0,745	0,029
	0,830	0,026
	0,915	0,024
T_D ←	1,000	0,022
	1,094	0,018
	1,188	0,016
	1,281	0,013
	1,375	0,012
	1,469	0,010
	1,563	0,009
	1,656	0,008
	1,750	0,007
	1,844	0,006
	1,938	0,006
	2,031	0,005
	2,125	0,005
	2,219	0,004
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,002
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

ESTRATTO DELLA CARTA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI SU BASE TAVOLA A DELLO ZONING DI VARIANTE

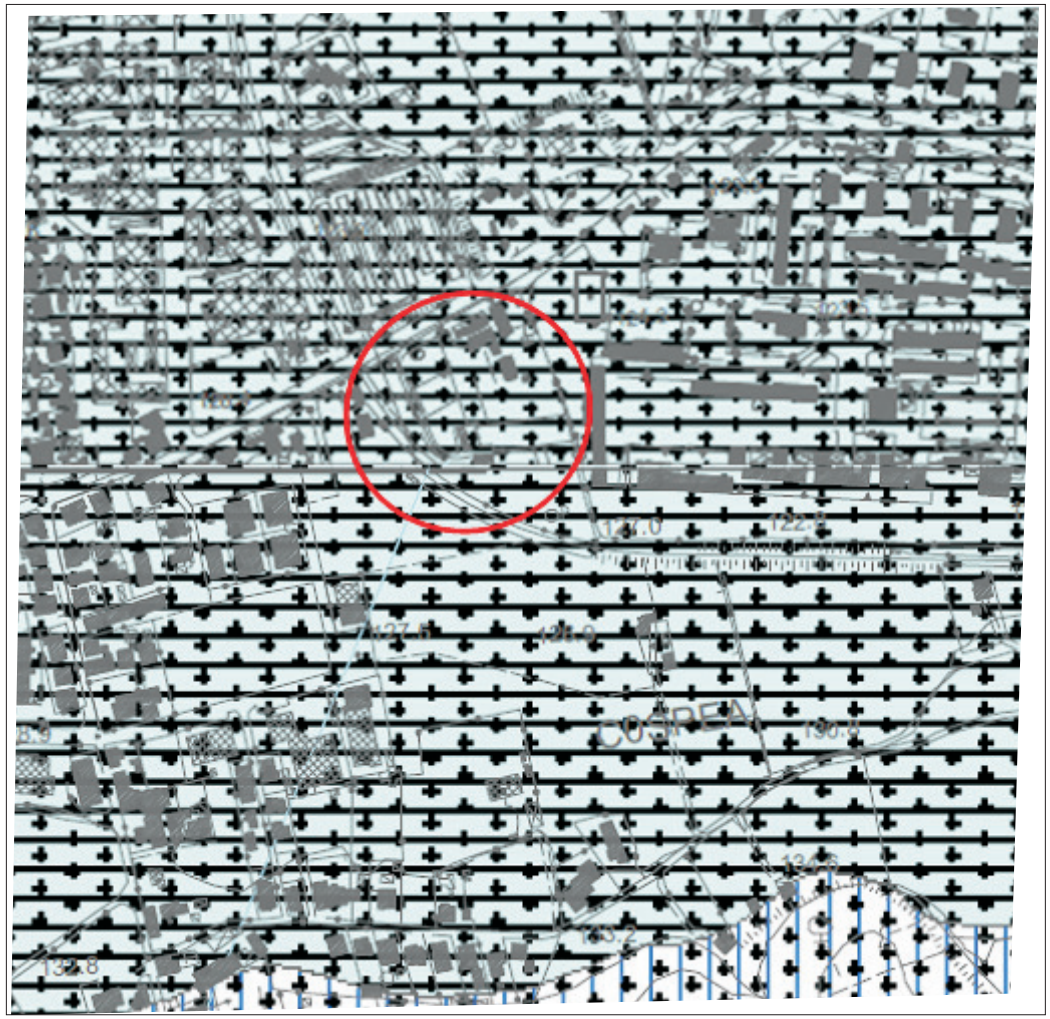


Dott.ssa Tatiana Nevi - Geologa

ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGICA DEL PRG DEL COMUNE DI TERNI CON INDICAZIONE AREA DI STUDIO

Equivalente alla **"Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" così come indicato negli " Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica" DPCN 2008.**

Scala 1/5.000



Area di fondovalle con copertura di sedimenti alluvionali su sedimenti
continentali coesivi e subordinatamente granulari, sovraconsolidati.
Spessori superiori a 100 m su calcari carbonatici Umbro-Marchigiano-Sabini

"Zona stabile suscettibile di amplificazione sismica locale"

aA

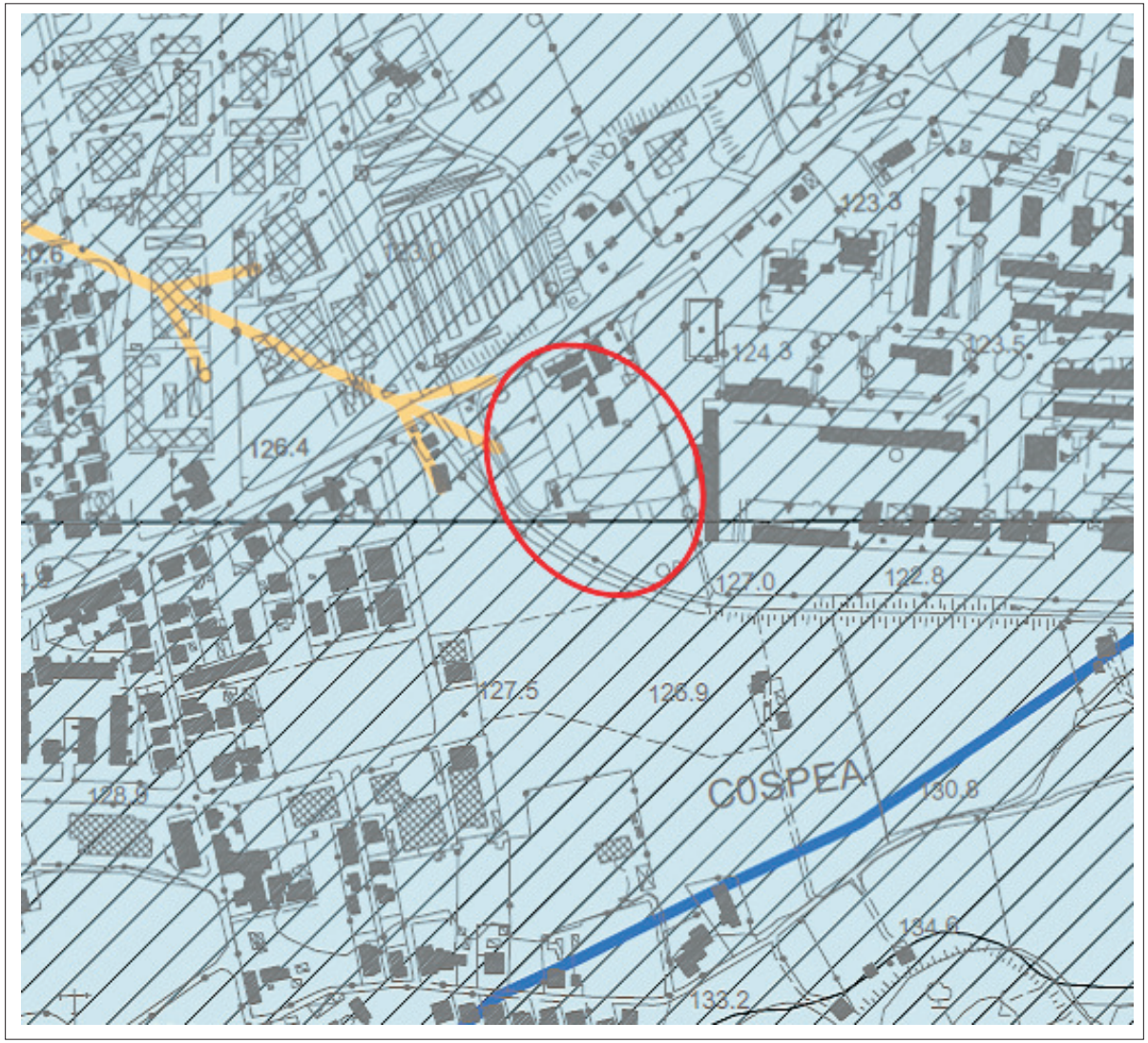
aB

ale

Alluvioni:
Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie
(aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)
(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 nè la dinamica attuale (Pleistocene)

Dott.ssa Tatiana Nevi - Geologa

ESTRATTO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA DEL PRG DEL COMUNE DI TERNI CON INDICAZIONE AREA DI STUDIO



PERMEABILITA' DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI

- Litologie aventi permeabilità alta
- Litologie aventi permeabilità media
- Litologie aventi permeabilità bassa

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

- Captazioni ad uso idropotabile
- Captazioni ad uso non idropotabile
- 120 — Isopieze in quote assolute
- 330 — Isopieze in quote assolute nelle formazioni carbonatiche
- Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali
- Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali
  - Certa
  - Probabile

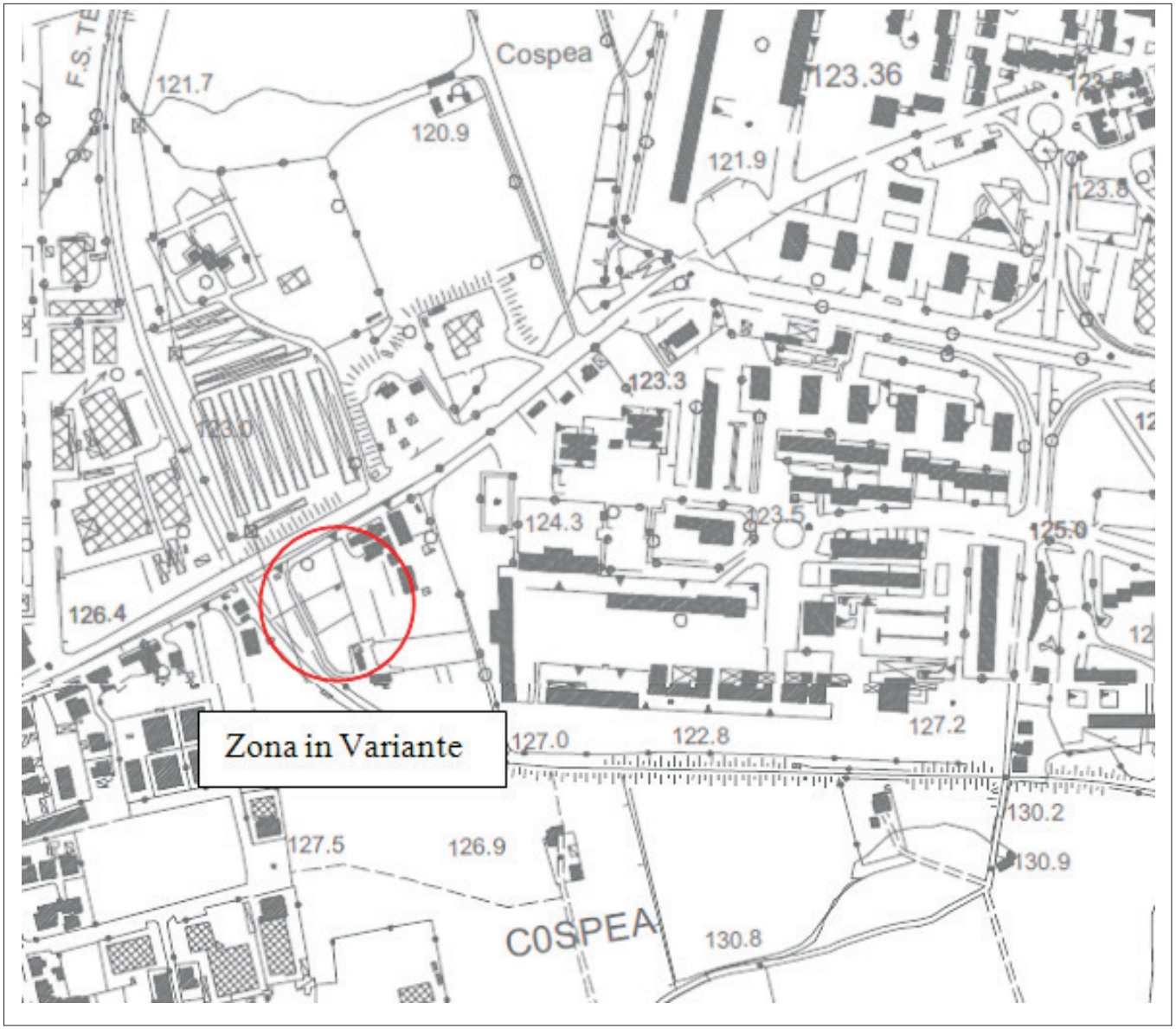
COMPLESSI IDROGEOLOGICI

- Alluvionale
- Bacino Tiberino

Falda idrica nell'area discontinua fino ad assente a causa della depressione indotta dai prelievi del campo pozzi Cospea e dei prelievi industriali interni al polo chimico della ex Polymer.
E' stata riscontrata una modesta falda solo nel sondaggio penetrometrico n1 e limitata tra -2 e -4 m.
Il carotaggio S1 fino a -20 m è risultato asciutto.

Dott.ssa Tatiana Nevi - Geologa

ESTRATTO DELLA CARTA DELLE AREE ESONDABILI - CARTA PAI BIS



Estratto cartografie PRG per il Rischio Idraulico.
Assenza di aree di esondazione.
Consultazione PAI BIS, conferma l'assenza di esondabilità dell'area di Variante

ESTRATTO DELLA CARTA DELLE ZONE SUSCETTIBILI A AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL PRG COMUNE DI TERNI CON INDICAZIONE AREA DI STUDIO

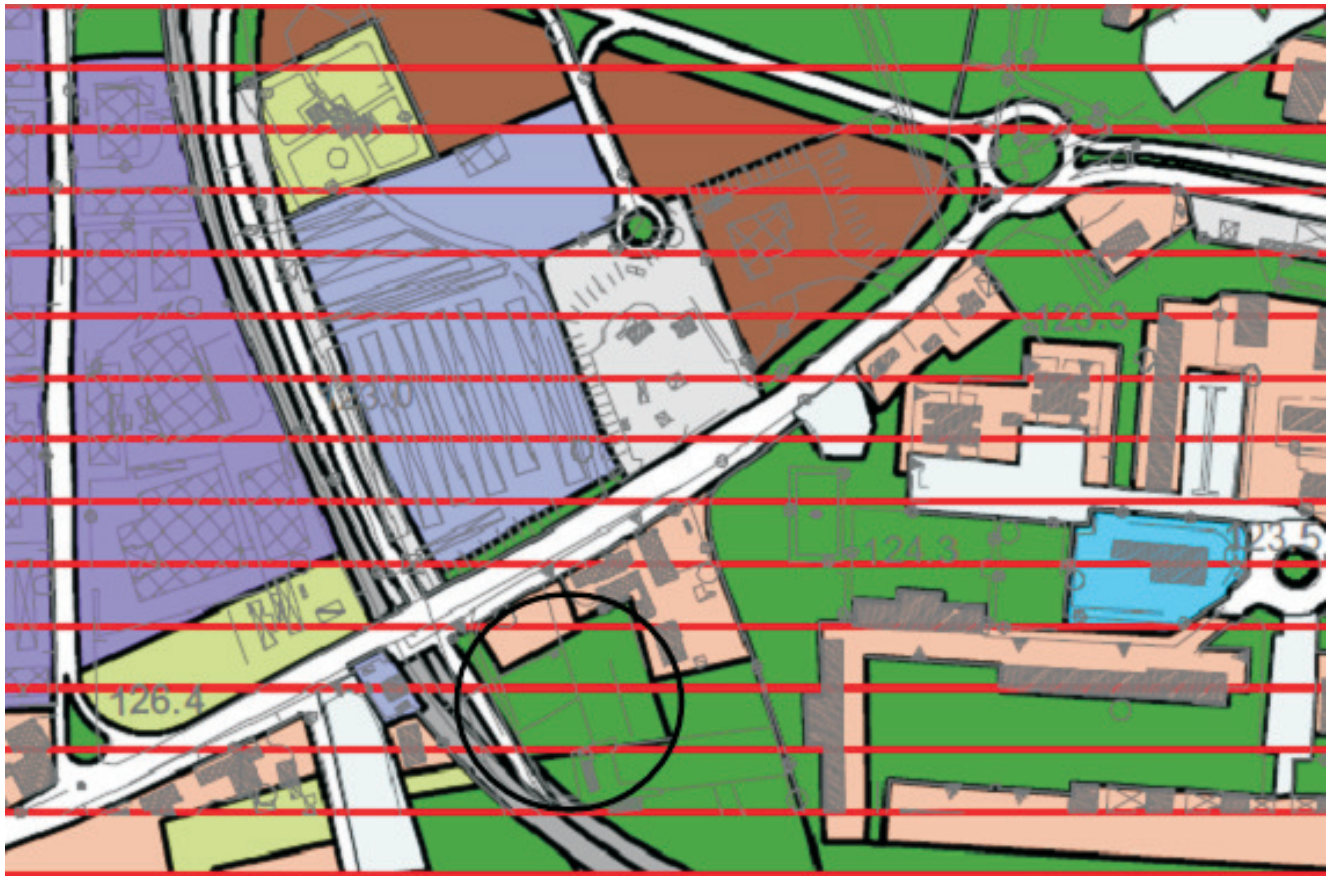
LEGENDA

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

	1	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
	2	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
	3	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
	7	Zona di fondovalle
	8	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione
	9	Zona di contatto tar litotipi con caratteristiche fisico-mec caniche molto diverse
Sezione 2		Traccia della sezione interpretativa

Dott.ssa Tatiana Nevi - Geologa

ESTRATTO DELLA CARTA IDONEITA' GEOLOGICO AMBIENTALE ALLA DESTINAZIONE URBANISTICA DEL PRG COMUNE DI TERNI CON INDICAZIONE AREA DI STUDIO



LEGENDA

CLASSE A: ZONA EDIFICABILE
Aree nelle quali sono assenti elementi morfogenetici di dissesto e/o di erosione; le caratteristiche morfologiche dei versanti e le proprietà litotecniche dei terreni sono tali da non ingenerare situazioni di instabilità diffusa.
Aree individuate nella carta inventario dei fenomeni franosi del PAI quali dissesti di tipo inattivo o presunto.
Aree individuate a rischio di inondazione nel PAI, Fascia C del fiume Nera.

CLASSE B: ZONA AD EDIFICABILITA' CONDIZIONATA
Aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di dissesto (movimenti franosi quiescenti) o fenomeni di erosione accentuata e di ruscellamento diffuso.
Aree con caratteristiche morfologiche dei versanti e proprietà litotecniche dei terreni tali da favorire situazioni locali di instabilità.
Aree individuate a rischio elevato di inondazione nel PAI, Fascia B del fiume Nera.
Fascia circumlacuale del lago di Piediluco, zone A1 e A2 del PS3

Dott.ssa Tatiana Nevi - Geologa

Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18
05100 Terni (TR)
www.societageologica.it

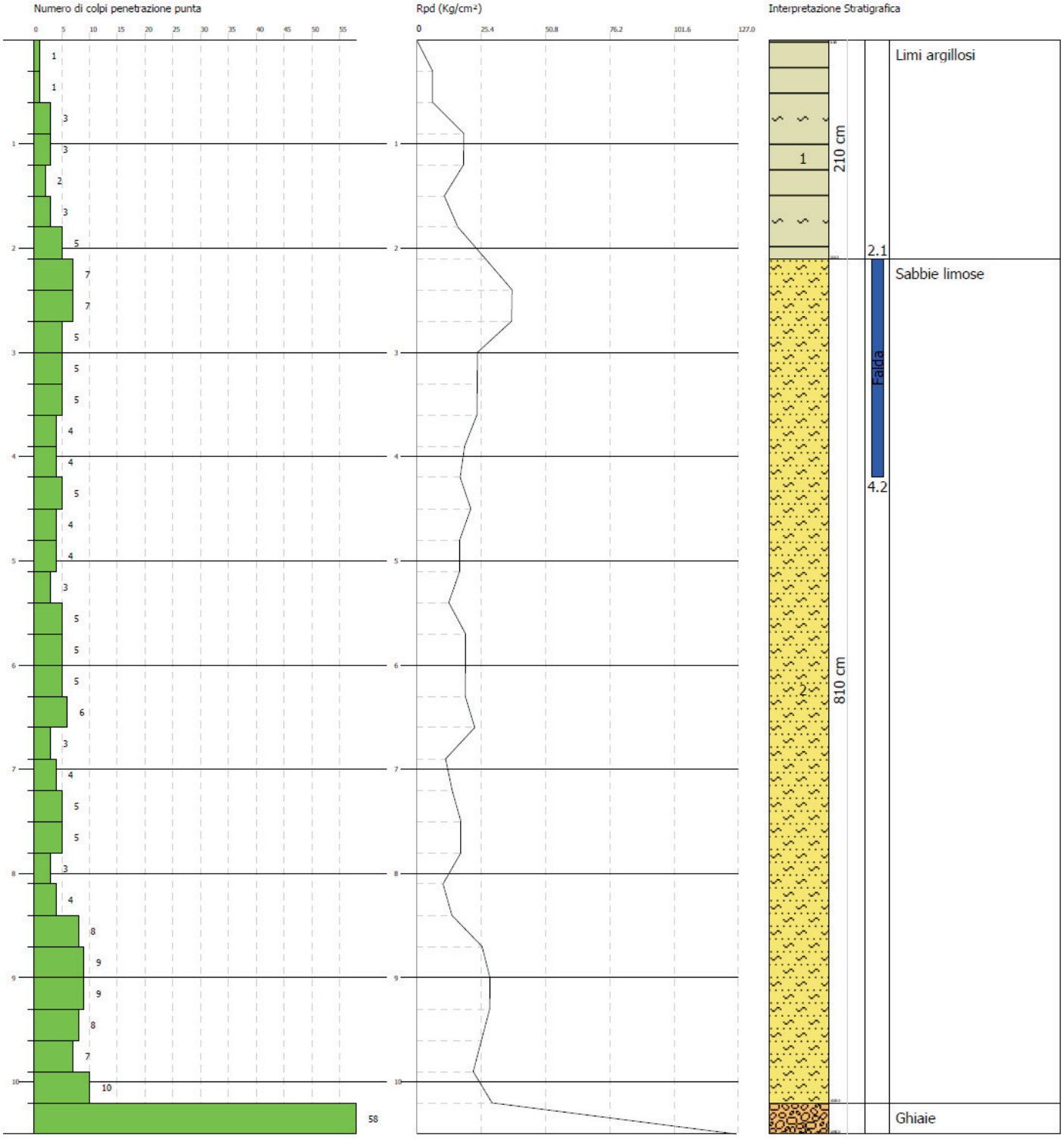
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° 0004895. del 26/04/2012 .

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Data: 17/10/2013

Località: Via Narni - Terni (TR)

Scala 1:58



Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18
05100 Terni (TR)
www.societageologica.it

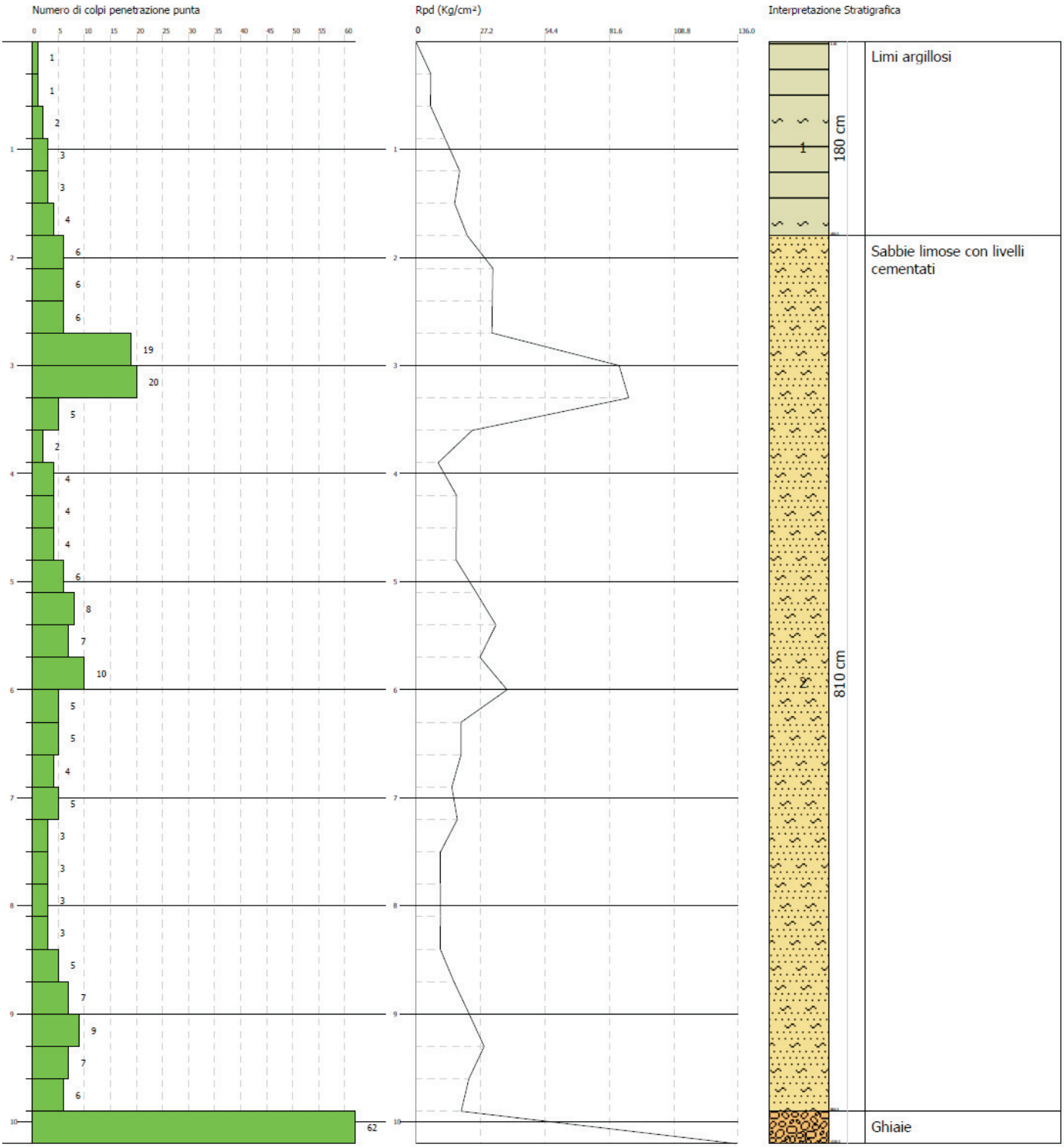
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° 0004895. del 26/04/2012 .

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Data: 17/10/2013

Località: Via Narni - Terni (TR)

Scala 1:56



Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18
05100 Terni (TR)
www.societageologica.it

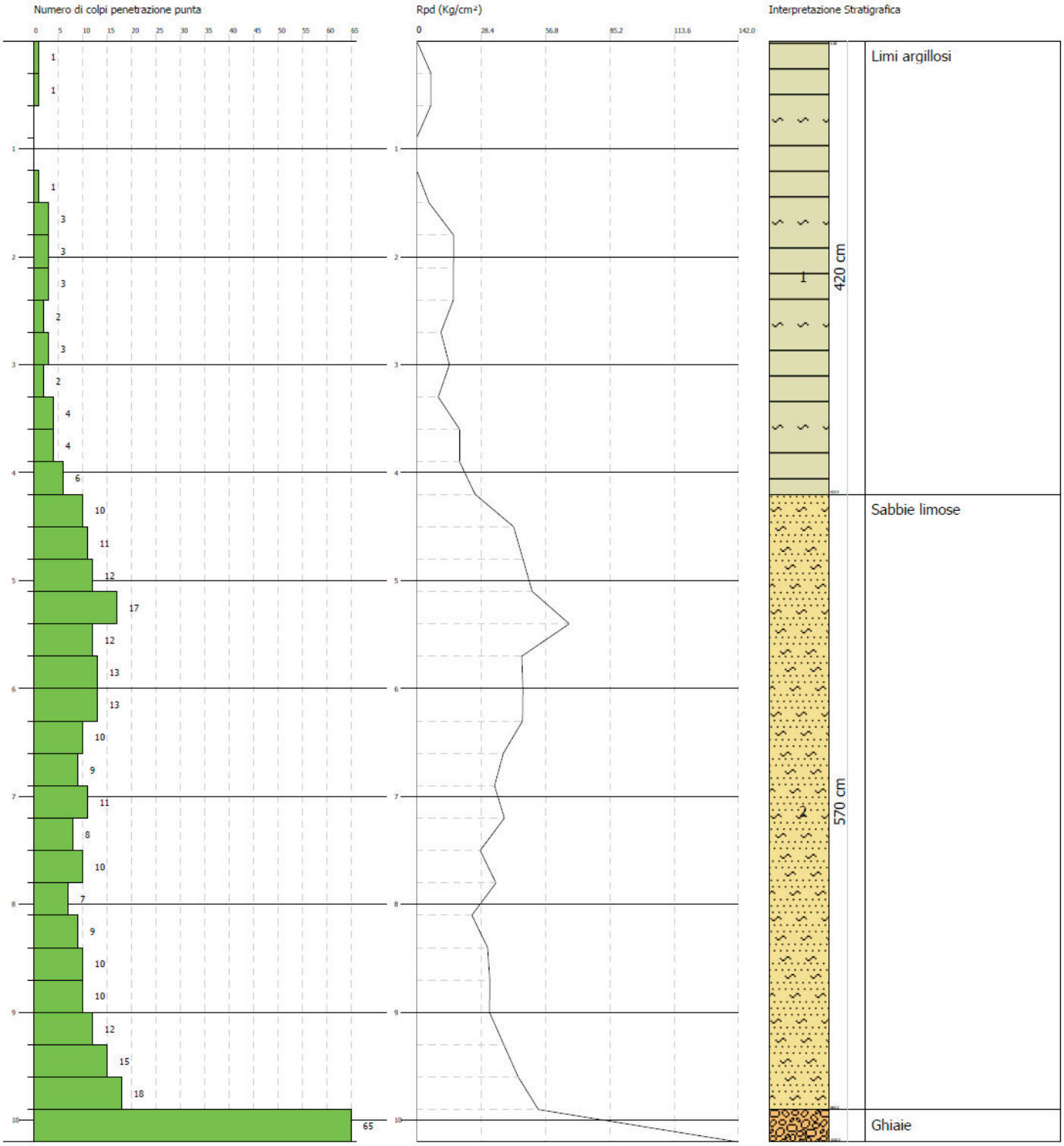
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° 0004895. del 26/04/2012 .

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Data: 17/10/2013

Località: Via Narni - Terni (TR)

Scala 1:56



UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Legenda

Prove penetrometriche dinamiche DPSH (PAGANI TG 73-100)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Prova penetrometrica Pp1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Prova penetrometrica Pp2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Prova penetrometrica Pp3

DOTT. GEOL. PAOLO PACCARA DOTT.SSA GEOL. TATIANA NEVI

ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE MASW

(Multichannel Analysis of Surface Waves)

SITO: VIA NARNI (TR)

Data: OTTOBRE 2013

II metodo ***MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)*** una tecnica dí indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

II contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), perciò le onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda conte si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

II metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. II metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30 m - 50 m, in funzione della rigidezza del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in tre fasi:

· calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento, energizzando alternativamente ai due estremi dello stendimento;

· calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001)

· calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998)

· individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vsv, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vsv e di compressione VP (o in alternativa il coefficiente di Poisson u), la densità di massa r degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.
L'affidabilità del profilo di velocità Vs trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

Nel metodo dei "**Refraction Microtremor - REMI**" (Louie, 2001) si registra il segnale relativo a microtremori spontaneamente presenti nell'ambiente (cioè sollecitazioni di qualsiasi origine, anche antropica, provenienti da sorgenti ignote e isotropiche (disposte in tutte le direzioni) rispetto allo stendimento geofonico. A causa della bassa intensità dei microtremori il rapporto segnale rumore non è ottimale e, quindi si incrementa il tempo di registrazione (minimo 30 secondi). Per evidenziare la dispersione delle onde di Rayleigh alle basse frequenze abbiamo inoltre bisogno di stendimenti sismici abbastanza lunghi (da 60 a 150-200 m); a volte, per valutare l'influenza della direttività del segnale, può essere infine necessario utilizzare 2 stendimenti ortogonali o uno stendimento circolare.

Strumentazione utilizzata:

Sismografo digitale SARA Instruments a 16 canali e 16 Bit:

Dotato di

- registrazione ad incremento di segnale (stacking);
- funzione di monitoring dei disturbi;
- dispositivi di filtraggio selettivo;
- ritardo di acquisizione preselezionabile;
- interfaccia seriale per lo scaricamento dei dati.

Geofoni verticali

Dotati di

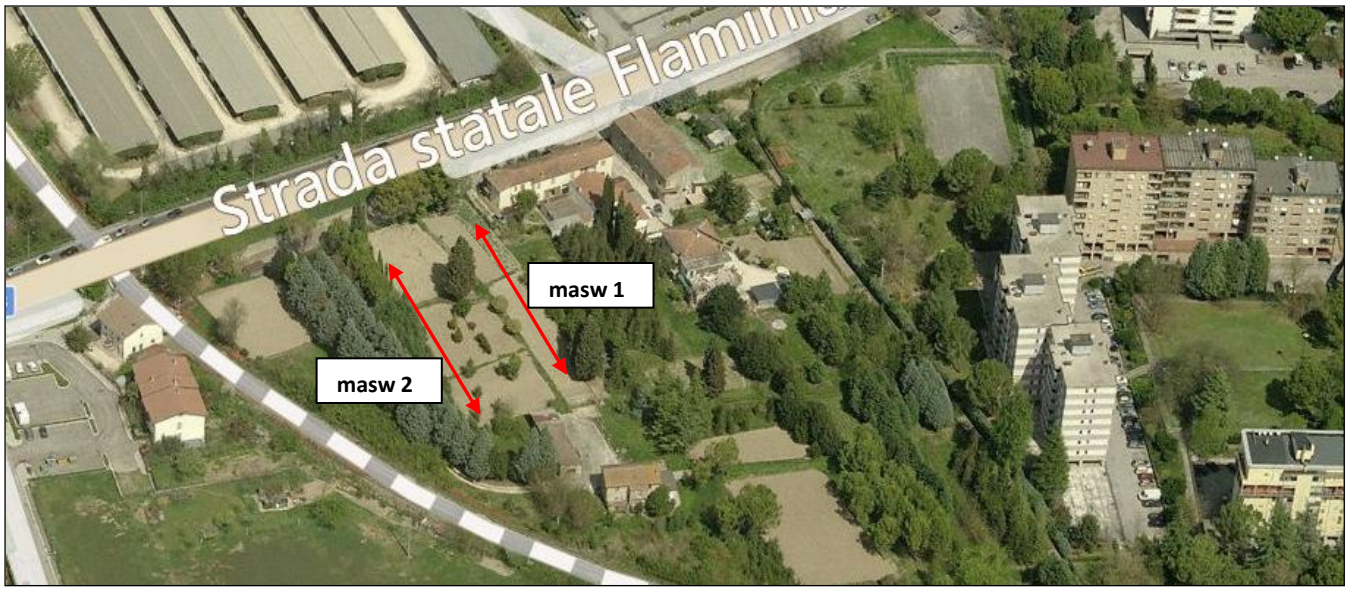
- frequenza caratteristica di 4,5 Hz, consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, collegati al sismografo tramite degli appositi cavi multipolari;
- massa movente di 23.6 g

- tripodi di appoggio per superfici compatte;

Accessori

- Cavi sismici multipolari 16 prese interasse massimo 5 m;
- Sorgente sismica con Massa battente da 8 Kg e piastra di energizzazione terreno di diametro 25 cm;
- Geofono starter per la funzione time-break:
- PC per registrazione dati
- interfaccia DOREMI posta tra la catena strumentale e il personal computer

Ubicazione stendimenti sismici su foto aerea



MASW 1

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....16
Distanza tra i sensori:.....2m
Numero di campioni temporali 2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 16
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

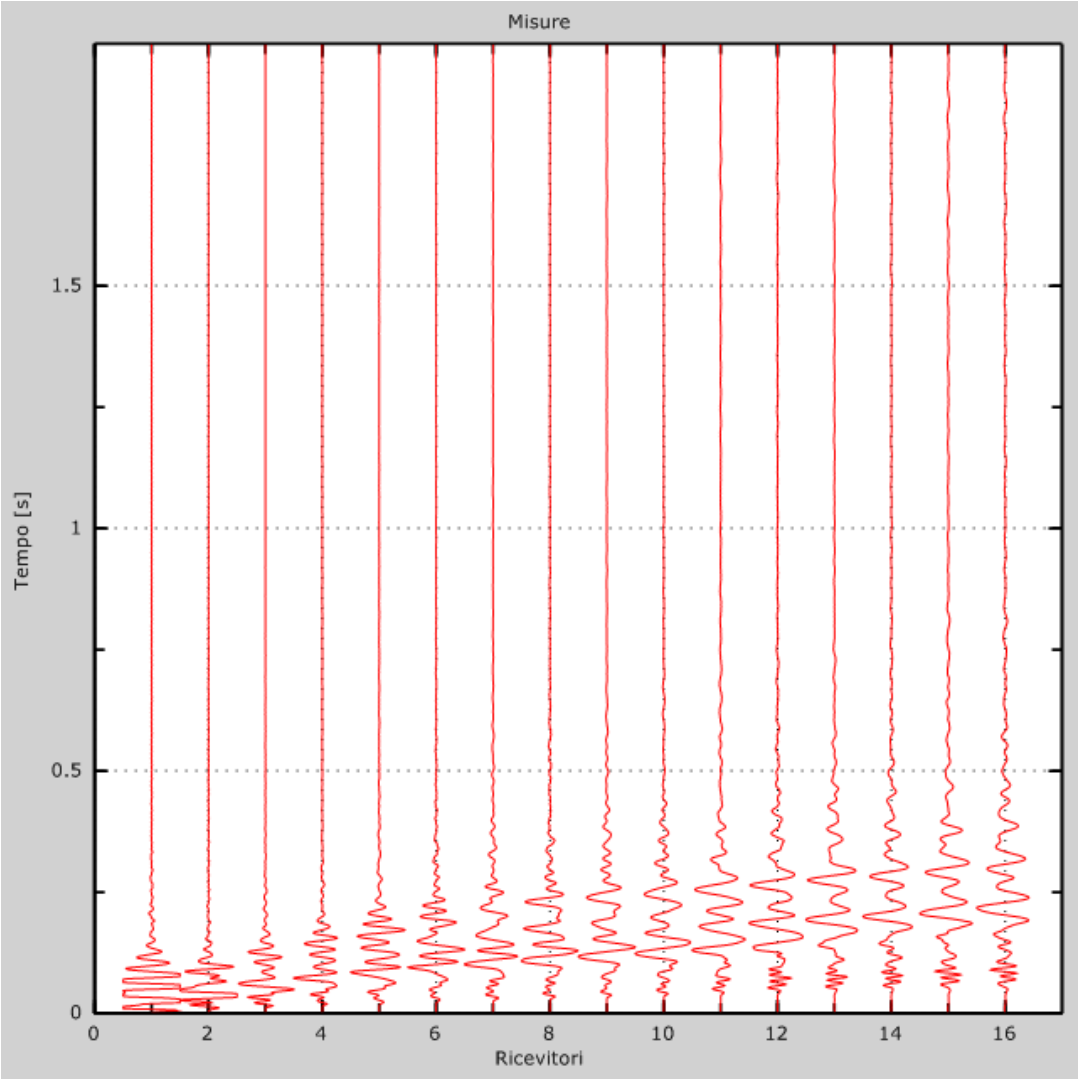


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 55Hz
Frequenza iniziale 2Hz

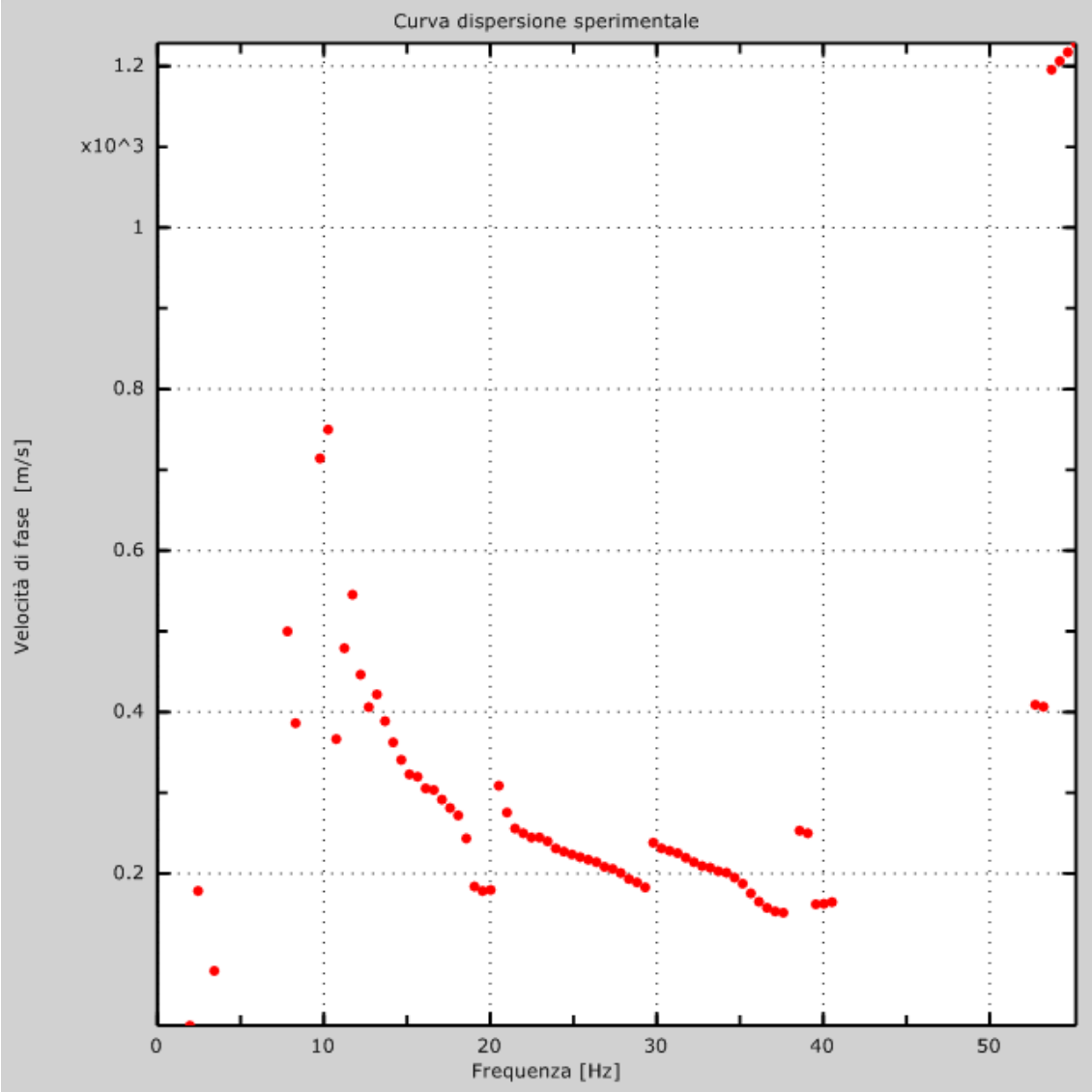


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....16
Numero di campioni temporali 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 16
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

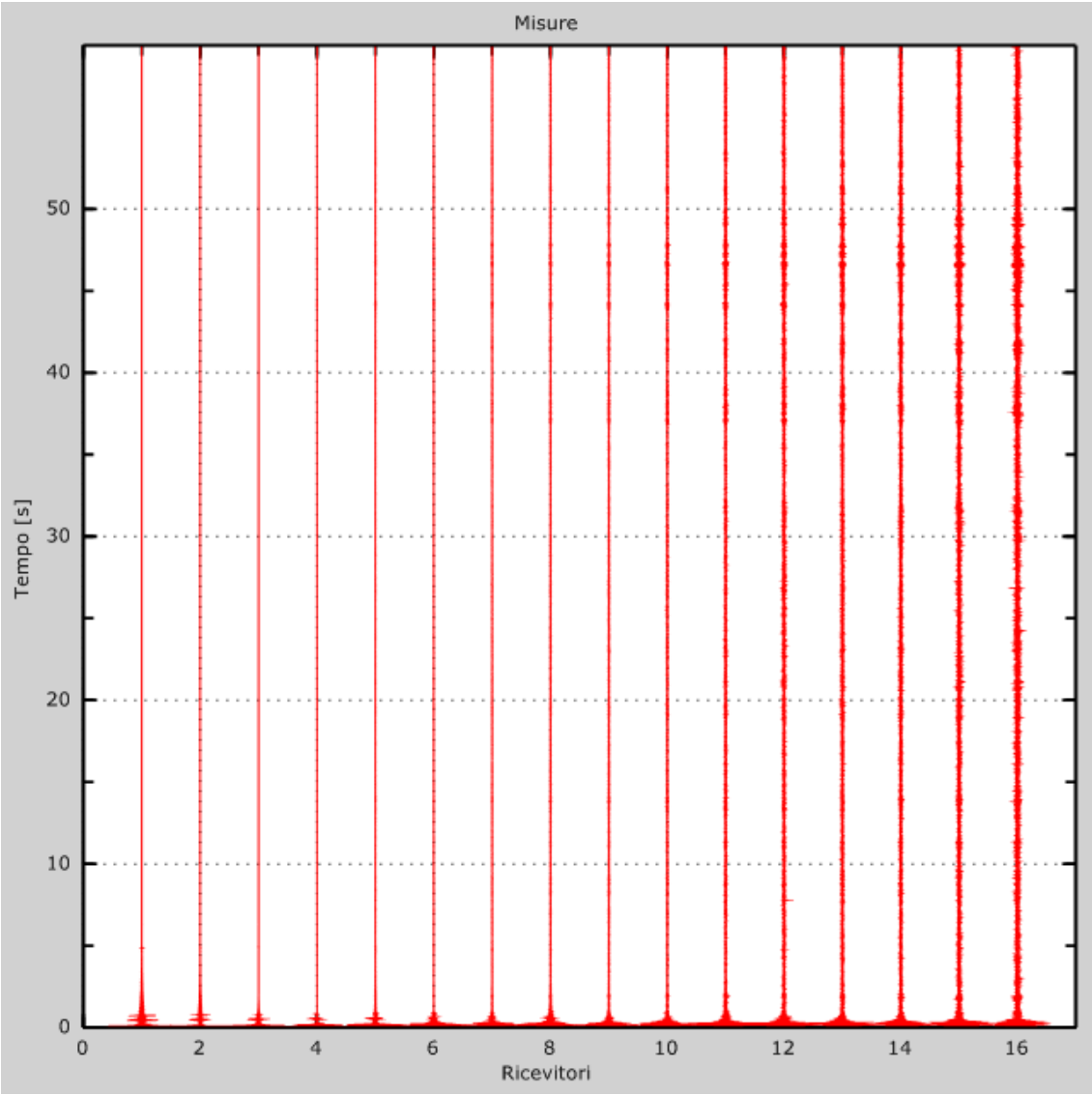


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
10.0098	732.143	658.929	805.357
12.6953	406.25	365.625	446.875
15.3809	321.458	289.312	353.604
18.0664	272.059	244.853	299.265
20.752	292.232	263.009	321.456
23.4375	240	216	264
26.123	215.749	194.174	237.324
28.8086	189.103	170.192	208.013
31.4941	222.473	200.226	244.721
34.1797	201.149	181.034	221.264
36.8652	155.394	139.855	170.934
39.5508	162	145.8	178.2

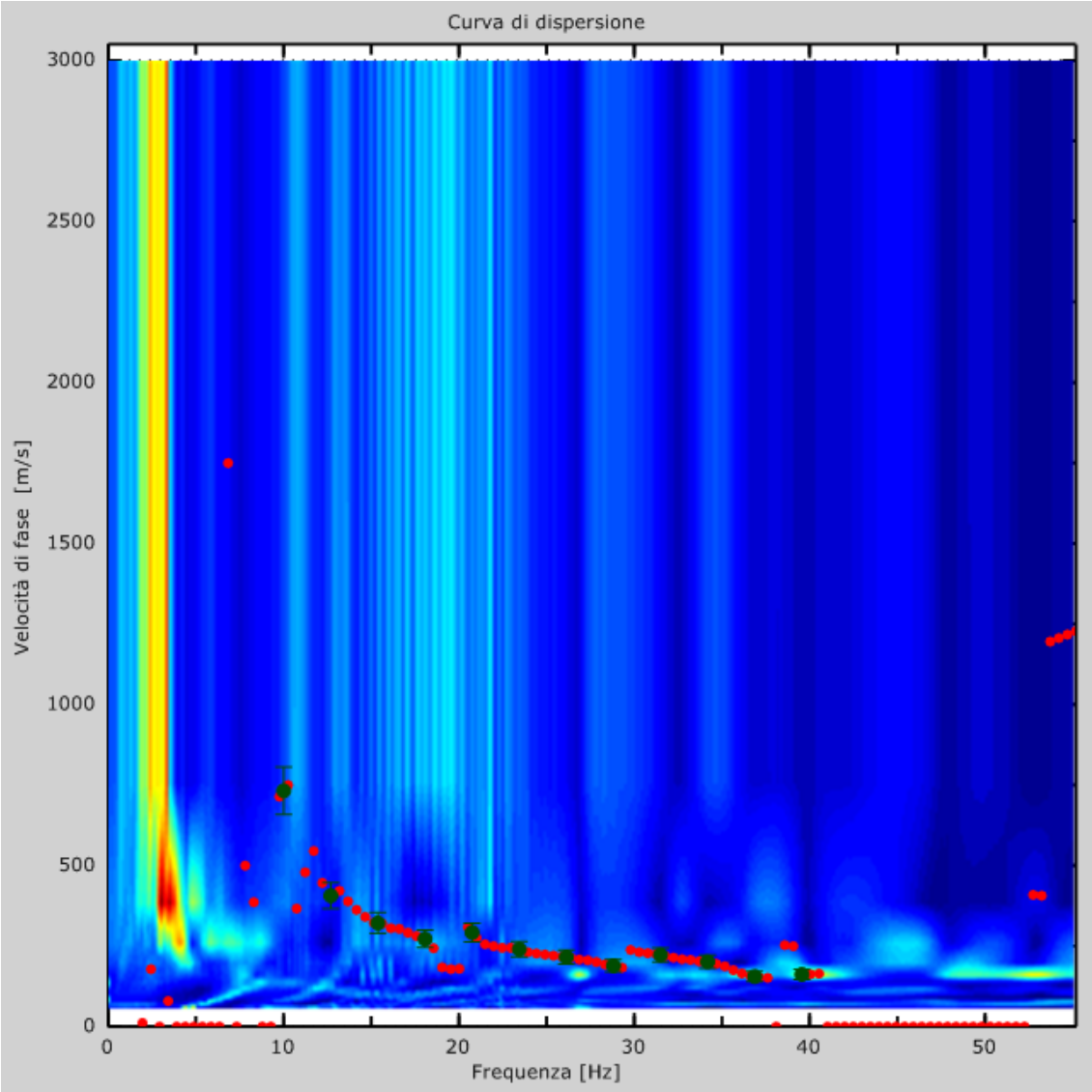


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (incluso semispazio) 4
Spaziatura ricevitori 2m
Numero ricevitori 16
Numero modi 1
Numero iterazioni 1
Massimo errore [%] 2.000000e-001
Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.35
Vs [m/s] 180
Vp [m/s] 375
Vs min [m/s] 90
Vs max [m/s] 360
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 180

Strato 2

h [m] 8
z [m] ..... -10
Densità [kg/m^3] 1850
Poisson 0.3
Vs [m/s] 302
Vp [m/s] 565
Vs min [m/s] 151
Vs max [m/s] 605
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 302

Strato 3

h [m] 11
z [m] ..... -21
Densità [kg/m^3] 2000
Poisson 0.25
Vs [m/s] 451

Vp [m/s] 781
Vs min [m/s] 226
Vs max [m/s] 903
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 451

Strato 4

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2100
Poisson 0.2
Vs [m/s] 813
Vp [m/s] 1328
Vs min [m/s] 407
Vs max [m/s] 1627
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 813

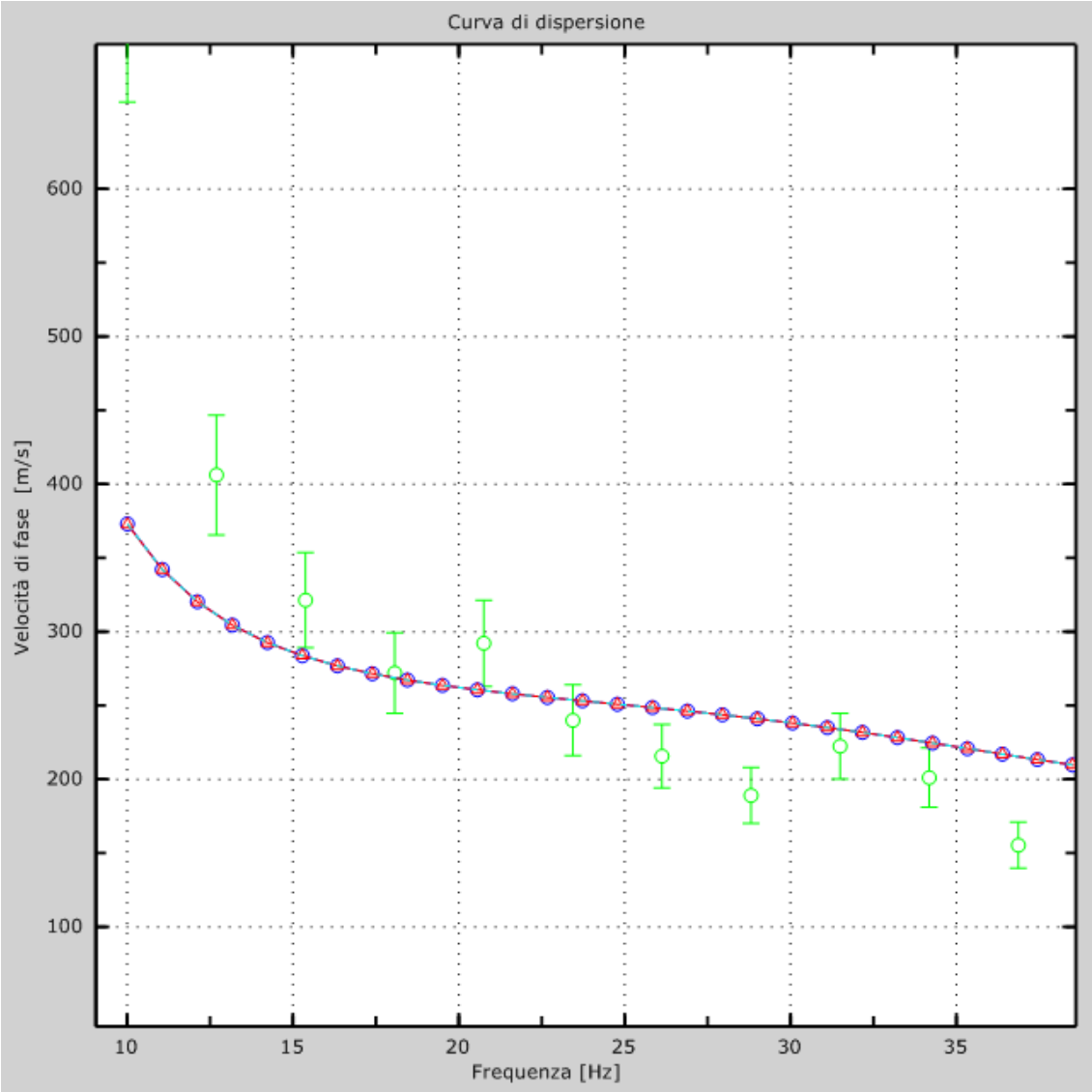


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

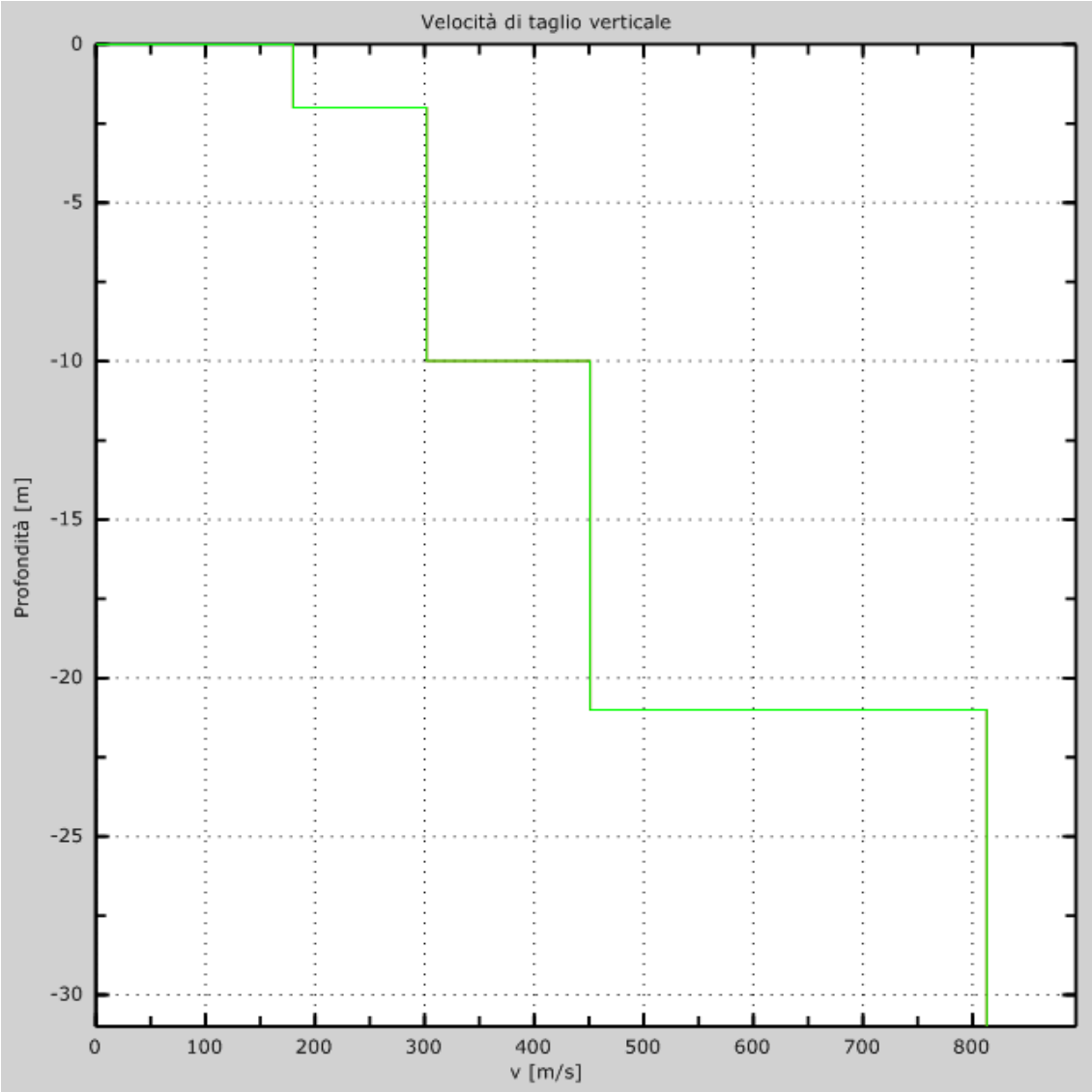


Figura 6: Velocità

6 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0
Vs30 [m/s].....410
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 4
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità
Tipo di suolo .....B

Tipo di suolo

- Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- **Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenticon spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50nei terreni a granagrossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).**
- Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni agrana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
- Tipo D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamenteconsistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
- Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento(con Vs > 800 m/s).
- Tipo S1: Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- Tipo S2: Depositi di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1.Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

MASW 2

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....16
Distanza tra i sensori:.....2m
Numero di campioni temporali 2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 16
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

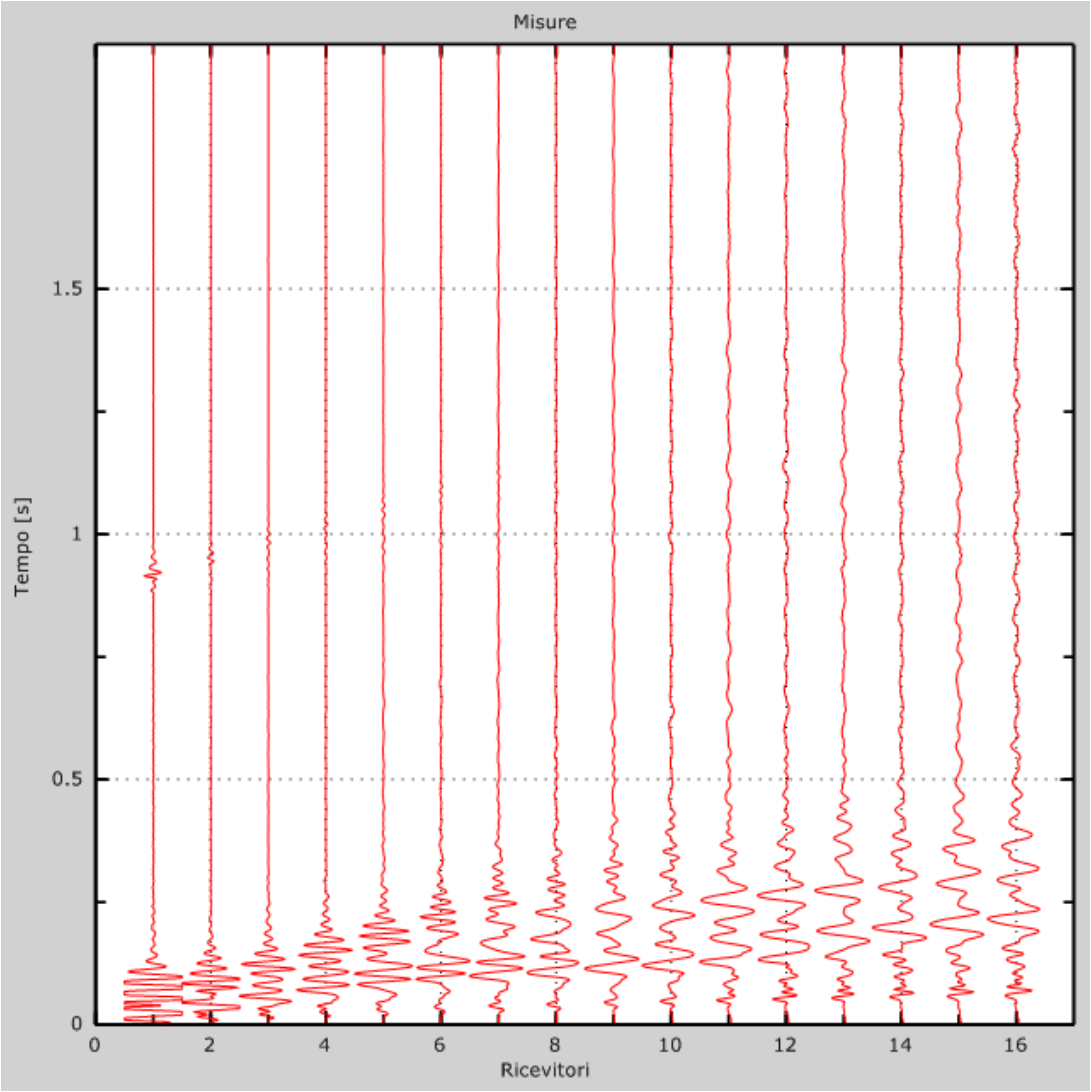


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50Hz
Frequenza iniziale 2Hz

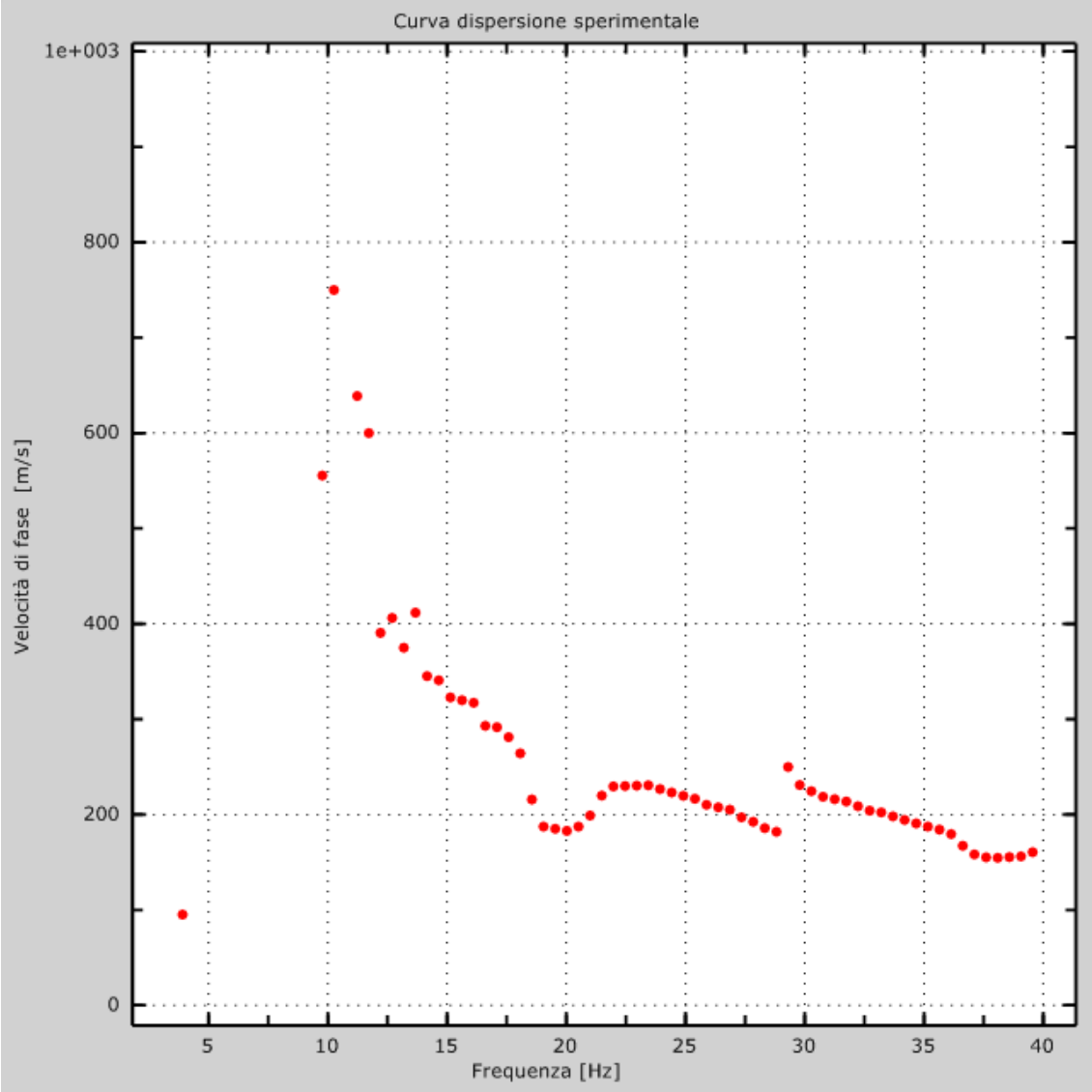


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....16
Numero di campioni temporali 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 16
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

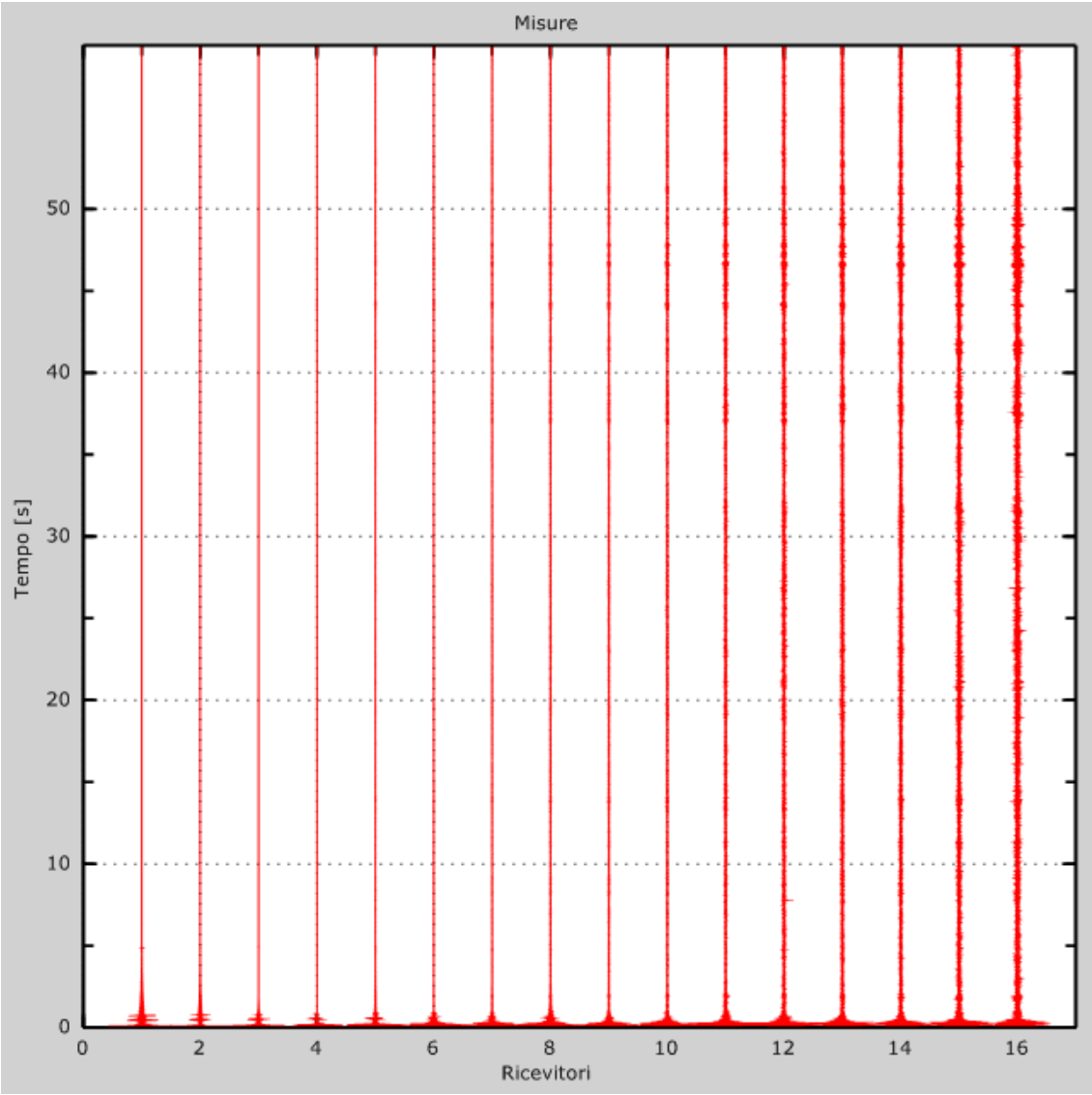


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
11.7188	600	540	660
14.1602	345.238	310.714	379.762
16.6016	293.103	263.793	322.414
19.043	187.5	168.75	206.25
21.4844	220	198	242
23.9258	226.852	204.167	249.537
26.3672	207.692	186.923	228.462
28.8086	182.099	163.889	200.309
31.25	216.216	194.595	237.838
33.6914	198.276	178.448	218.103
36.1328	179.612	161.65	197.573
38.5742	155.512	139.961	171.063

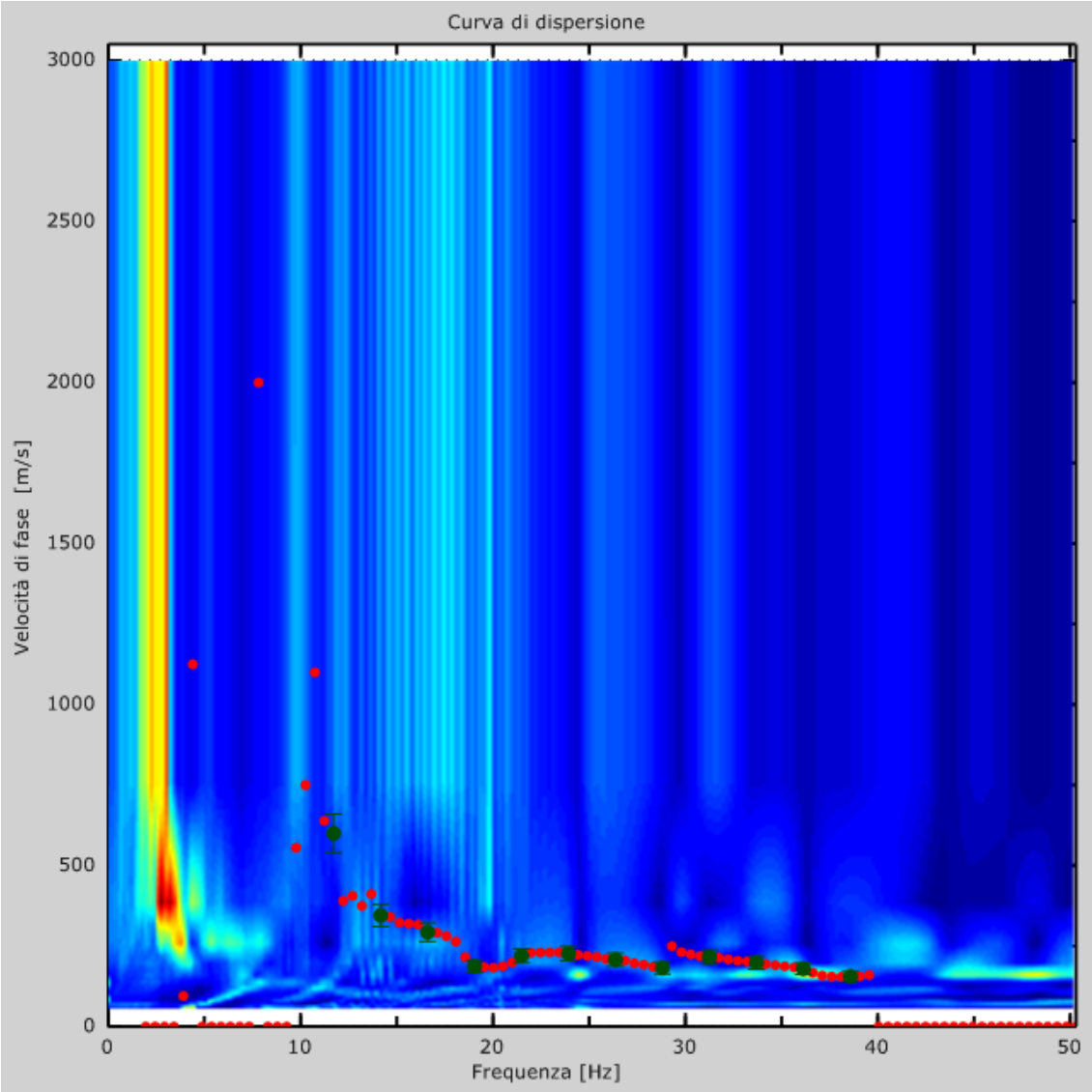


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (incluso semispazio) 4
Spaziatura ricevitori 2m
Numero ricevitori 16
Numero modi 1
Numero iterazioni 1
Massimo errore [%] 2.000000e-001
Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.35
Vs [m/s] 173
Vp [m/s] 360
Vs min [m/s] 86
Vs max [m/s] 346
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 173

Strato 2

h [m] 7
z [m] ..... -9
Densità [kg/m^3] 1850
Poisson 0.3
Vs [m/s] 289
Vp [m/s] 541
Vs min [m/s] 147
Vs max [m/s] 434
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 289

Strato 3

h [m] 9
z [m] ..... -18
Densità [kg/m^3] 1950
Poisson 0.25
Vs [m/s] 384

Vp [m/s] 665
Vs min [m/s] 192
Vs max [m/s] 576
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 384

Strato 4

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2100
Poisson 0.2
Vs [m/s] 667
Vp [m/s] 1089
Vs min [m/s] 333
Vs max [m/s] 1333
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 667

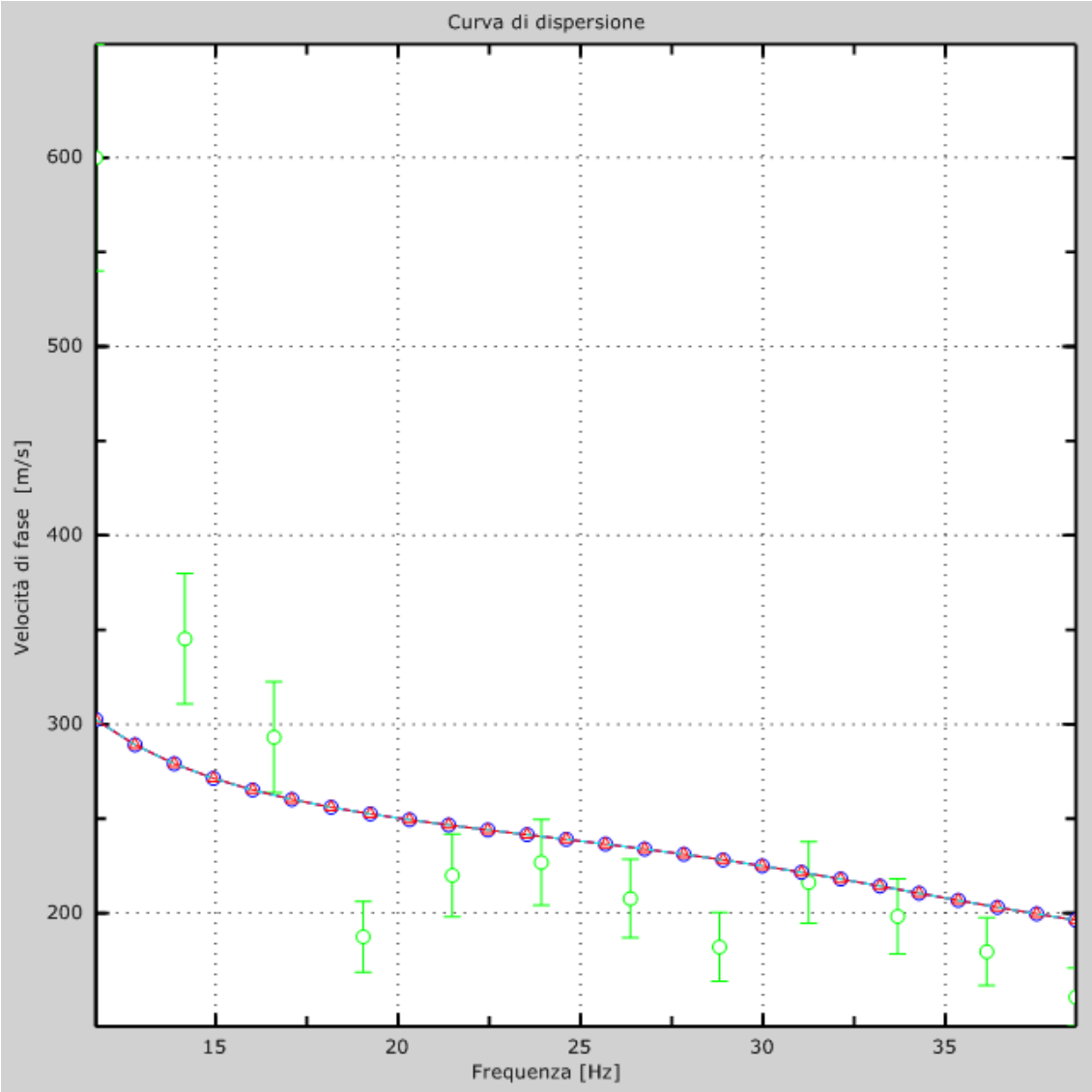


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

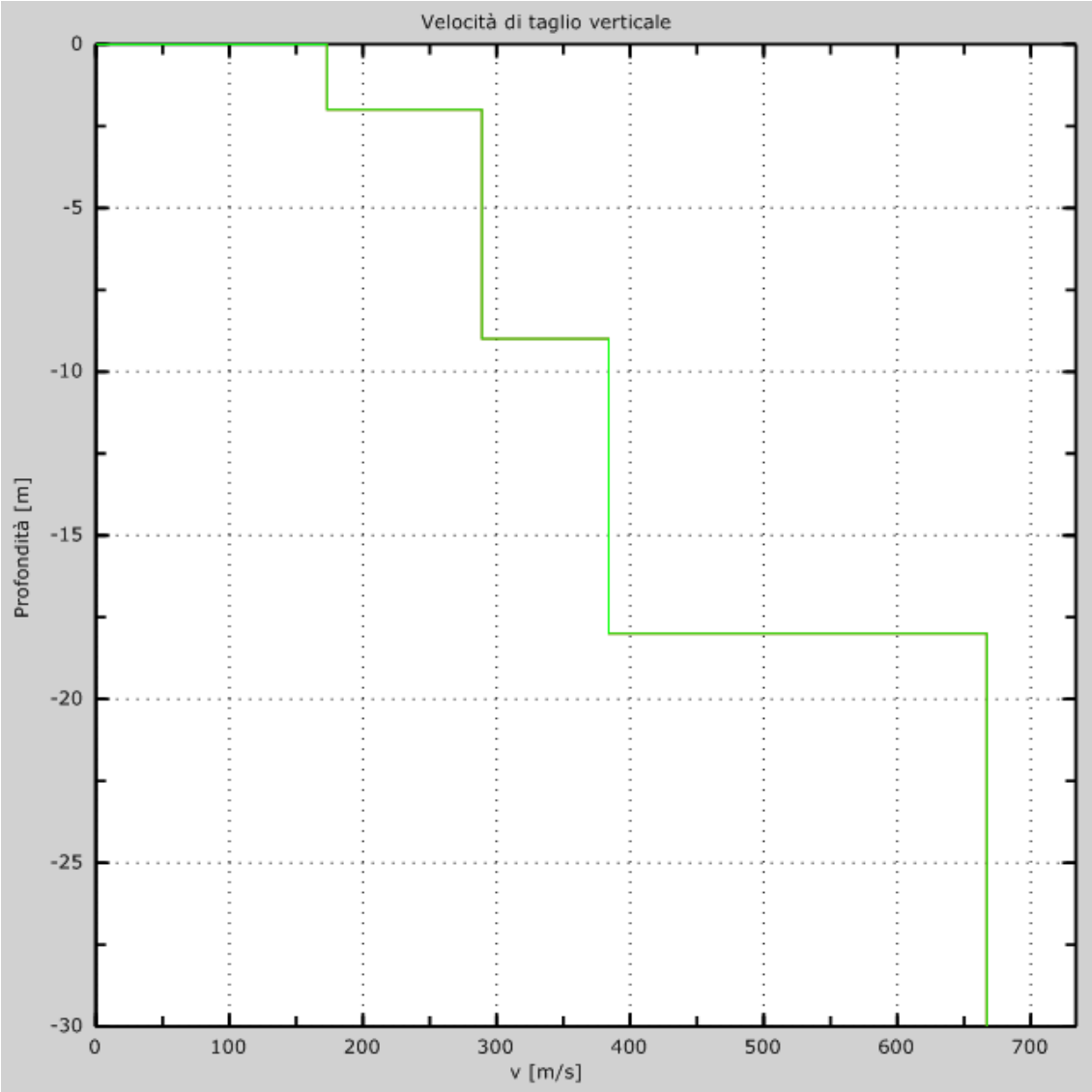


Figura 6: Velocità

6 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0
Vs30 [m/s].....388
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 4
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità
Tipo di suolo ..... B

Tipo di suolo

- Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- **Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenticon spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50nei terreni a granagrossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).**
- Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni agrana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
- Tipo D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamenteconsistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
- Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento(con Vs > 800 m/s).
- Tipo S1: Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- Tipo S2: Depositi di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1.Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

INDAGINE GEOFISICA TRAMITE TECNICA HVSR

SITO: Via Narni - località Cospea (TR)

DATA: ottobre 2013

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuate, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo

valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

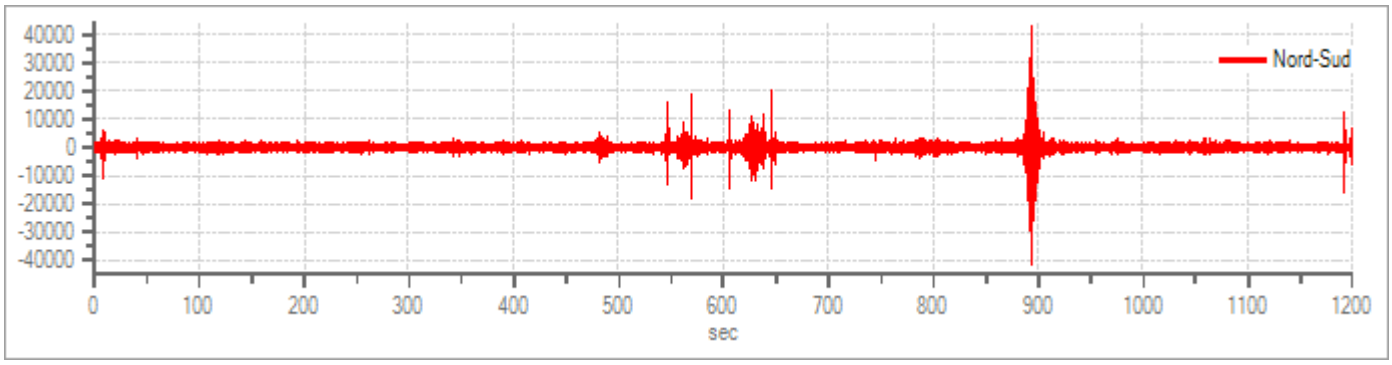
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

Tracce in input

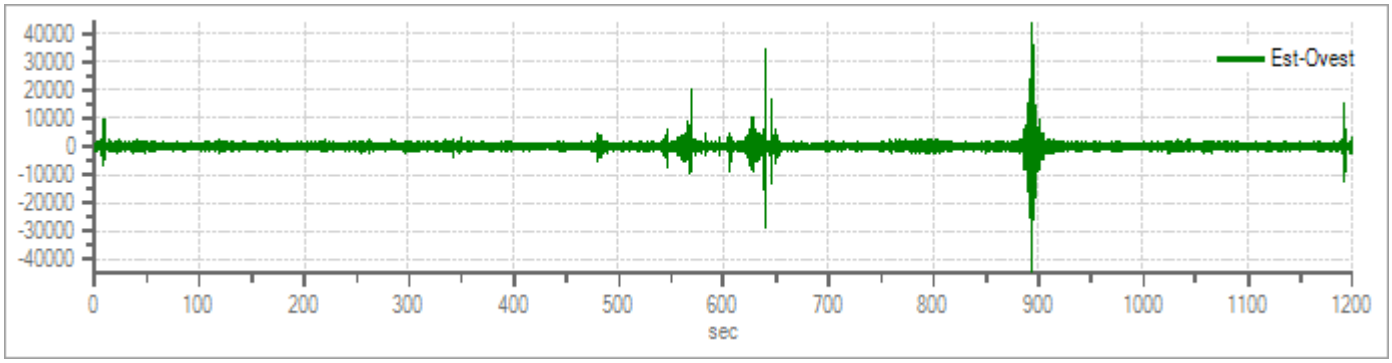
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3	
Durata registrazione:	1200	s
Frequenza di campionamento:	300,00	Hz
Numero campioni:	360000	
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.	

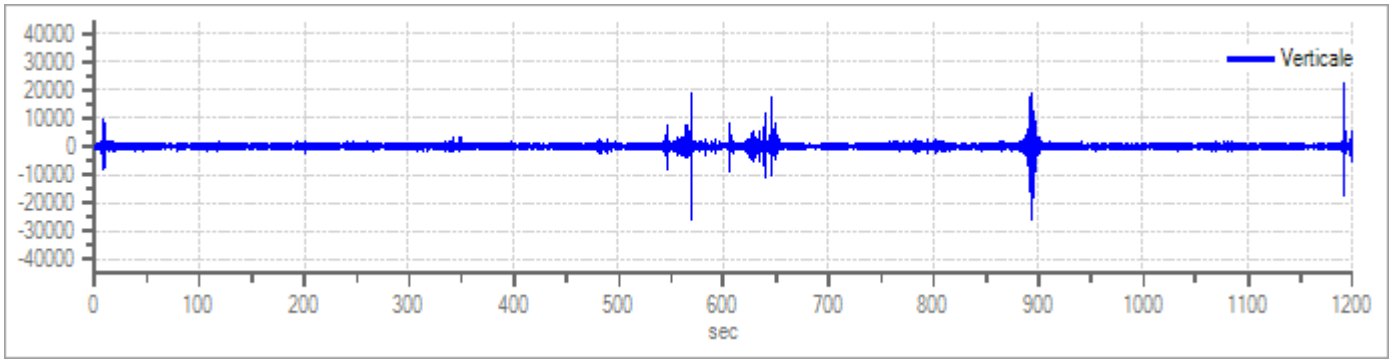
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

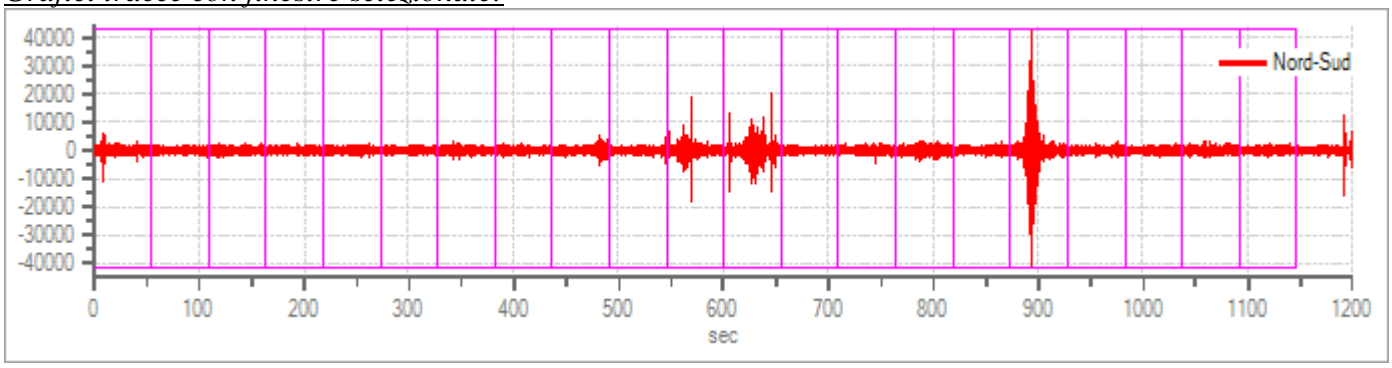
Finestre selezionate

Dati riepilogativi:
Numero totale finestre selezionate: 21
Numero finestre incluse nel calcolo: 21
Dimensione temporale finestre: 54,613 s
Tipo di lisciamento: Triagolare proporzionale
Percentuale di lisciamento: 10,00 %

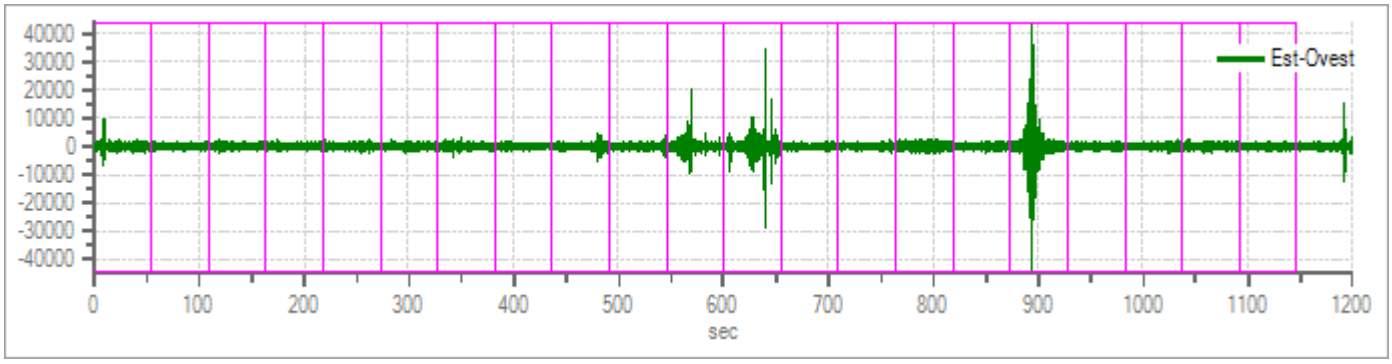
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	54,613	Inclusa
2	54,613	109,227	Inclusa
3	109,227	163,84	Inclusa
4	163,84	218,453	Inclusa
5	218,453	273,067	Inclusa
6	273,067	327,68	Inclusa
7	327,68	382,293	Inclusa
8	382,293	436,907	Inclusa
9	436,907	491,52	Inclusa
10	491,52	546,133	Inclusa
11	546,133	600,747	Inclusa
12	600,747	655,36	Inclusa
13	655,36	709,973	Inclusa
14	709,973	764,587	Inclusa
15	764,587	819,2	Inclusa
16	819,2	873,813	Inclusa
17	873,813	928,427	Inclusa
18	928,427	983,04	Inclusa
19	983,04	1037,653	Inclusa
20	1037,653	1092,267	Inclusa
21	1092,267	1146,88	Inclusa

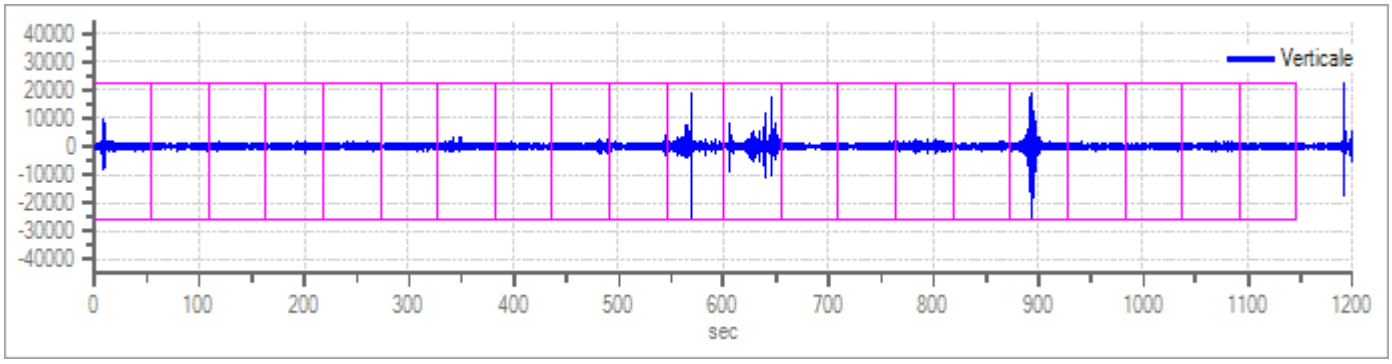
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

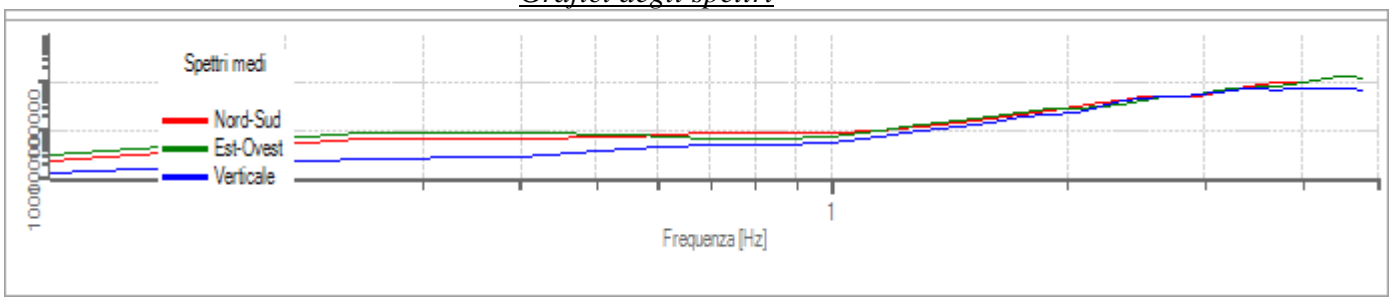


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

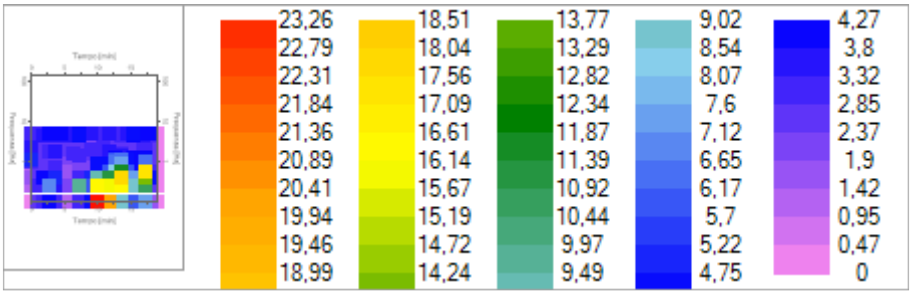


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

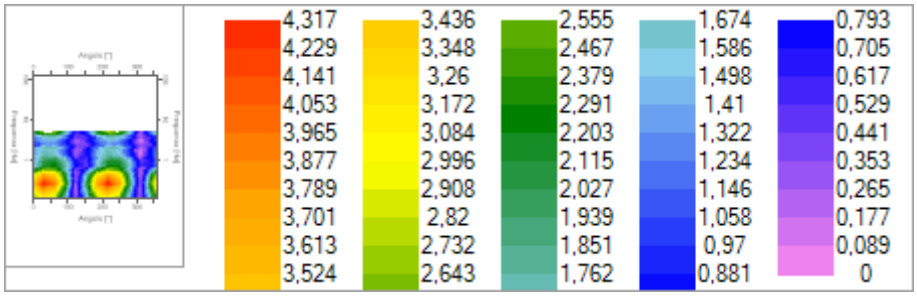
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

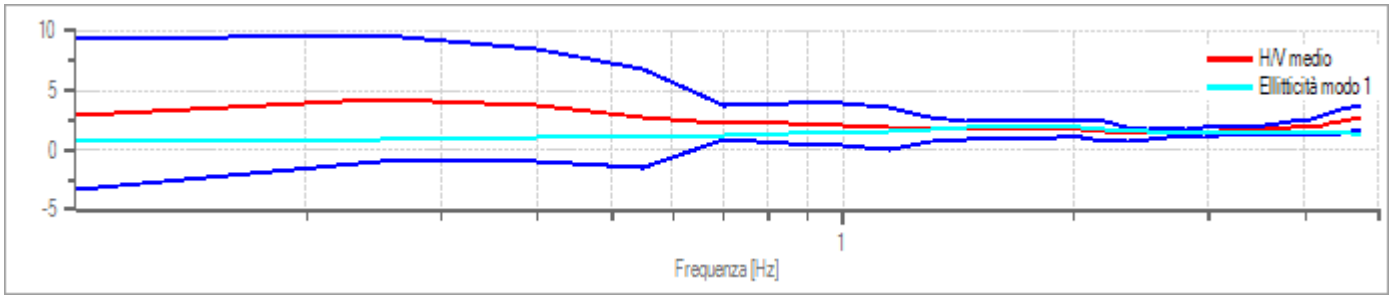
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	5,00 Hz
Frequenza minima:	0,10 Hz
Passo frequenze:	0,15 Hz
Tipo lisciamento::	Triagolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10,00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,25 Hz ±1,23 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5H$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

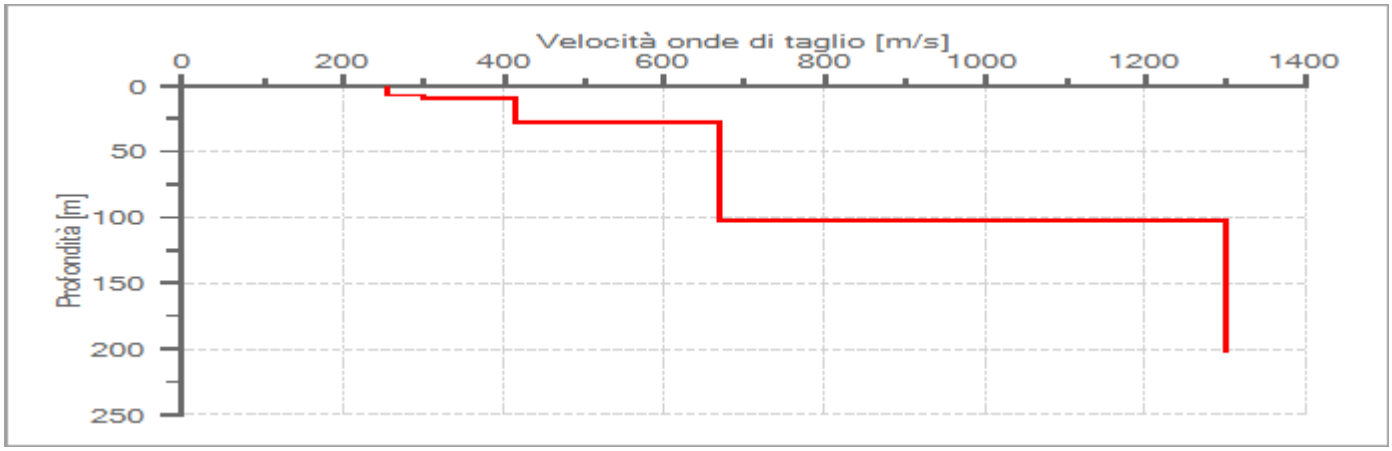
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

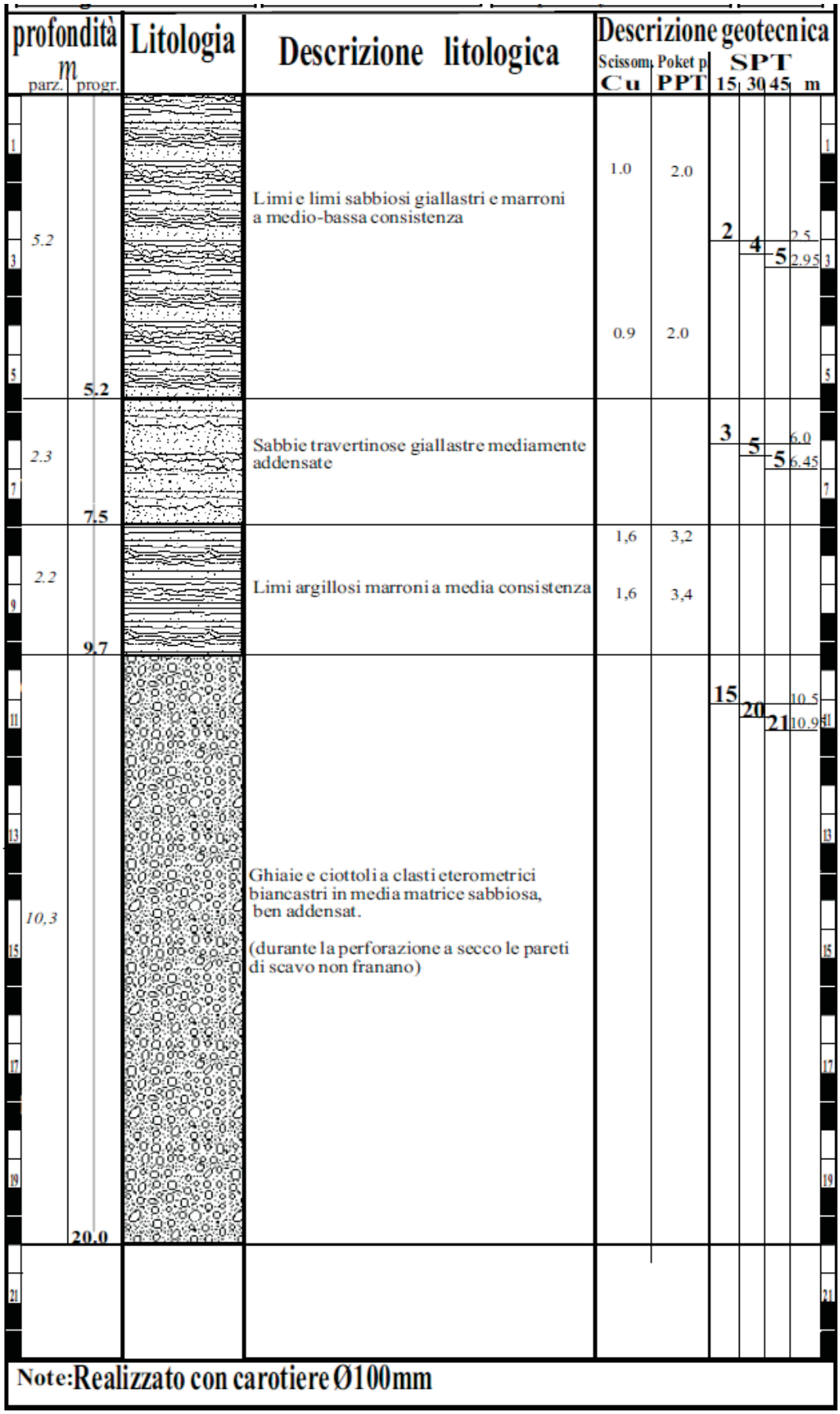
Numero strati: 5
Frequenza del picco dell'ellitticità: 1,75 Hz
Valore di disadattamento: -1,00
Valore Vs30: 361,91 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	7	17	0,35	255
2	7	3	18	0,3	300
3	10	17	19	0,3	415
4	27	75	20	0,25	670
5	102	100	24	0,15	1300



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

per il collegamento viario Via Alfonsine E45 (sottopasso Via Narni anno 2004) - ditta GEAR presso l'ex Vivaio Zenoni