Regione Toscana
Comune di Pitigliano
(Grosseto)

RICHIEDENTE

Consorzio "comparto PIT06/R"
Presidente Sig. Alessandro Biondi

PROGETTO

Piano Attuativo di Iniziativa Privata "comparto PIT06/R"

LOCALITA'

Pitigliano, Le Prata

ALLEGATO N.

ELABORATI

Relazione geologica e caratterizzazione geotecnica

Gruppo di lavoro
Dott. Geol. Alessandro Pizzetti (coordinatore)
Dott. Geol. Francesco Giuseppe Rossi
Dott. Geol. Francesco Gentili

Data
08.04.2019

Dott. Geol. Alessandro Pizzetti
Ordine Geologi Toscana, n. 622 - Tecnico della Sicurezza nei Luoghi di Lavoro
Studio: Via Nicola Ciacci, 265 - 58017 Pitigliano (GR) - tel 3387686032 e-mail: alessandropizzetti@libero.it

REGIONE TOSCANA– PROVINCIA DI GROSSETO
COMUNE DI PITIGLIANO

RELAZIONE GEOLOGICA e CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Committente: “Consorzio comparto PIT06/R”
Oggetto: Piano Attuativo di Iniziativa Privata Le Prata – “comparto PIT06/R”

Sommario

INTRODUZIONE 3
CENNI SULL'ASSETTO GEOLOGICO SRUTTURALE DELLA REGIONE 5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO 7
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 8
IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA 10
TIPOLOGIA DI PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE ESEGUITE 13
INDAGINI PREGRESSE……13
INDAGINE GEOGNOSTICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 16
CARATTERIZZAZIONE SISMICA 20
VINCOLO IDROGEOLOGICO 27
FATTIBILITA' 28
CONCLUSIONI 29
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 30
RISULTATI ANALISI MASW 56
RISULTATI ANALISI HVSR…….77

CARTE ELABORATE:
Stralcio Carta Tecnica Regionale
Stralcio Carta geologica Piano strutturale 1:3000
Stralcio Carta Geomorfologica Piano strutturale 1:3000
Stralcio Carta Idrogeologica 1:3000
Cartografie per fattibilità 1:2500
Carta delle prove di dettaglio 1:1000
Carta rischio sismico

INTRODUZIONE

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico e geotecnico per il Piano Attuativo di Iniziativa Privata Le Prata – "comparto PIT06/R", per conto del "Consorzio comparto PIT06/R". Tale progetto implica la costruzione di nuovi edifici, opere di urbanizzazione annesse ed aree a verde pubblico. L'area in esame è ubicata nei pressi del centro abitato di Pitigliano in località Le Prata e cartograficamente ricade nel foglio 333130 della Carta Tecnica Regionale 1:10000.

In allegato al presente testo, e nelle immagini seguenti, sono fornite indicazioni dettagliate riguardo l'ubicazione dell'area in esame.

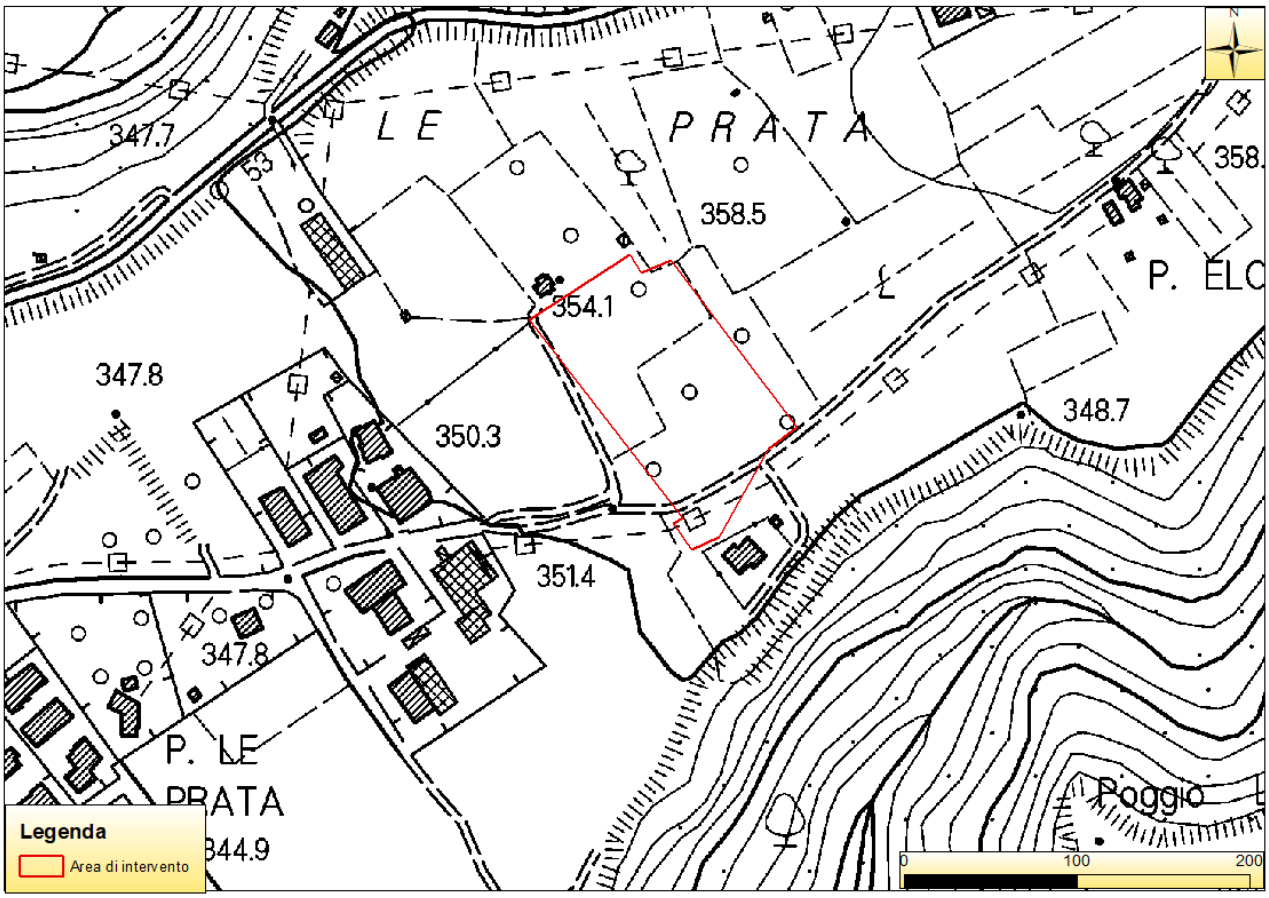


Figura 1:Stralcio della Carta Tecnica Regionale 1:10.000 foglio 333130, in rosso è evidenziata l'area di interesse

Lo scopo della presente relazione è di definire il quadro delle condizioni geologiche locali, per valutare la fattibilità dell'opera.

Per questo motivo, oltre al sopralluogo di rito durante il quale è stato realizzato un esame geologico e morfologico di un'ampia area circostante il posto, si è intervenuti localmente con una campagna geognostica in situ. Il lavoro può essere così descritto:

- Sopralluogo di rito e rilevamento speditivo dell'intorno più immediato al sito oggetto di indagine;
- Reperimento di tutta la Cartografia tecnica di settore (Corografiche ed ortofotocarte a varie scale, Vecchia Cartografia Geologica, Carta Geologica Italiana, Carta geologica 1:10000 della Regione Toscana, Stralcio della Carta della Pericolosità P.A.I. di A.B.I. del Fiume Fiora, Carta del reticolo Idrografico, Carta dei fenomeni gravitativi progetto IFFI, Cartografia del Piano Strutturale del Comune di Pitigliano).
- Reperimento di relazioni geologiche e geotecniche realizzate su terreni dalle medesime caratteristiche meccanico fisiche;
- Esecuzione ed elaborazione di 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- Discriminazione dei principali orizzonti stratigrafici e successiva parametrizzazione geotecnica degli strati indagati con le prove penetrometriche dirette;
- Esecuzione ed interpretazione di 2 indagini geofisiche di tipo MASW con 2 acqusizione passive di tipo REMI.
- Esecuzione di 2 prove HVSR

Lo studio è stato svolto alla luce delle vigenti normative in materia:

- D.M. LL.PP 11/03.1988
- Circolare Min. LL. PP. 30483 del 1988
- DM 14.01.2008
- Circolare Ministeriale 617 del 2/2/2009
- Piano di Assetto Idrogeologico di appartenenza e del DPR 380/01.
- DPR 328/01, art. 41,
- DPGRT 8 agosto 2003, n. 48/R, del Regolamento Regionale 53/r
- art 71 del Regolamento Urbanistico del Comune di Pitigliano.

CENNI SULL'ASSETTO GEOLOGICO SRUTTURALE DELLA REGIONE

I movimenti orogenici compressivi lungo l'Appennino tirrenico risalgono al Miocene superiore; successivamente si è instaurato un regime tettonico distensivo (Signorini, 1946; Locardi et al., 1975) ad horst e graben in tutta l'area tosco-laziale. Nel Miocene medio-superiore, si ebbe l'apertura del Mar Tirreno che interessò la fascia di deformazione ad est della Corsica-Sardegna, accompagnata da una rotazione antioraria dell'Appennino, provocando una lacerazione della crosta (Scandone, 1979). Nel Pliocene inferiore comincia a sprofondare, lungo faglie con andamento appenninico, l'intera fascia costiera del Tirreno provocando una vasta trasgressione marina. Con la trasgressione iniziò, nei bacini così formati, una lenta sedimentazione che continuò fino al Pliocene medio, quando si ebbe un sollevamento di tutta la zona interessata dall'horst e graben a causa di una faglia orientata SO-NE.

Per quel che riguarda il vulcanismo nel Lazio settentrionale (che iniziò a seguito dei movimenti tettonici distensivi) si può identificare una serie di distretti vulcanici (Distretto Cimino, Distretto Vicano, Distretto Vulsino) con attività prevalentemente esplosiva subaerea.

Il substrato sedimentario è costituito da depositi neo-autoctoni post-orogenetici del Miocene superiore e Pleistocene, che ricoprono le formazioni flyschoidi delle Unità Liguridi e le successioni carbonatiche mesozoiche della Serie Toscana (Fig.2).

Dalla bibliografia esistente è possibile ricostruire questa stratigrafia generale dell'area:

- Formazioni Vulcaniche del distretto Vulsino (Pleistocene)
- Depositi post-orogenici da conglomerati, sabbie e argille (Miocene superiore Pleistocene);
- Sequenza di flysch liguride alloctono formata da shales, siltiti e calcari con subordinate arenarie e marne (Cretaceo-Eocene);
- Formazioni carbonatiche e arenarie calcaree del Dominio Tosco-Umbro (Mesozoico- Cenozoico).

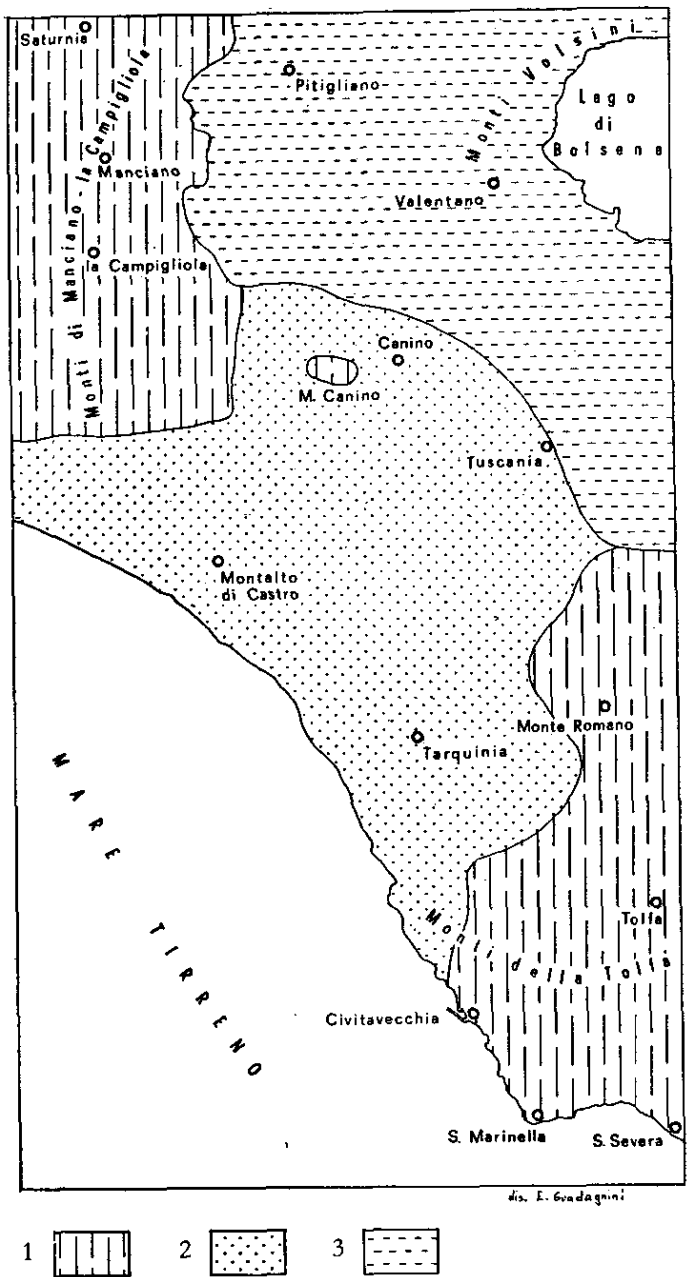
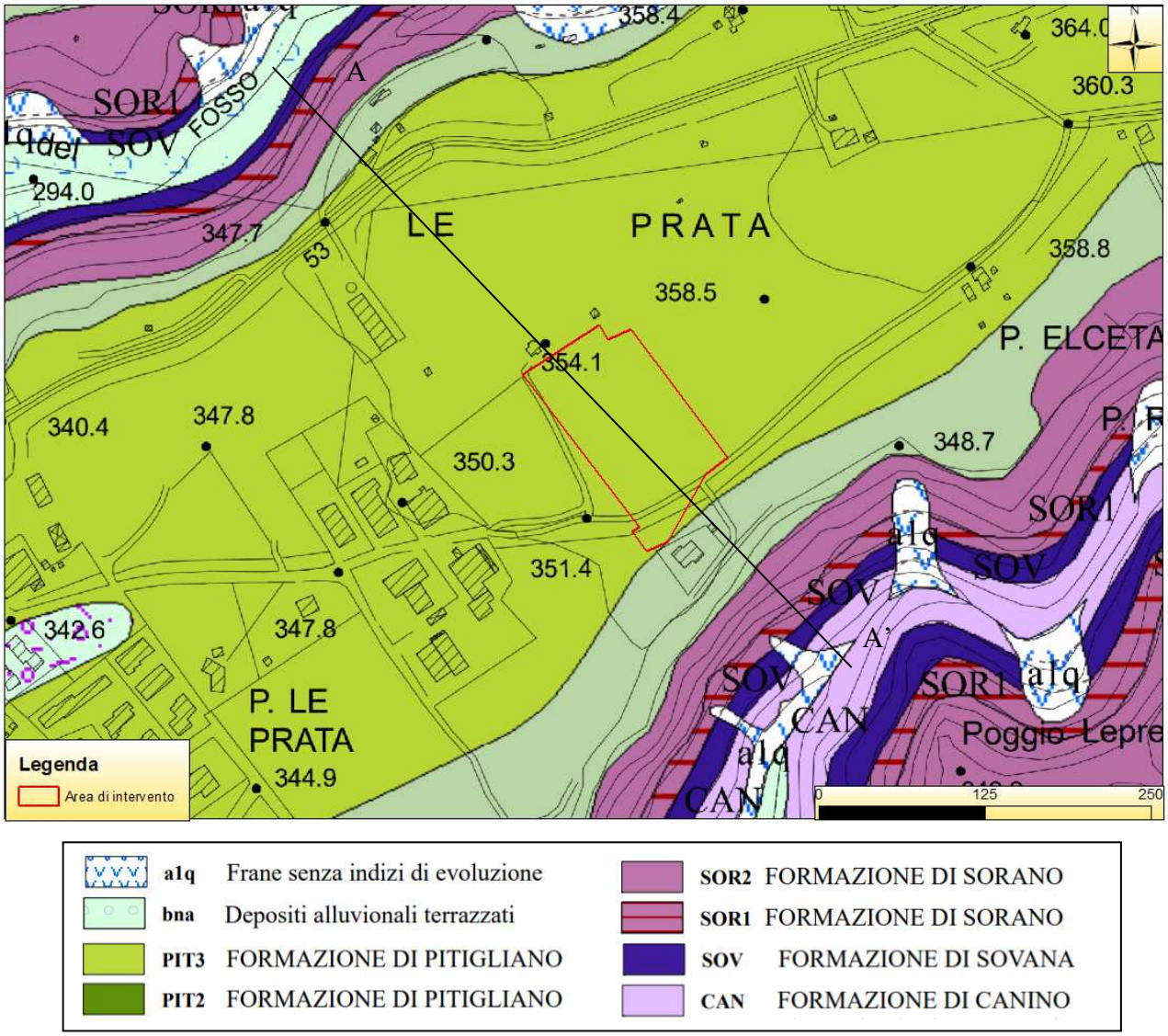


Fig. 2. - SCHEMA GEOLOGIC0 DEI FOGLI

1) Area delle formazioni della Serie Toscana e del flysch prevalenti. -- 2) Area delle formaziani neogrniche e quaternarie prevalenti -- 3) Area delle formazioni vulcaniche prevalenti.(CGI Fgl. 136-142)

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un inquadramento più specifico, l'area oggetto di studio, essendo situata poco a Nord Est del centro abitato Comune di Pitiglaino, ricade (fig. 3) nella più vasta e complessa area delle formazioni vulcaniche Pleistoceniche del distretto Vulsino. Come si può vedere nella figura sottostante, l'eterogeneità degli affioramenti del comprensorio è soprattutto dovuta ai tempi di deposizione ed alla genesi degli orizzonti presenti, in parte poi modificati dal continuo rimodellamento delle acque superficiali e degli agenti esogeni.



a1q	Frane senza indizi di evoluzione	SOR2	FORMAZIONE DI SORANO
bna	Depositi alluvionali terrazzati	SOR1	FORMAZIONE DI SORANO
PIT3	FORMAZIONE DI PITIGLIANO	SOV	FORMAZIONE DI SOVANA
PIT2	FORMAZIONE DI PITIGLIANO	CAN	FORMAZIONE DI CANINO

Figura 3: Stralcio 1 :3000 della Carta Geologica del Piano Strutturale del Comune di Pitigliano (QCG1)

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza della Formazione di Pitigliano 3 che si compone di pomici pliniane e flussi piroclastici con abbondanti litici ed ash-flow saldato. Sottoposta alla PIT3 si rinviene la Formazione di Pitigliano 2 che è formata da un deposito ignimbritico a pomici bianche. Successivamente si rinvengono le Formazioni di Sovana 2 ed 1, che risultano composte, rispettivamente, di flussi piroclastici in matrice gialla e di deposito pliniano

non saldato. Alla base della successione della zona si rinvengono le formazioni di Sovana e di Canino, entrambe formate da flussi piroclastici. In particolare la formazione SOV è costituita da flusso piroclastico scarsamente saldato con pomici gialle e nere, con alla base un flusso non saldato. Gli spessori di queste formazioni sono pressoché costanti, con delle piccole variazioni in funzione del grado di erosione.

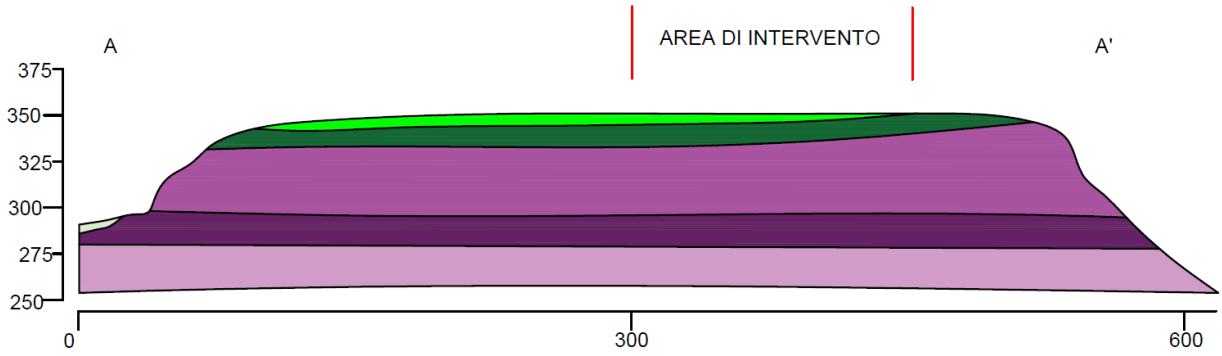


Figura 4: Sezione Geologica 1:3000

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche genetiche della zona hanno originato un ampio settore a morfologia collinare, con altitudini non troppo elevate e pendenze da medie a lievi. I morbidi cambi di pendenza si inaspriscono talvolta a causa dell'erosione causata dalla rete idrografica e dagli agenti esogeni. L'area di interesse è situata in una zona pianeggiate, con pendenze nell'ordine del 2-4%, ad una quota di 350m sul livello del mare. Il reticolo idrografico ha un classico schema collinare, e le acque meteoriche seguono le naturali vie di deflusso fino al recapito che è rappresentato dal fosso subito a Sud- Est. Non è stato possibile consultare il Piano di Assetto Idrogeologico dell'Ex Autorità di Bacino del Fiume Fiora, in quanto non più pubblicato. Sono state consultate le cartografie del Paino Strutturale del Comune di Pitiglaino.

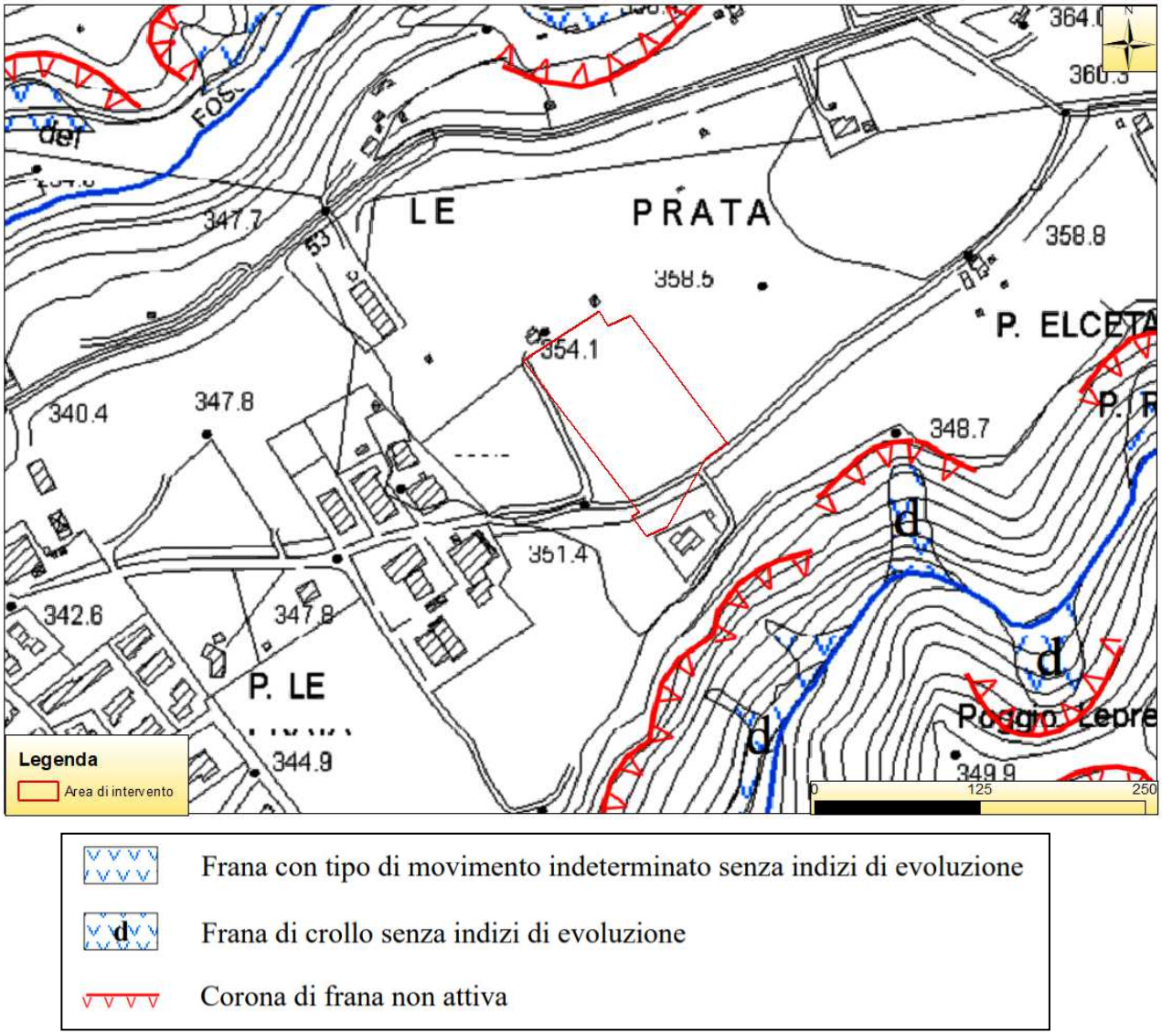


Figura 5: Stralcio 1:3000 della Carta Geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di Pitigliano (QCG3)

A seguito di quanto desunto del sopralluogo, dalla campagna geognostica e dai dati bibliografici, è possibile stabilire che l'area gode di buona stabilità con basse probabilità di dissesto.

IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Il reticolo idrografico ha una classica conformazione collinare, i cui corsi d'acqua presentano portate modeste, ma che possono raggiungere livelli significativi nei mesi autunnali, specialmente inseguito ad abbondanti rovesci. La zona di recapito delle acque è localizzata immediatamente a a Sud/Est dell'area, ed è rappresentata dal fosso senza toponimo.

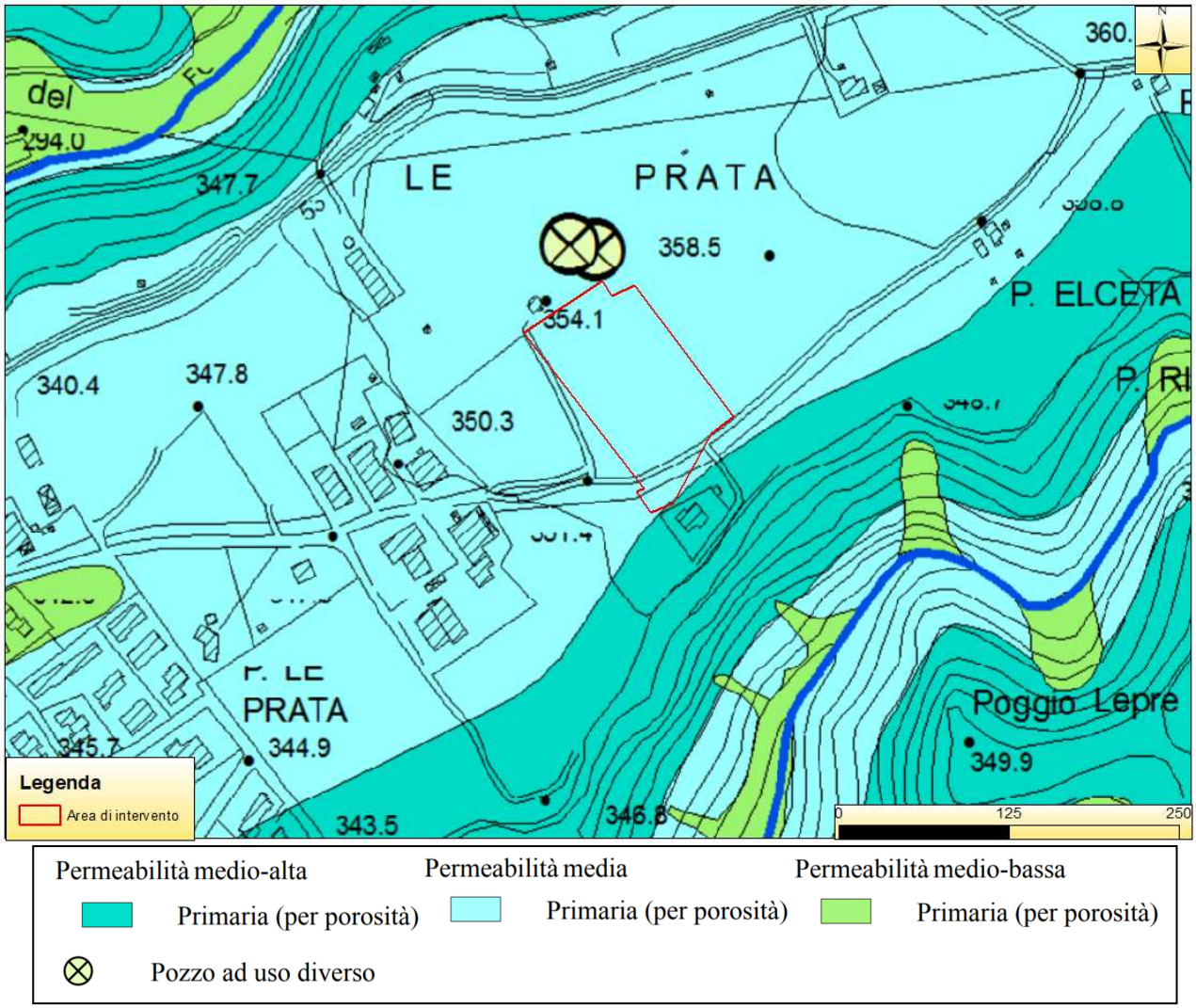


Figura 6: Stralcio 1:3000 della Carta Idrogeologica del Piano Strutturale del Comune di Pitigliano (QCG4)

Il rischio idraulico dell'area risulta essere molto basso, in quanto il sito è posto a quote maggiori rispetto ai corsi d'acqua limitrofi o a significativa distanza da essi.

A causa della permeabilità delle formazioni, che oscilla tra media e medio alta in funzione del litotipo, e della scarsa pendenza, l'infiltrazione rappresenta la voce predominante nel bilancio idrologico, a scapito del ruscellamento, che si può innescare solo a seguito di abbondanti rovesci.

Per effettuare stime sul livello piezometrico, non potendo misure i pozzi della zona e non disponendo carte con piezometria, si è ricorsi alla database ISPRA delle perforazioni, riscontrando nei pressi dell'area, un solo pozzo che intercetta falde acquifere.

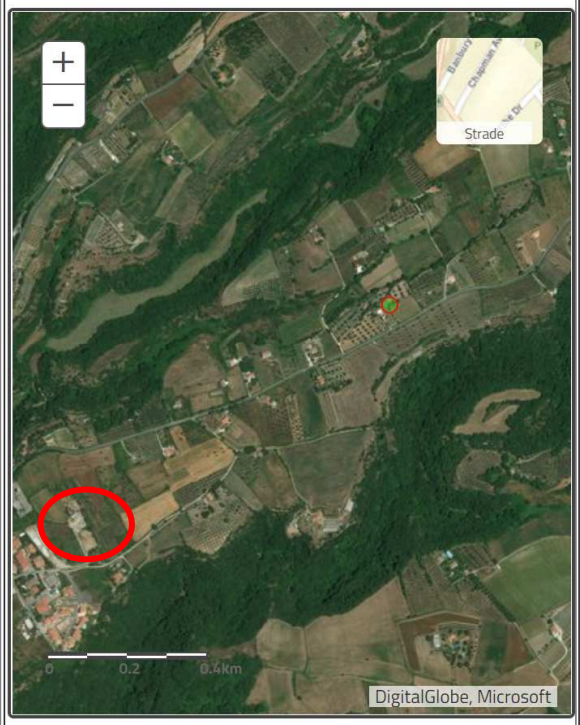
Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 189116 **Regione:** TOSCANA **Provincia:** GROSSETO **Comune:** PITIGLIANO **Tipologia:** PERFORAZIONE **Opera:** POZZO PER ACQUA **Profondità (m):** 128,00 **Quota pc slm (m):** 358,00 **Anno realizzazione:** 1994 **Numero diametri:** 0 **Presenza acqua:** SI **Portata massima (l/s):** ND **Portata esercizio (l/s):** ND **Numero falde:** 0 **Numero filtri:** 0 **Numero piezometrie:** 1 **Stratigrafia:** SI **Certificazione(*):** SI **Numero strati:** 4 **Longitudine WGS84 (dd):** 11,693511 **Latitudine WGS84 (dd):** 42,643731 **Longitudine WGS84 (dms):** 11° 41' 36.36" E **Latitudine WGS84 (dms):** 42° 38' 37.37" N **(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia**	

Figura 7: Sito del pozzo con acqua, in rosso l'area in esame

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
lug/1994	88,00	ND	ND	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	3,00	3,00		TERRENO VEGETALE PIU ALTERAZIONE
2	3,00	67,00	64,00		TUFO GIALLO LITOIDE
3	67,00	102,00	35,00		AGGLOMERATO DI POMICI BIANCHE E CENERI VULCANCIHE
4	102,00	128,00	26,00		IGNIMBRITE TRACHITICA SUPERIORE

È stato censito un altro pozzo, localizzato poco a Sud del sito, ma che non intercetta falde acquifere

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 189109 **Regione:** TOSCANA **Provincia:** GROSSETO **Comune:** PITIGLIANO **Tipologia:** PERFORAZIONE **Opera:** POZZO PER ACQUA **Profondità (m):** 100,00 **Quota pc slm (m):** 330,00 **Anno realizzazione:** 1994 **Numero diametri:** 1 **Presenza acqua:** NO **Portata massima (l/s):** ND **Portata esercizio (l/s):** ND **Numero falde:** 0 **Numero filtri:** 0 **Numero piezometrie:** 0 **Stratigrafia:** SI **Certificazione(*):** NO **Numero strati:** 4 **Longitudine WGS84 (dd):** 11,682669 **Latitudine WGS84 (dd):** 42,635950 **Longitudine WGS84 (dms):** 11° 40' 57.57" E **Latitudine WGS84 (dms):** 42° 38' 09.09" N **(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia**	

Figura 8: Sito del pozzo sena acqua, in rosso l'area in esame

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	100,00	100,00	250

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	10,00	10,00		TERRA
2	10,00	60,00	50,00		TUFO
3	60,00	80,00	20,00		POMICE
4	80,00	100,00	20,00		MATERIALI TUFACEI

Dalle informazioni così ricavate, il livello piezometrico è stimabile a circa 90-100 nella zona di studio.

TIPOLOGIA DI PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE ESEGUITE

In base a quanto richiesto dell'articolo 75 del regolamento 48/r e dall'articolo 71 del Regolamento Urbanistico del Comune di Pitigliano, sono state eseguite prove geognostiche e geofisiche per la caratterizzazione del substrato affiorante. A tal proposito sono state eseguite 3 prove penetrometriche DPSH, 2 indagini MASW, 2 acquisizioni passive di tipo REMI e 2 indagini HVSR. Tali indagini verranno utilizzate anche a servizio dell'articolo 7 del Regolamento 36/r, integrate con altre tipologie qualora necessario, in funzione delle volumetrie e delle altezze degli edifici.

In studi pregressi, sono state inoltre eseguite prove di laboratorio sui campioni raccolti in sito (Dott. Geol. Francesco Antonio Biondi 2012). Per completezza di trattazione, le prove di laboratorio vengono riportate in relazione.

INDAGINI PREGRESSE

Nella zona sono stati effettuati sondaggio geognostici. Nella fattispecie furono fatte scavare dal Dot. Geol. Biondi due fosse, della profondità di 4 metri di profondità (cfr i sondaggi S1 es S2 in figura 13), dalle quali sono stati prelevati campioni per analisi di laboratorio.

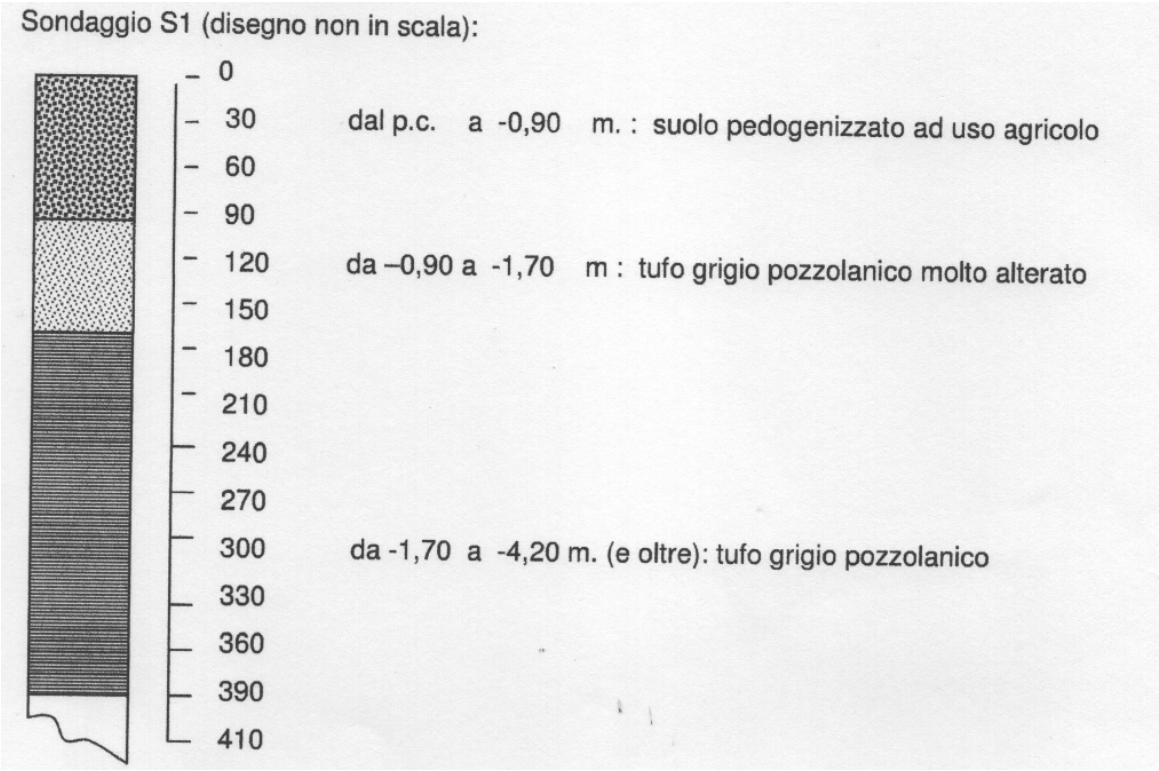


Figura 9: Sondaggio S1 (da Biondi 2012)

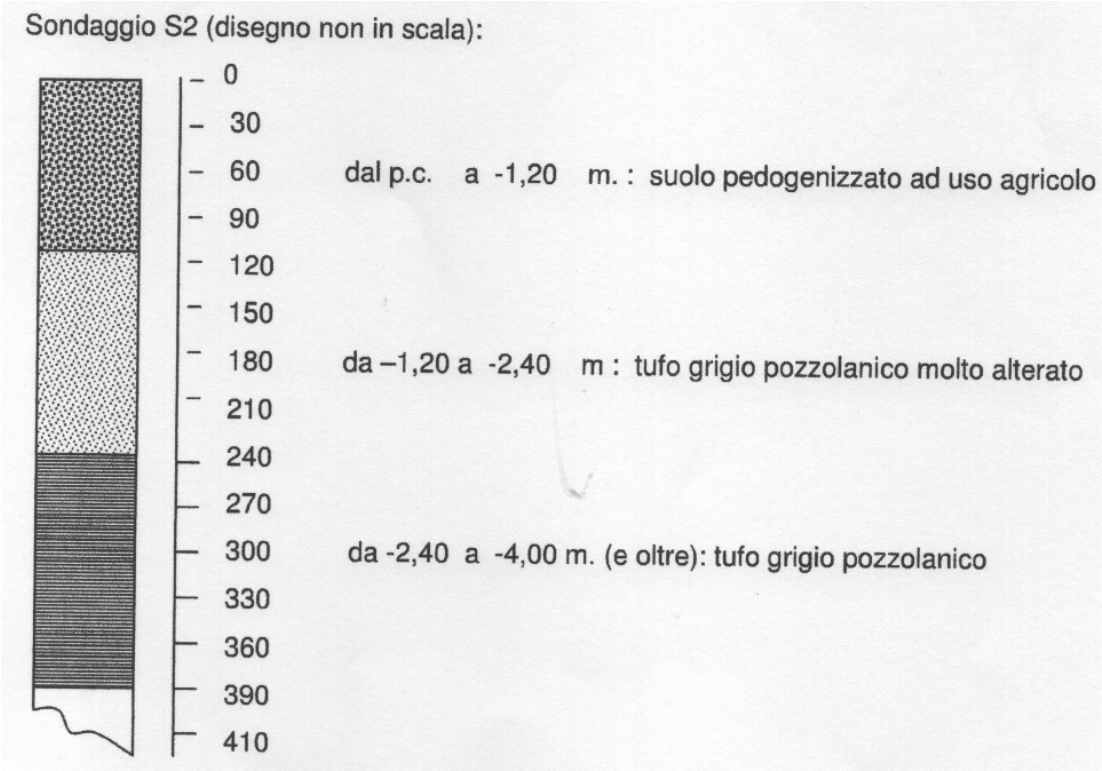


Figura 10: Sondaggio S2 (da Biondi 2012)

➢ **sondaggio S1:**

caratteristiche geotecniche del terreno prelevato alla profondità di m. 3,00 da p.c. :

Coesione	**C**	0,2	t/m^2
Angolo d'attrito	**ϕ**	37	°
Peso di volume naturale	**Yn**	1,428	t/m^3
Peso di volume secco	**Yd**	1,108	t/m^3
Peso di volume saturo	**Ys**	1,667	t/m^3
Peso specifico dei granuli	**Y**	2,580	t/m^3
umidità naturale	**Wn**	28,9	%
Indice dei vuoti	**e**	1,33	
porosità	**n**	57,06	%
Tufo grigio pozzolanico a granulometria sabbiosa parzialmente cementato			

Figura 11: Dati desunti dalle prove di laboratorio del Campione di S1 (da Biondi 2012)

➢ **sondaggio S2:**

caratteristiche geotecniche del terreno prelevato alla profondità di m. 2,90 da p.c. :

Coesione	**C**	0,5	t/m^2
Angolo d'attrito	**ϕ**	30	°
Peso di volume naturale	**Yn**	1,476	t/m^3
Peso di volume secco	**Yd**	1,131	t/m^3
Peso di volume saturo	**Ys**	1,687	t/m^3
Peso specifico dei granuli	**Y**	2,609	t/m^3

umidità naturale	**Wn**	30,5	%
Indice dei vuoti	**e**	1,31	
porosità	**n**	56,65	%
Tufo grigio pozzolanico a granulometria sabbiosa tendenzialmente sciolta (debolmente cementata)			

Caratteristiche edometriche del terreno del sondaggio S2

da 'σ	a 'σ	E_{ed}	m_v
KPa	KPa	KPa	KPa^{-1}
12,5	25	4430	$2,26\ E^{-04}$
25	50	5391	$1,86\ E^{-04}$
50	100	10753	$9,30\ E^{-05}$
100	200	15152	$6,60\ E^{-05}$
200	400	17449	$5,73\ E^{-05}$
400	800	15012	$6,66\ E^{-05}$
800	1600	13575	$7,37\ E^{-05}$

Figura 12: Dati desunti dalle prove di laboratorio del Campione di S2 (da Biondi 2012)

INDAGINE GEOGNOSTICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Allo scopo di analizzare dal punto di vista geotecnico i terreni studiati, sono state effettuate ed elaborate 3 prove penetrometriche DPSH per mezzo dello strumento DeepDrill 73-75.

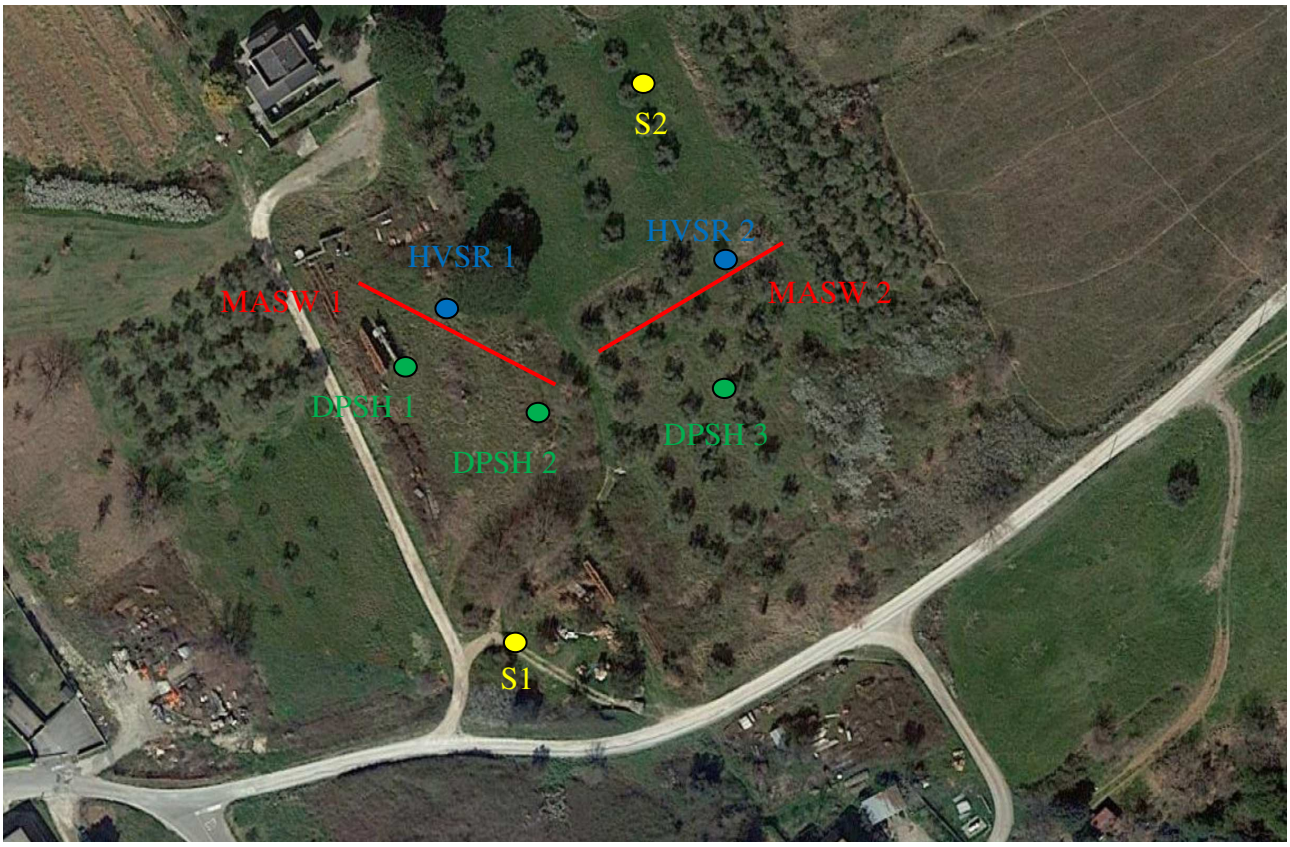


Figura 13: Orto foto 1:1500 con le 3 prove penetrometriche in verde, le due 2 prove MASW in viola e le 2 prove HVSR in azzurro. In giallo i sondaggi con i campionamenti per i provini per le indagini di laboratorio (Biondi 2012).

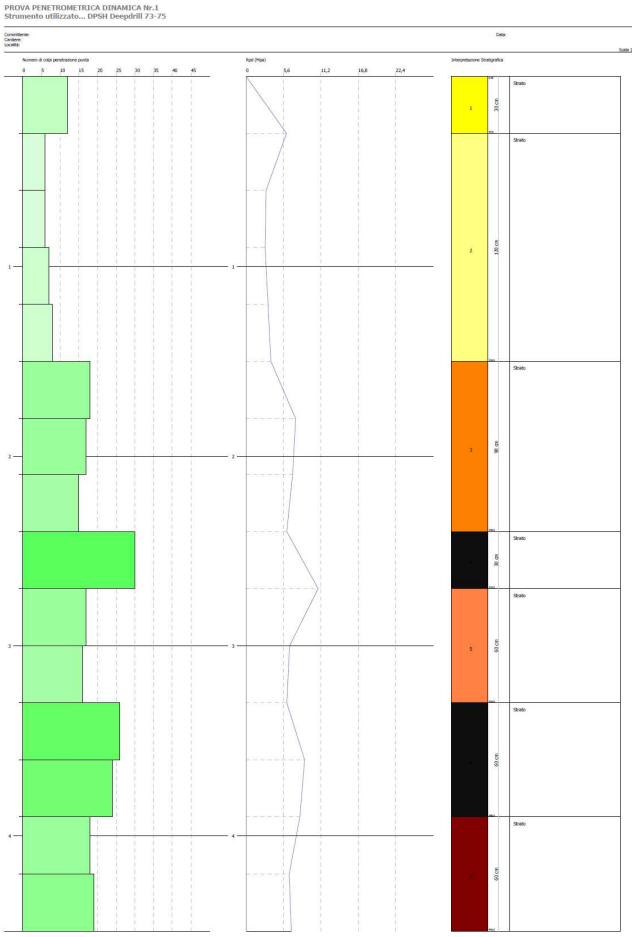
DPSH1: la prova n1 segnala l'alternanza di orizzonti con proprietà geotecniche e di addensamento simili, con intercalazioni di orizzonti meno qualitativi, specialmente tra 0,3m ed 1,5m di profondità dal piano campagna. La prova è stata arrestata a 4,5m senza riscontare rifiuto all'avanzamento penetrometrico.

DPSH2: la prova n2 ha sondato una stratigrafia non dissimile dalla prova n1 con la presenza di un orizzonte scarsamente qualitativo tra 0,3 e0,6m dal piano campagna. La prova è stata arrestata a 4,8m senza riscontare rifiuto all'avanzamento penetrometrico.

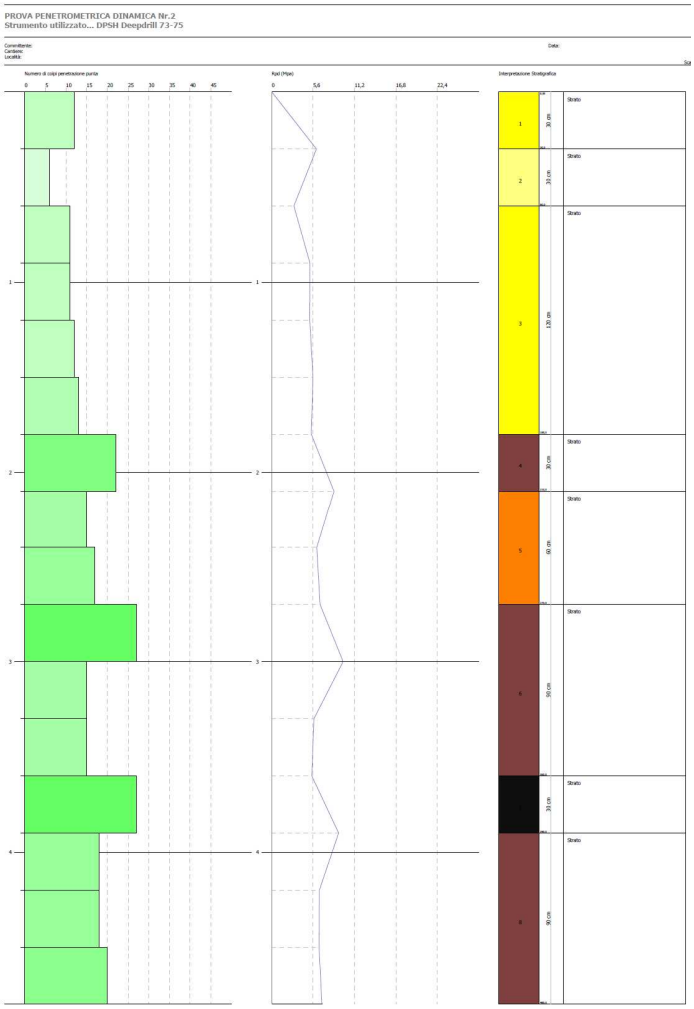
DPSH3: la prova n3 segnala la presenza di orizzonti caratterizzati da crescenti proprietà geotecniche con l'aumentare della profondità. La prova è stata arrestata a 3,9m di profondità dal piano campagna, dove è stato riscontrato rifiuto all'avanzamento penetrometrico.

Per comodità di interpretazione, gli orizzonti discriminati verranno considerati geotecnicamente alla stregua di una sabbia, da poco a molto addensata e si utilizzeranno varie classificazioni per l'elaborazione delle prove geognostiche eseguite, come riportato di seguito nella tabella riassuntiva. Per un confronto con tutti i dati elaborati con il Software GeoStru® , si rimanda agli allegati

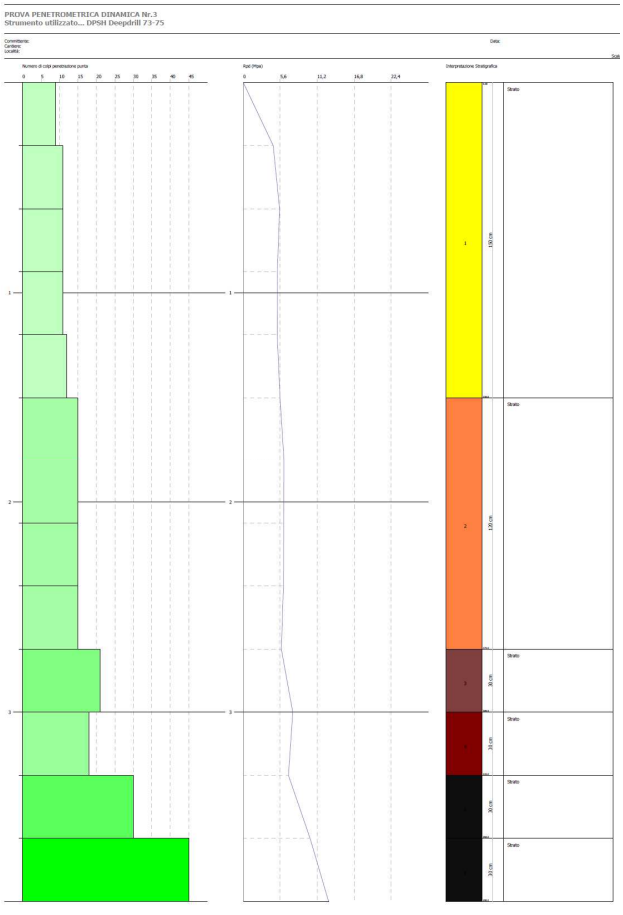
PROVA n1	Parametro	Densità relativa (%)	Angolo di Attrito (°)	Addensamento	Peso di Volume (kN/m³)
	Correlazione	Gibbs & Holtz (1957)	Sowers (1961)	Class. AGI	Meyerhof ed altri
Strato 1 fino a 0,3 m		49	32	Mod. Addensato	14,96
Strato 2 fino a 1,5 m		33	30	Poco Addensato	14,22
Strato 3 fino a 2,4 m		50	33	Mod. Addensato	15,58
Strato 4 fino a 2,7 m		63	37	Addensato	17,07
Strato 5 fino a 3,3 m		46	33	Mod. Addensato	15,55
Strato 6 fino a 3,9 m		54	36	Mod. Addensato	16,56
Strato 7 fino a 4,5 m		45	34	Mod. Addensato	15,80



PROVA n2	Parametro	Densità relativa (%)	Angolo di Attrito (°)	Addensamento	Peso di Volume (kN/m³)
	Correlazione	Gibbs & Holtz (1957)	Meyerhof (1965)	Class. AGI	Meyerhof ed altri
Strato 1 fino a 0,3 m		48	30	Mod. Addensato	14,96
Strato 2 fino a 0,6 m		32	27	Poco Addensato	14,1
Strato 3 fino a 1,8 m		44	30	Mod. Addensato	14,93
Strato 4 fino a 2,1 m		57	34	Mod. Addensato	16,22
Strato 5 fino a 2,7 m		47	32	Mod. Addensato	15,49
Strato 6 fino a 3,6 m		49	33	Mod. Addensato	15,86
Strato 7 fino a 3,9 m		57	35	Addensato	16,77
Strato 8 fino a 4,8 m		45	33	Mod. Addensato	15,82



PROVA n3	Parametro	Densità relativa (%)	Angolo di Attrito (°)	Addensamento	Peso di Volume (kN/m³)
	Correlazione	Gibbs & Holtz (1957)	Meyerhof (1965)	Class. AGI	Meyerhof ed altri
Strato 1 fino a 1,5 m		44	30	Mod. Addensato	14,80
Strato 2 fino a 2,7 m		47	32	Mod. Addensato	15,36
Strato 3 fino a 3 m		52	34	Mod. Addensato	16,20
Strato 4 fino a 3,3 m		48	33	Mod. Addensato	15,74
Strato 5 fino a 3,6 m		60	36	Addensato	17,07
Strato 6 fino a 3,9 m		70	37	Molto Addensato	18,30



CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In base alla classificazione sismica regionale del 2014 (DGRT n. 421 del 25/05/2014), la provincia di Grosseto comprende comuni in zona 2, 3 e 4. Il comune di Pitigliano ricade in zona sismica 3.

Figura 14: Classificazione sismica della Regione Toscana 2014(fonte Regione Toscana). In Rosso il comune di Pitigliano.

I dati Sismici dell'area sono estrapolabili dalle mappe di pericolosità sismica interattiva:

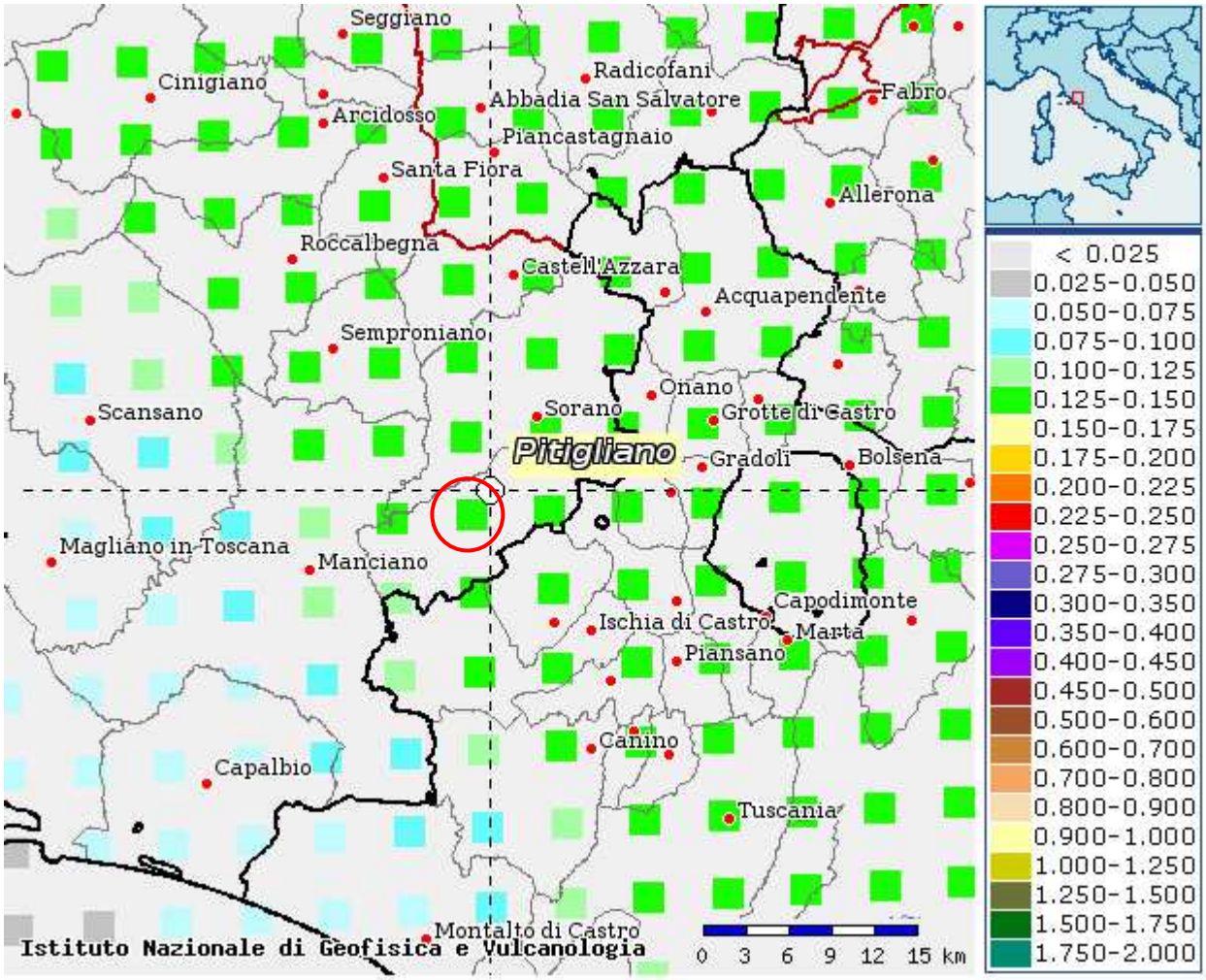


Figura. 15: Carta dell'accelerazione sismiche, tratta da http://esse1-gis.mi.ingv.it/ (con evento sismico con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, in rosso il punto della griglia selezionato per l'analisi di disaggregazione.

I dati medi, che si ottengono analizzando il quadrato della griglia più vicino all'area in esame (in rosso), sono i seguenti:

Valori medi		
Magnitudo	**Distanza**	**Epsilon**
4.770	7.340	0.839

I valori medi segnalano magnitudo superiori a 4.77 ad una distanza di 7.34 km, anche se il grafico di disaggregazione della coppia magnitudo distanza segnala la possibilità di eventi fino a magnitudo 6 entro 10 km. Tale possibilità comunque risulta contenuta, in quanto il contributo di pericolosità risulta modesto (3-4%). Fenomeni con M compresa tra 4.5 e 5 risultano molto più probabili nella zona, sempre considerando un evento sismico con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, calcolato al cinquantesimo percentile.

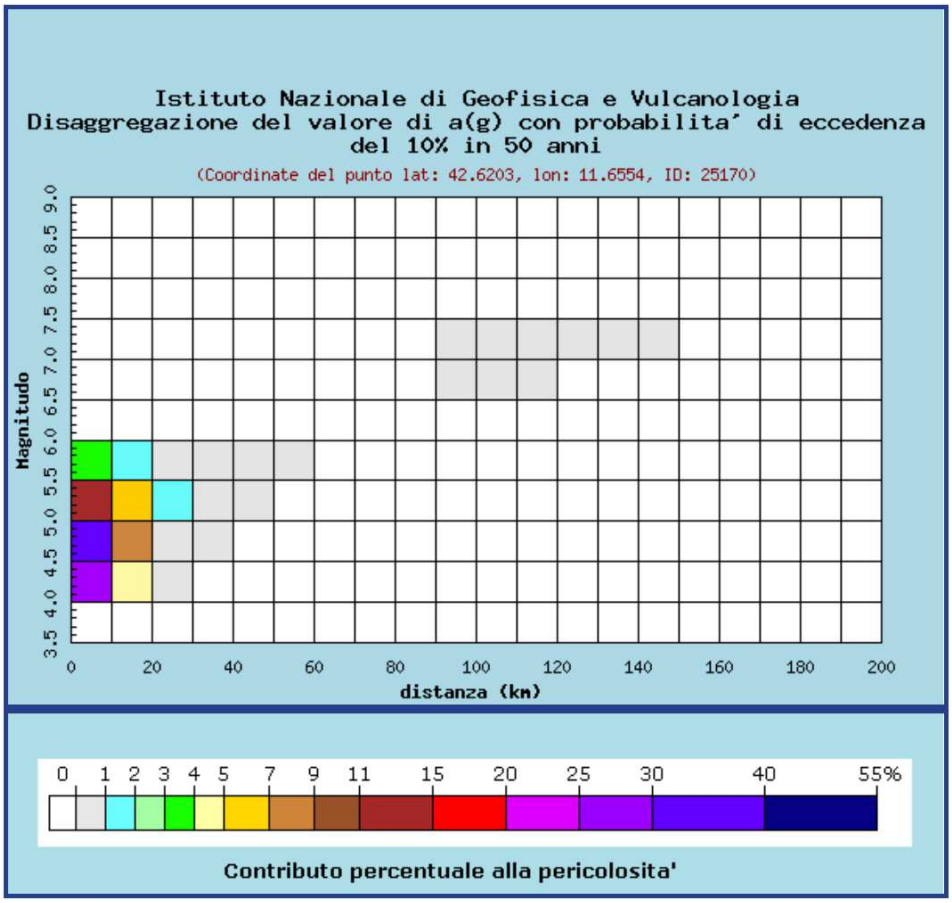


Figura. 16: grafico delle percentuali di contributo alla pericolosità

Allo scopo di verificare le locali condizioni di amplificazione stratigrafica, sono state eseguiti due prove sismiche tipo MASW, con lo scopo di valutare il coefficiente VS_{eq} (in m/s), definito, in base a quanto esposto dalle NTC 18 della seguente equazione:

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

Essendo il substrato sismico ad una profondità di maggiore di 30m, è stato stimato il coefficiente VS_{30}, attraverso indagini geofisiche di tipo MASW sul posto, migliorate da un'acquisizione passiva di tipo REMI. Dopo aver effettuato le prove dirette, si è ipotizzata una ricostruzione stratigrafica dei 30m sotto il piano campagna; questa pseudostratigrafia è stata poi messa in relazione con la sismostratigrafia estrapolata dalle indagini MASW effettuate con sismografo Do.re.Mi 16 canali. I due grafici si sovrapponevano con un errore minore del 20%.

Risultato:

MASW1 Vs30= 440 m/s e **MASW2 Vs30= 434 m/s**

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tale valore medio, corrisponde ad una categoria di suolo di tipo B (fra 360 e 800 m/s).

La totalità della sezione studiata, avendo una morfologia pianeggiante (<15°) può inoltre identificarsi come categoria T1 per la classificazione topografica.

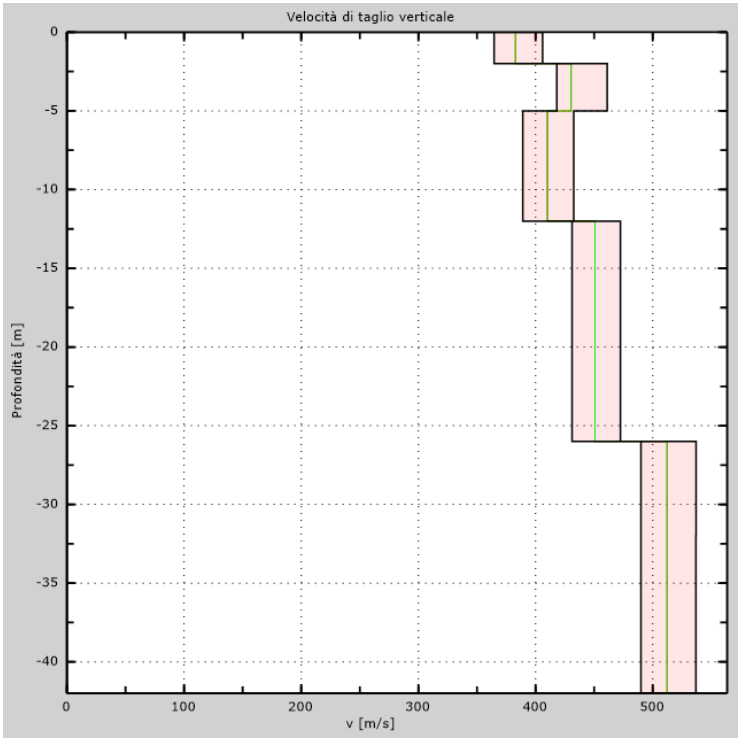


Figura 17: Sismostratigrafia

Al fine di stimare la frequenza di risonanza del sito, sono state effettuate due acqusizioni passive di tipo HVSR, mediante l'utilizzo del sismografo GEOBOX.

F_0 HVSR1= 8,65Hz **F_0 HVSR2= 5,15Hz**

Verifiche SESAME HVSR1:

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
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	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

Verifiche SESAME HVSR2:

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
$\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5H$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	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

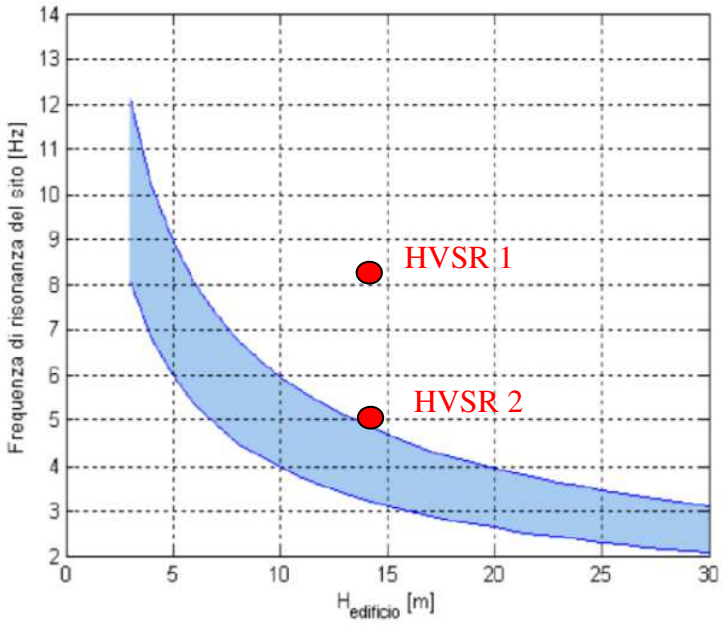


Figura 18: Grafico empirico altezza edifico/frequenza di risonanza del terreno (il punto rosso indica il caso in questione)

In base a quanto appreso range di frequenza della zona sono compresi tra 5,15 ed 8,65, il che significa che, in prima analisi, non si possono escludere possibili risonanze (in caso di sisma significativo) tra frequenze degli edifici e frequenze del terreno.

Si riporta di seguito la storia sismica del Comune di Pitigliano con i principali eventi sismici degli ultimi anni (http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/).

Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del:							
Is	**Anno**	**Me**	**Gi**	**Or**	**Mi**	**Area epicentrale**	**Np**	**Ix**	**Mw**
5	1902	12	17	05	21	SANTA FIORA	30	7	5.03
4	1905	02	12	08	28	SANTA FIORA	61	6-7	4.83
3	1909	01	13	00	45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53
4	1909	08	25	00	22	MURLO	283	7-8	5.40
4	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
3	1919	06	29	15	06	Mugello	267	9	6.18
6	1919	09	10	16	57	PIANCASTAGNAIO	67	8	5.38
2-3	1919	10	22	06	10	ANZIO	142	7	5.53
NF	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
3	1922	03	27	00	10	GROTTE DI CASTRO	9	5-6	4.63
2	1924	04	09	14	49	ACQUAPENDENTE	7	5-6	4.63
4	1926	01	08	09	14	ABBADIA S. SALV.	24	7	4.97
2	1929	12	12	13	01	ONANO	6	6	4.83
NF	1930	10	30	07	13	SENIGALLIA	263	8-9	5.94
3-4	1940	06	19	14	10	RADICOFANI	28	6-7	4.83
3-4	1957	12	06	04	54	CASTEL GIORGIO	63	7-8	5.17
2	1969	07	02	07	55	TOLFA	72	7	5.08
4	1971	02	06	18	09	TUSCANIA	89	8-9	4.90
2	1984	05	07	17	49	Appennino abruzzese	912	8	5.93
3	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05

VINCOLO IDROGEOLOGICO

Ai sensi del R.D. 3267/23, porzione dell'area in esame ricade in zona a vincolo idrogeologico, così come si può vedere dallo figura sottostante.

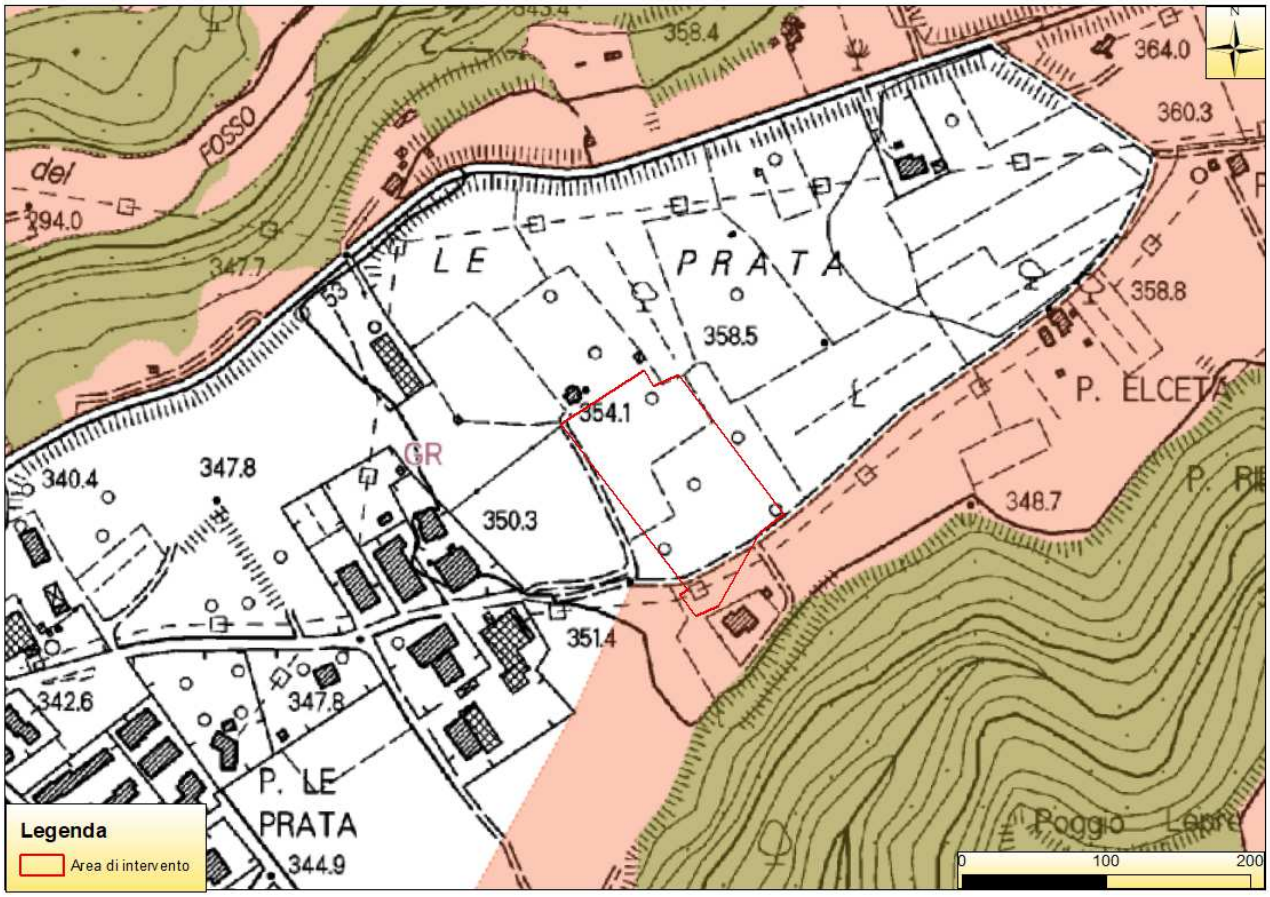


Figura 19: Stralcio 1:3000 della Carta dei Vincoli Idrogeologico e Forestale. In Rosa le zone sottoposte a Vincolo Idrogeologico ed in Verde quelle sottoposte a Vincolo Forestale.

In base ai dati raccolti e presentati in questa relazione, prodotta anche ai sensi della DPGRT 8 agosto 2003 n. 48/R, è possibile affermare che nel sito non sussistono particolari criticità di carattere idrogeologico in relazione al tipo di intervento pianificato. Le vicine aree in frana non risultano coinvolgere ne direttamente ne indirettamente le opere previste, ne queste sono pregiudizievoli per la stabilità del vicino pendio. Inoltre, secondo quanto previsto in progetto, ricade in zona a vincolo idrogeologico solo una piccola porzione, destinata al verde pubblico. Per cui si può definire trascurabile l'impatto che l'intervento ha sugli equilibri idrogeologici della zona.

FATTIBILITA'

Il presente paragrafo è redatto in conformità al D.P.G.R. 25/10/2011, n. **53/R** – "*Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 in materia di indagini geologiche*" ed è prodotto a servizio del Piano Attuativo di Iniziativa Privata Le Prata – "comparto PIT06/R" nel Comune di Pitigliano (GR), come previsto dall'art.71 al punto 1B lettera "i" delle norme generali del Regolamento Urbanistico del Comune stesso, che ricordiamo è stato approvato con delibera di Consiglio Comunale N.6 del 24-02-2015.

Ricadendo all'interno dell'UTOE, la fattibilità viene determinata consultando la Carta della fattibilità di Pitigliano, presente come elaborato nel Regolamento Urbanistico

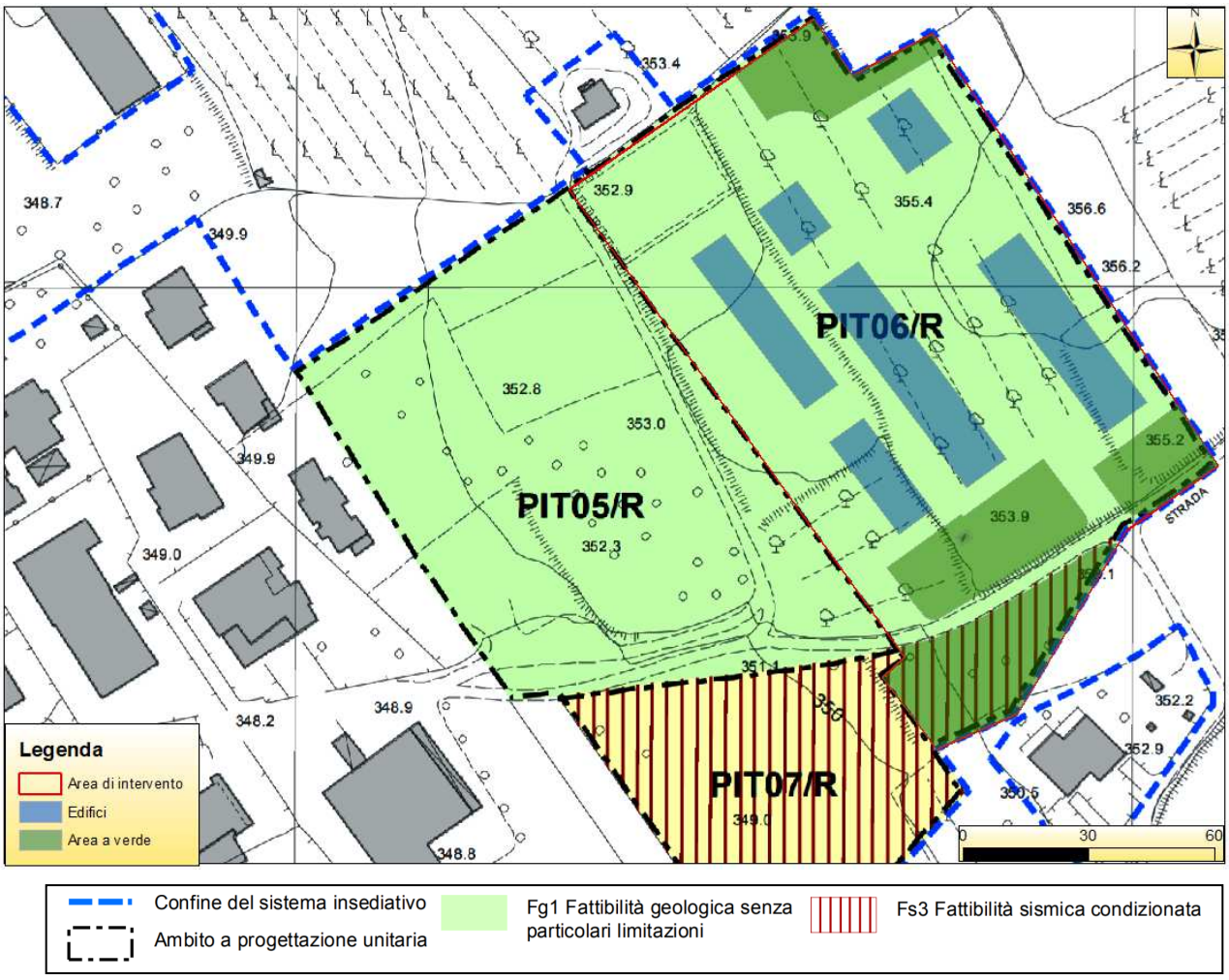


Figura 20: Stralcio 1:1000 della Carta di fattibilità di Pitigliano.

Come si evince dalla carta della fattibilità, non sussistono particolari problematiche ostative. Una parte di quanto previsto nel Piano Attuativo, ricade in fattibilità sismica condiziona, ma stando a quanto previsto in progetto, in quella determinata zona non è prevista la costruzione di edifici, ma solo verde pubblico, per cui non si ravvisano particolari criticità.

CONCLUSIONI

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico e geotecnico per il Piano Attuativo di Iniziativa Privata Le Prata – "comparto PIT06/R", per conto del "Consorzio comparto PIT06/R" L'indagine è finalizzata all'individuazione delle caratteristiche geologico-morfologiche fondamentali del sito e alla determinazione delle proprietà geotecniche dei terreni coinvolti negli interventi previsti dal piano attuativo. Nonché alla definizione della fattibilità dell'opera secondo quanto previsto dai regolamenti 48/r, 53/r e dal regolamento urbanistico del Comune di Pitigliano.
La metodologia d'indagine è stata la seguente:

1. approfondita analisi bibliografica, rivolta a studi di natura geologica e geotecnica realizzati nell'area oggetto di studio e in aree limitrofe;
2. esecuzione di 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH per la parametrizzazione degli orizzonti presenti
3. esecuzione di 2 indagini geofisiche di tipo sismico MASW con 2 acquisizioni passive di tipo REMI per la stima del Vseq delle caratteristiche sismostratigrafiche
4. esecuzione di 2 prove sismiche di tipo HVSR
5. ricostruzione con elementi bibliografici e lavori eseguiti, della stratigrafia della zona.

Nell'area di intervento risultano affiorare formazioni di natura piroclastica ed ignimbritica. Da segnalare la presenza di frane senza indizio di evoluzione, che non interessano direttamente l'intervento, né questo risulta pregiudizievole per la stabilità del pendio (cfr Inquadramento Geomorfologico). Le prove DPSH evidenziano una certa omogeneità stratigrafica delle formazioni presenti in zona. Le prove MASW individuano una Vs_{eq} attorno ai 440 m/s, con velocità crescenti con l'aumentare della profondità. Le caratteristiche sismiche della zona sono confermate anche dalle prove HVSR e, in base a queste, non è possibile escludere possibili risonanze tra frequenze degli edifici e frequenze del terreno. L'opera ricade in aree a fattibilità geologica senza particolari limitazioni, ad eccezione di una sola parte ricadente in aree a fattibilità sismica condizionata. Tale area è interessata soltanto da interventi a verde pubblico e non di tipo edilizio. Per quanto concerne il Vincolo Idrogeologico è possibile affermare che il tipo di intervento nella sua interezza non è pregiudizievole per gli assetti idrogeologici dell'area (cfr. Vincolo Idrogeologico). Si raccomanda un approfondimento del numero e del tipo delle indagini nelle fasi di progettazione esecutiva.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: “Consorzio comparto PIT06/R” Cantiere: Piano attuativo Località: Le Prata Pitigliano	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH Deepdrill 73-75

Peso Massa battente	73	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	25	Kg
Diametro punta conica	50,46	mm
Area di base punta	20	cm²
Lunghezza delle aste	0,9	m
Peso aste a metro	6,3	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,00	m
Avanzamento punta	0,30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1,159	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	**Sigla di riferimento**	**peso della massa M** *(kg)*	**prof. max indagine battente** *(m)*
Leggero	DPL (Light)	*1.1.1.1.1.1 M ≤10*	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA) massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la

necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.
L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = \mathrm{CN} \cdot \mathrm{N60} \text{ con } \mathrm{CN} = \sqrt{(\mathrm{Pa}/\sigma'_{\mathrm{vo}})} \quad \mathrm{CN} < 1.7 \quad \mathrm{Pa} = 101.32\,\mathrm{kPa}$$ *(Liao e Whitman 1986)*

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (\mathrm{ER}/60) \cdot \mathrm{C_S} \cdot \mathrm{C_r} \cdot \mathrm{C_d}$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (– s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di Nspt,k viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di Nspt distribuiti normalmente:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento d = 1 m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).
Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) σ >5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) σ >15 t/mq.

- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_y)*

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione *(Stress Ratio)*

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio *Vs (m/s)*

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione *(Ko)*

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *C*u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche
  < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico** (Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

Modulo Di Young *(EY)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH Deepdrill 73-75
Prova eseguita in data
Profondità prova 4,50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	12	0,853	6,04	7,09	302,18	354,38
0,60	6	0,847	3,00	3,54	150,08	177,19
0,90	6	0,842	2,98	3,54	149,11	177,19
1,20	7	0,836	3,27	3,91	163,56	195,58
1,50	8	0,831	3,72	4,47	185,79	223,52
1,80	18	0,776	7,81	10,06	390,44	502,93
2,10	17	0,772	6,96	9,01	347,78	450,70
2,40	15	0,767	6,10	7,95	305,07	397,67
2,70	30	0,713	10,79	15,13	539,36	756,66
3,00	17	0,759	6,51	8,58	325,30	428,77
3,30	16	0,755	6,09	8,07	304,56	403,55
3,60	26	0,701	9,19	13,12	459,61	655,77
3,90	24	0,697	8,05	11,54	402,46	577,24
4,20	18	0,744	6,44	8,66	321,97	432,93
4,50	19	0,740	6,77	9,14	338,32	456,98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	12	7,09	Incoerente	0	14,96	19,12	2,24	1,16	13,91	Strato
1,5	6,75	3,87	Incoerente	0	14,22	18,66	13,02	1,16	7,82	Strato
2,4	16,67	9,009999	Incoerente	0	15,58	19,5	28,56	1,16	19,32	Strato
2,7	30	15,13	Incoerente	0	17,07	20,42	38,13	1,16	34,77	Strato
3,3	16,5	8,32	Incoerente	0	15,55	19,49	45,36	1,16	19,12	Strato
3,9	25	12,33	Incoerente	0	16,56	20,11	54,99	1,16	28,98	Strato
4,5	18,5	8,900002	Incoerente	0	15,8	19,64	64,7	1,16	21,44	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Gibbs & Holtz 1957	48,61
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Gibbs & Holtz 1957	33,03
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Gibbs & Holtz 1957	49,89
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Gibbs & Holtz 1957	62,86
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Gibbs & Holtz 1957	46,16
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Gibbs & Holtz 1957	54,5
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Gibbs & Holtz 1957	45,41

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Sowers (1961)	31,89
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Sowers (1961)	30,19
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Sowers (1961)	33,41
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Sowers (1961)	37,74
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Sowers (1961)	33,35
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Sowers (1961)	36,11
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Sowers (1961)	34

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Schmertmann (1978) Sabbie	16,37
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Schmertmann (1978) Sabbie	9,20
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Schmertmann (1978) Sabbie	22,74
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Schmertmann (1978) Sabbie	40,92
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Schmertmann (1978) Sabbie	22,50
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Schmertmann (1978) Sabbie	34,10
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Schmertmann (1978) Sabbie	25,23

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,50
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,27
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,59
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	9,70
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,54
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8,53
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7,01

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Meyerhof ed altri	14,96

Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Meyerhof ed altri	14,22
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Meyerhof ed altri	15,58
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Meyerhof ed altri	17,07
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Meyerhof ed altri	15,55
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Meyerhof ed altri	16,56
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Meyerhof ed altri	15,80

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,66
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,50
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,42
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,49
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,11
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,64

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	(A.G.I.)	0,32
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	(A.G.I.)	0,29
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	(A.G.I.)	0,32
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	(A.G.I.)	0,3
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	75,71
Strato (2)	7,82	0,30-1,50	7,82	Ohsaki (Sabbie	44,06

Strato				pulite)	
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Ohsaki (Sabbie pulite)	103,11
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Ohsaki (Sabbie pulite)	179,13
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Ohsaki (Sabbie pulite)	102,10
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Ohsaki (Sabbie pulite)	150,94
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Ohsaki (Sabbie pulite)	113,71

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Ohta & Goto (1978) Limi	74,8
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Ohta & Goto (1978) Limi	95,68
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Ohta & Goto (1978) Limi	129,89
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Ohta & Goto (1978) Limi	151,43
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Ohta & Goto (1978) Limi	140,9
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Ohta & Goto (1978) Limi	156,83
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Ohta & Goto (1978) Limi	153,36

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Navfac 1971-1982	2,91
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Navfac 1971-1982	1,63
Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Navfac 1971-1982	3,93
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Navfac 1971-1982	6,24
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Navfac 1971-1982	3,89
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Navfac 1971-1982	5,47
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Navfac 1971-1982	4,30

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Robertson 1983	2,73
Strato (2) Strato	7,82	0,30-1,50	7,82	Robertson 1983	1,53

Strato (3) Strato	19,32	1,50-2,40	19,32	Robertson 1983	3,79
Strato (4) Strato	34,77	2,40-2,70	34,77	Robertson 1983	6,82
Strato (5) Strato	19,12	2,70-3,30	19,12	Robertson 1983	3,75
Strato (6) Strato	28,98	3,30-3,90	28,98	Robertson 1983	5,68
Strato (7) Strato	21,44	3,90-4,50	21,44	Robertson 1983	4,21

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH Deepdrill 73-75
Prova eseguita in data
Profondità prova 4,80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	12	0,853	6,04	7,09	302,18	354,38
0,60	6	0,847	3,00	3,54	150,08	177,19
0,90	11	0,842	5,47	6,50	273,37	324,85
1,20	11	0,836	5,14	6,15	257,02	307,34
1,50	12	0,831	5,57	6,71	278,69	335,28
1,80	13	0,776	5,64	7,26	281,98	363,22
2,10	22	0,722	8,42	11,67	420,90	583,25
2,40	15	0,767	6,10	7,95	305,07	397,67
2,70	17	0,763	6,54	8,58	327,08	428,77
3,00	27	0,709	9,65	13,62	482,60	680,99
3,30	15	0,755	5,71	7,57	285,52	378,33
3,60	15	0,751	5,68	7,57	284,08	378,33
3,90	27	0,697	9,06	12,99	452,77	649,40
4,20	18	0,744	6,44	8,66	321,97	432,93
4,50	18	0,740	6,41	8,66	320,51	432,93
4,80	20	0,737	6,78	9,19	338,85	459,71

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	12	7,09	Incoerente	0	14,96	19,12	2,24	1,16	13,91	Strato
0,6	6	3,54	Incoerente	0	14,1	18,59	6,6	1,16	6,95	Strato
1,8	11,75	6,65	Incoerente	0	14,93	19,1	17,68	1,16	13,62	Strato

2,1	22	11,66	Incoerente	0	16,22	19,9	29,07	1,16	25,5	Strato
2,7	16	8,26	Incoerente	0	15,49	19,45	36,15	1,16	18,54	Strato
3,6	19	9,58	Incoerente	0	15,86	19,68	47,93	1,16	22,02	Strato
3,9	27	12,99	Incoerente	0	16,77	20,24	57,58	1,16	31,29	Strato
4,8	18,67	8,84	Incoerente	0	15,82	19,65	67,22	1,16	21,64	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Gibbs & Holtz 1957	48,61
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Gibbs & Holtz 1957	32,06
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Gibbs & Holtz 1957	44,1
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Gibbs & Holtz 1957	56,75
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Gibbs & Holtz 1957	47,26
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Gibbs & Holtz 1957	49,04
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Gibbs & Holtz 1957	55,96
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Gibbs & Holtz 1957	45,21

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Meyerhof (1965)	30,47
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Meyerhof (1965)	27,37
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Meyerhof (1965)	30,35
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Meyerhof (1965)	34,33
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Meyerhof (1965)	32,21
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Meyerhof (1965)	33,34
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Meyerhof (1965)	35,66
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Meyerhof (1965)	33,23

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Schmertmann (1978) Sabbie	16,37
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Schmertmann (1978) Sabbie	8,18
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Schmertmann (1978) Sabbie	16,03
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Schmertmann (1978) Sabbie	30,01
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Schmertmann (1978) Sabbie	21,82
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Schmertmann (1978) Sabbie	25,91
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Schmertmann (1978) Sabbie	36,82
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Schmertmann (1978) Sabbie	25,47

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,50
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,09
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,44
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7,83
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,43
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7,13
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	9,00
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7,05

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Meyerhof ed altri	14,96
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Meyerhof ed altri	14,10
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Meyerhof ed altri	14,93
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Meyerhof ed altri	16,22
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Meyerhof ed altri	15,49
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Meyerhof ed altri	15,86
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Meyerhof ed altri	16,77
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Meyerhof ed altri	15,82

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,59
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,10
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,90
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,45
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,68
Strato (7)	31,29	3,60-3,90	31,29	Terzaghi-Peck	20,24

Strato				1948-1967	
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,65

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	(A.G.I.)	0,3
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	(A.G.I.)	0,32
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	(A.G.I.)	0,31
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	(A.G.I.)	0,29
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	75,71
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Ohsaki (Sabbie pulite)	39,44
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Ohsaki (Sabbie pulite)	74,23
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	133,84
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Ohsaki (Sabbie pulite)	99,19
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	116,60
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Ohsaki (Sabbie pulite)	162,22
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Ohsaki (Sabbie pulite)	114,70

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Ohta & Goto (1978) Limi	74,8
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Ohta & Goto (1978) Limi	82,01
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Ohta & Goto (1978) Limi	111,33
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Ohta & Goto (1978) Limi	136,28

Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Ohta & Goto (1978) Limi	134,24
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Ohta & Goto (1978) Limi	145,75
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Ohta & Goto (1978) Limi	160,18
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Ohta & Goto (1978) Limi	154,65

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Navfac 1971-1982	2,91
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Navfac 1971-1982	1,43
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Navfac 1971-1982	2,85
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Navfac 1971-1982	4,95
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Navfac 1971-1982	3,79
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Navfac 1971-1982	4,39
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Navfac 1971-1982	5,79
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Navfac 1971-1982	4,33

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Strato	13,91	0.00-0,30	13,91	Robertson 1983	2,73
Strato (2) Strato	6,95	0,30-0,60	6,95	Robertson 1983	1,36
Strato (3) Strato	13,62	0,60-1,80	13,62	Robertson 1983	2,67
Strato (4) Strato	25,5	1,80-2,10	25,5	Robertson 1983	5,00
Strato (5) Strato	18,54	2,10-2,70	18,54	Robertson 1983	3,64
Strato (6) Strato	22,02	2,70-3,60	22,02	Robertson 1983	4,32
Strato (7) Strato	31,29	3,60-3,90	31,29	Robertson 1983	6,14
Strato (8) Strato	21,64	3,90-4,80	21,64	Robertson 1983	4,24

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH Deepdrill 73-75
Prova eseguita in data
Profondità prova 3,90 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	9	0,853	4,53	5,32	226,63	265,79
0,60	11	0,847	5,50	6,50	275,15	324,85
0,90	11	0,842	5,47	6,50	273,37	324,85
1,20	11	0,836	5,14	6,15	257,02	307,34
1,50	12	0,831	5,57	6,71	278,69	335,28
1,80	15	0,776	6,51	8,38	325,36	419,11
2,10	15	0,772	6,14	7,95	306,86	397,67
2,40	15	0,767	6,10	7,95	305,07	397,67
2,70	15	0,763	5,77	7,57	288,60	378,33
3,00	21	0,709	7,51	10,59	375,36	529,66
3,30	18	0,755	6,85	9,08	342,63	453,99
3,60	30	0,701	10,61	15,13	530,32	756,66
3,90	45	0,597	12,93	21,65	646,38	1082,33

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,5	10,8	6,23	Incoerente	0	14,8	19,02	11,1	1,16	12,52	Strato
2,7	15	7,96	Incoerente	0	15,36	19,37	31,42	1,16	17,39	Strato
3	21	10,59	Incoerente	0	16,1	19,83	43,05	1,16	24,34	Strato
3,3	18	9,08	Incoerente	0	15,74	19,6	47,82	1,16	20,86	Strato
3,6	30	15,13	Incoerente	0	17,07	20,42	52,74	1,16	34,77	Strato
3,9	45	21,65	Incoerente	0	18,3	21,18	58,05	1,16	52,16	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Gibbs & Holtz 1957	43,75
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Gibbs & Holtz 1957	46,73
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Gibbs & Holtz 1957	52,47
Strato (4)	20,86	3,00-3,30	20,86	Gibbs & Holtz	47,76

Strato				1957	
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Gibbs & Holtz 1957	59,67
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Gibbs & Holtz 1957	69,79

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Meyerhof (1965)	29,9
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Meyerhof (1965)	31,8
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Meyerhof (1965)	34,02
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Meyerhof (1965)	32,98
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Meyerhof (1965)	36,27
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Meyerhof (1965)	37,11

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Schmertmann (1978) Sabbie	14,73
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Schmertmann (1978) Sabbie	20,46
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Schmertmann (1978) Sabbie	28,64
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Schmertmann (1978) Sabbie	24,55
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Schmertmann (1978) Sabbie	40,92
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Schmertmann (1978) Sabbie	61,38

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,22
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,20
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7,60
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,90
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Begemann 1974 (Ghiaia con	9,70

				sabbia)	
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	13,20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Meyerhof ed altri	14,80
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Meyerhof ed altri	15,36
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Meyerhof ed altri	16,10
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Meyerhof ed altri	15,74
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Meyerhof ed altri	17,07
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Meyerhof ed altri	18,30

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,02
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,37
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,83
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,60
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,42

Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,18

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	(A.G.I.)	0,32
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	(A.G.I.)	0,31
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	(A.G.I.)	0,31
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	(A.G.I.)	0,29
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Ohsaki (Sabbie pulite)	68,58
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Ohsaki (Sabbie pulite)	93,39
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Ohsaki (Sabbie pulite)	128,11
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Ohsaki (Sabbie pulite)	110,81
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Ohsaki (Sabbie pulite)	179,13
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Ohsaki (Sabbie pulite)	262,26

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Ohta & Goto (1978) Limi	100,21
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Ohta & Goto (1978) Limi	129,38
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Ohta & Goto (1978) Limi	145,46
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Ohta & Goto (1978) Limi	144,39
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Ohta & Goto (1978) Limi	160,53
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Ohta & Goto (1978) Limi	174,99

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	12,52	0.00-1,50	12,52	Navfac 1971-1982	2,63

Strato					
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Navfac 1971-1982	3,58
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Navfac 1971-1982	4,77
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Navfac 1971-1982	4,20
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Navfac 1971-1982	6,24
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Navfac 1971-1982	8,49

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Strato	12,52	0.00-1,50	12,52	Robertson 1983	2,46
Strato (2) Strato	17,39	1,50-2,70	17,39	Robertson 1983	3,41
Strato (3) Strato	24,34	2,70-3,00	24,34	Robertson 1983	4,77
Strato (4) Strato	20,86	3,00-3,30	20,86	Robertson 1983	4,09
Strato (5) Strato	34,77	3,30-3,60	34,77	Robertson 1983	6,82
Strato (6) Strato	52,16	3,60-3,90	52,16	Robertson 1983	10,23

Risultati delle analisi MASW

Autore: Dott. Francesco Gentili, Dott. Francesco Giuseppe Rossi
Sito: Pitigliano
Data: Marzo 2019

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentli

Nome del file delle tracce .....
Numero di ricevitori.....32
Distanza tra i sensori:.....1m
Numero di campioni temporali 2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 32
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)

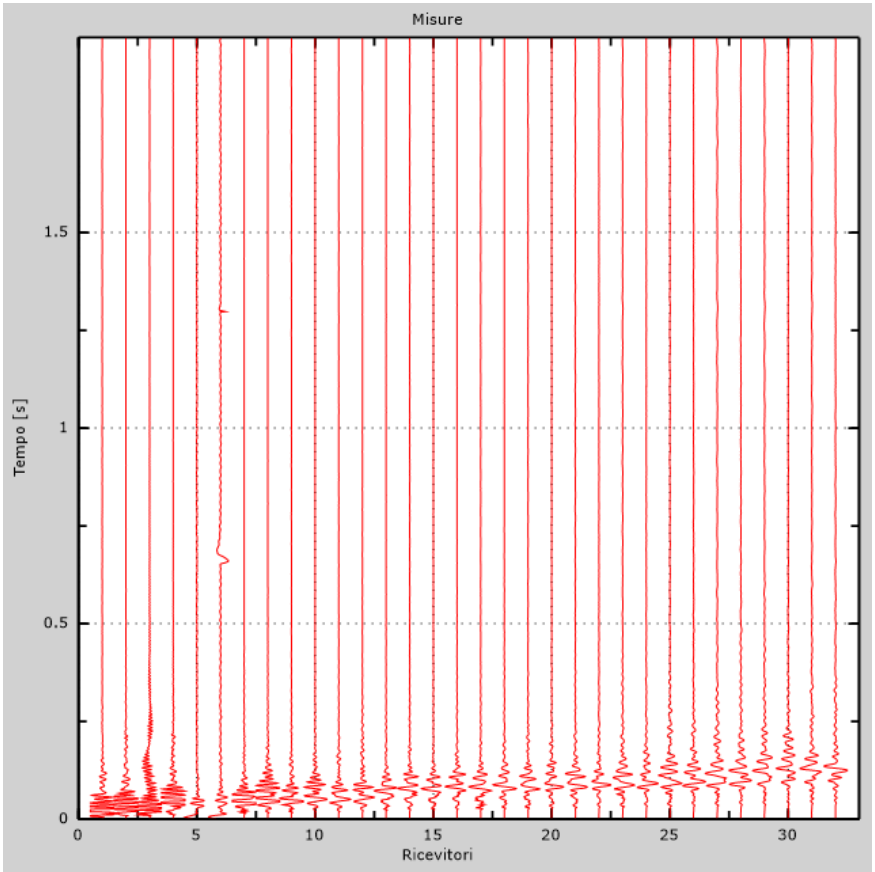


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

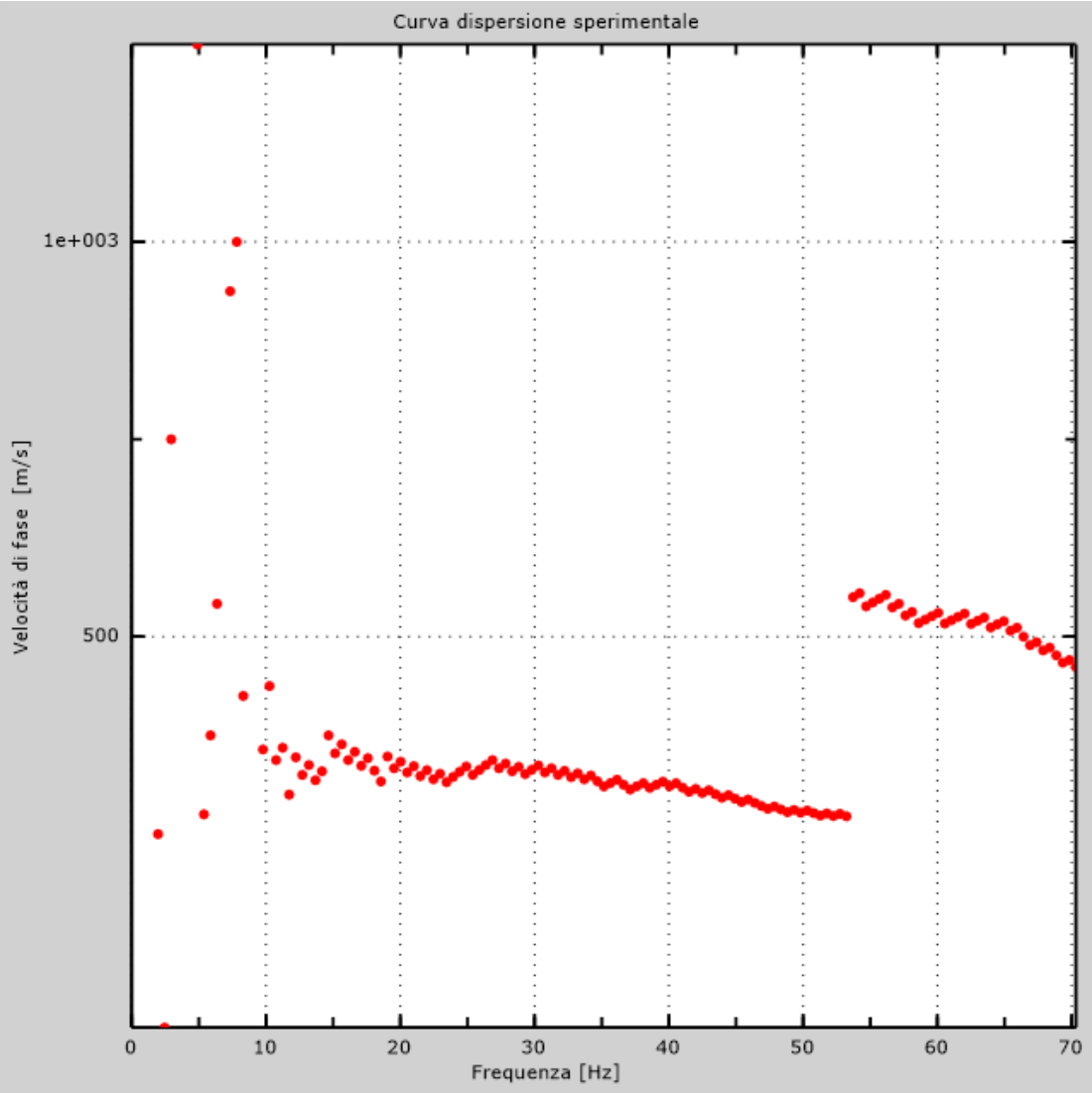


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Nome del file delle tracce .....
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)

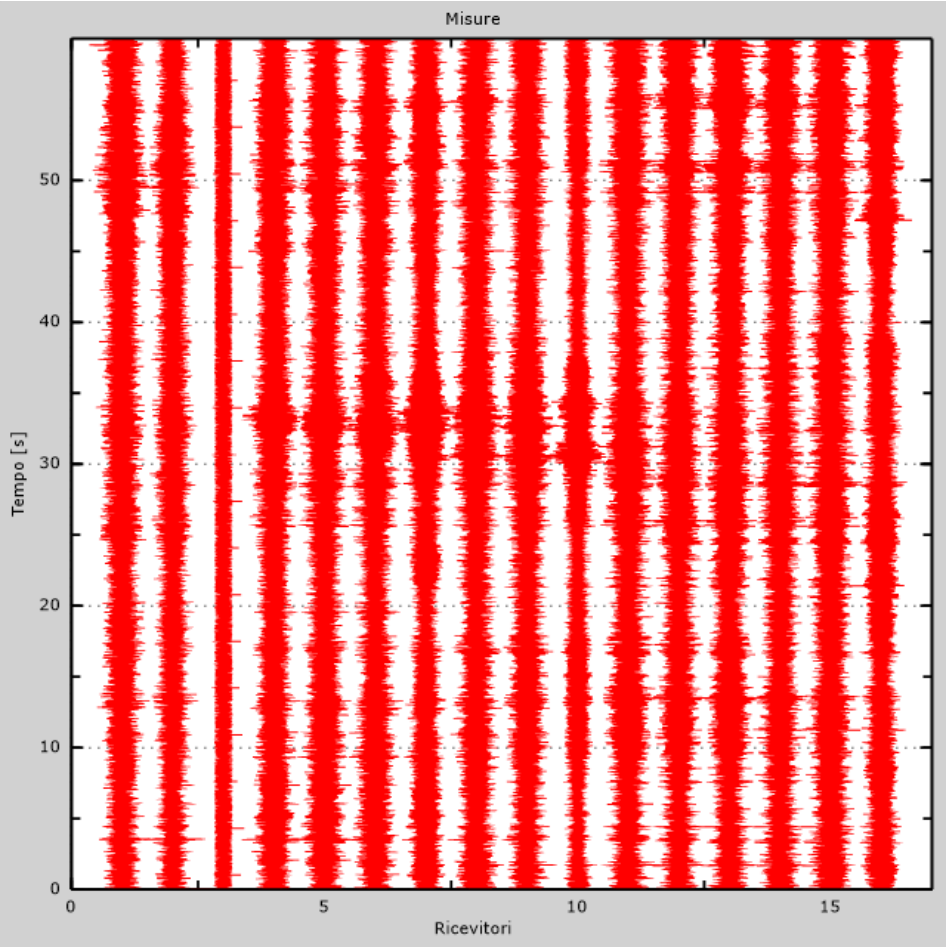


Figura 3: Tracce sperimentali

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]
10.7962	405.657	289.683	521.631
19.814	369.034	246.956	491.112
33.4308	338.514	185.917	491.112
43.6208	320.203	210.333	430.073
51.4662	344.618	228.644	460.592
54.893	509.423	350.722	668.124
62.017	454.488	271.372	637.605
67.4276	454.488	326.307	582.67

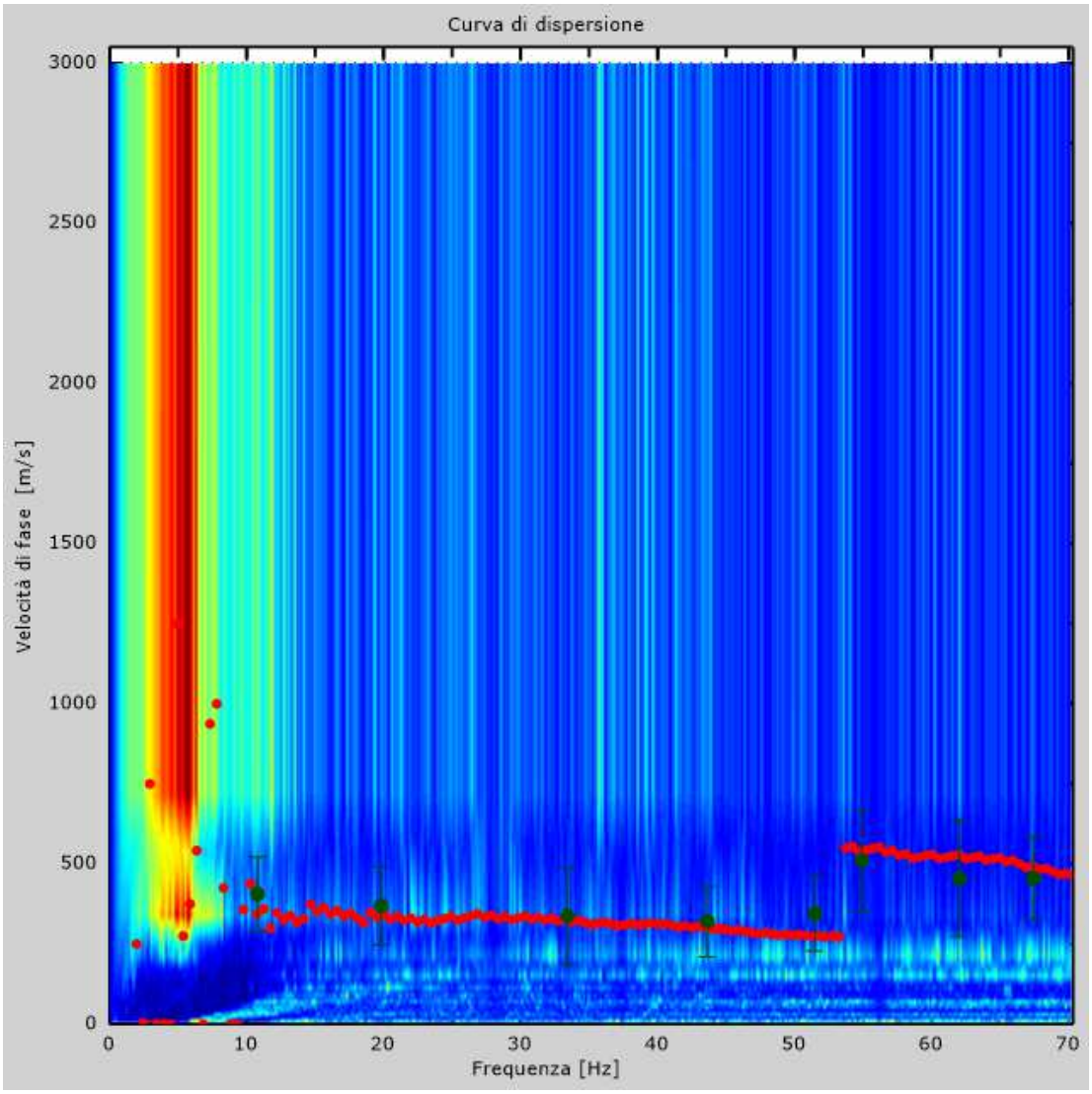


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 1m
Numero ricevitori 32
Numero modi 1

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 382.91
Vp [m/s] 625.29
Vs min [m/s] 191.45
Vs max [m/s] 765.82
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 382.910

Strato 2

h [m] 3
z [m] ..... -5
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 430.23
Vp [m/s] 702.56
Vs min [m/s] 283.01
Vs max [m/s] 645.345000
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 430.230

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -8
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 410.04
Vp [m/s] 669.59

Vs min [m/s] 205.02
Vs max [m/s] 820.08
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 410.040

Strato 4

h [m] 4
z [m] ..... -12
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 410.04
Vp [m/s] 669.59
Vs min [m/s] 205.02
Vs max [m/s] 820.08
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 410.040

Strato 5

h [m] 4
z [m] ..... -16
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 450.73
Vp [m/s] 736.04
Vs min [m/s] 225.37
Vs max [m/s] 901.46
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 450.730

Strato 6

h [m] 5
z [m] ..... -21
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 450.73
Vp [m/s] 736.04
Vs min [m/s] 225.37
Vs max [m/s] 901.46
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 450.730

Strato 7

h [m] 5
z [m] ..... -26
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 450.73
Vp [m/s] 736.04
Vs min [m/s] 225.37
Vs max [m/s] 901.46
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 450.730

Strato 8

h [m] 6
z [m] ..... -32
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 512.27
Vp [m/s] 836.53
Vs min [m/s] 225.37
Vs max [m/s] 768.405000
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 512.270

Strato 9

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 512.23
Vp [m/s] 836.47
Vs min [m/s] 225.37
Vs max [m/s] 768.345000
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 512.230

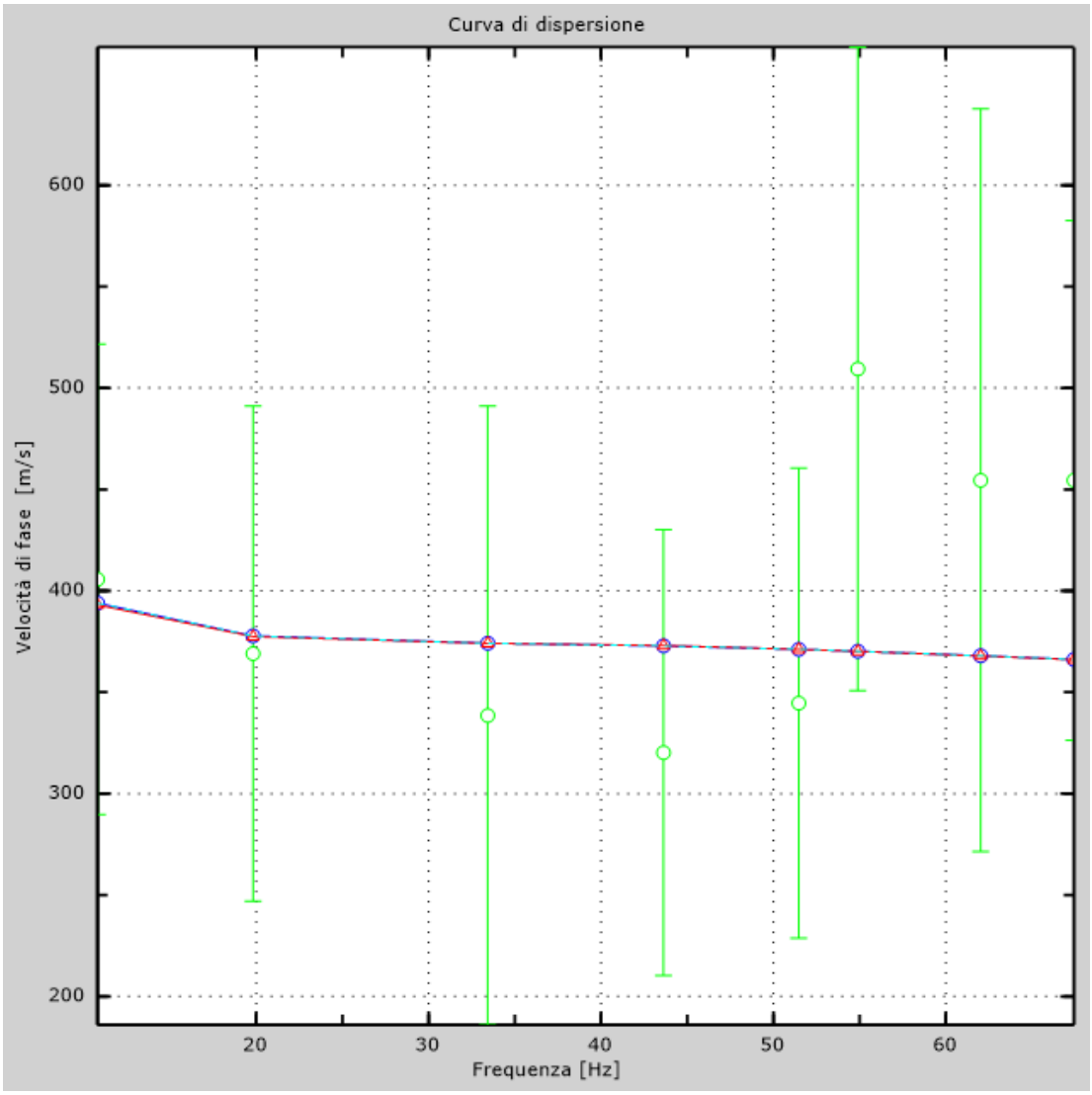


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

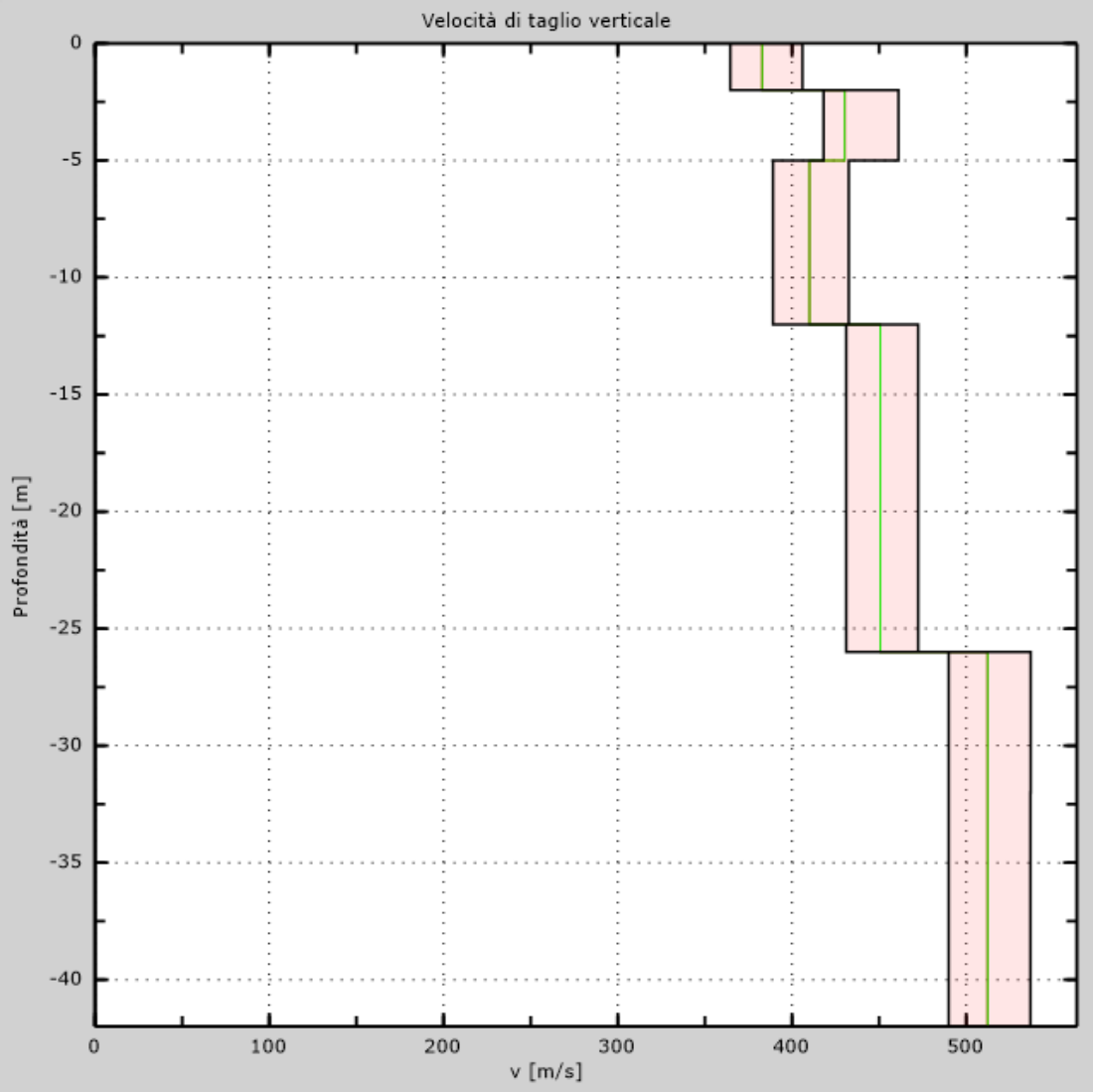


Figura 6: Profilo Vs numerico; incertezza 0.1 sigma

6 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0
Vseq [m/s].....440
Tipo di suolo **B**

1 - Dati sperimentli

Nome del file delle tracce .....
Numero di ricevitori.....32
Distanza tra i sensori:.....1m
Numero di campioni temporali 2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 32
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)

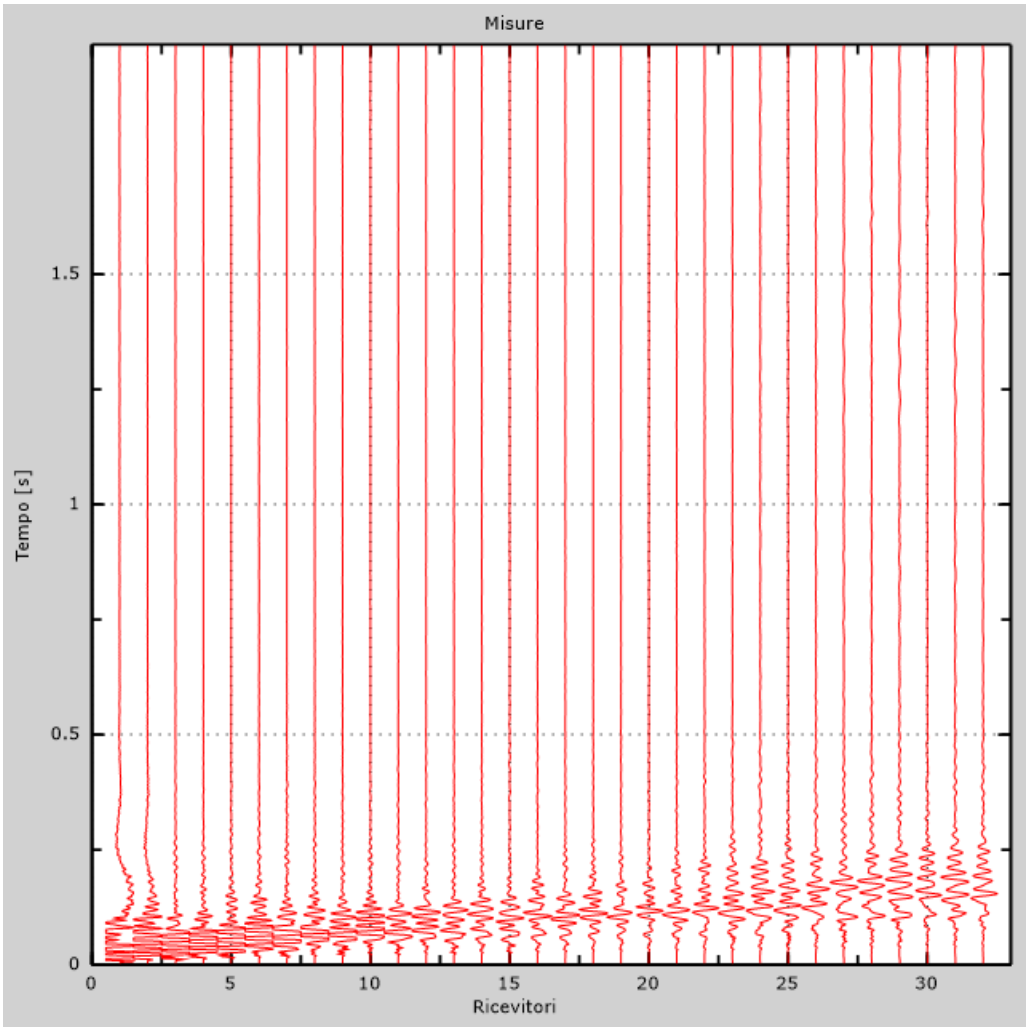


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

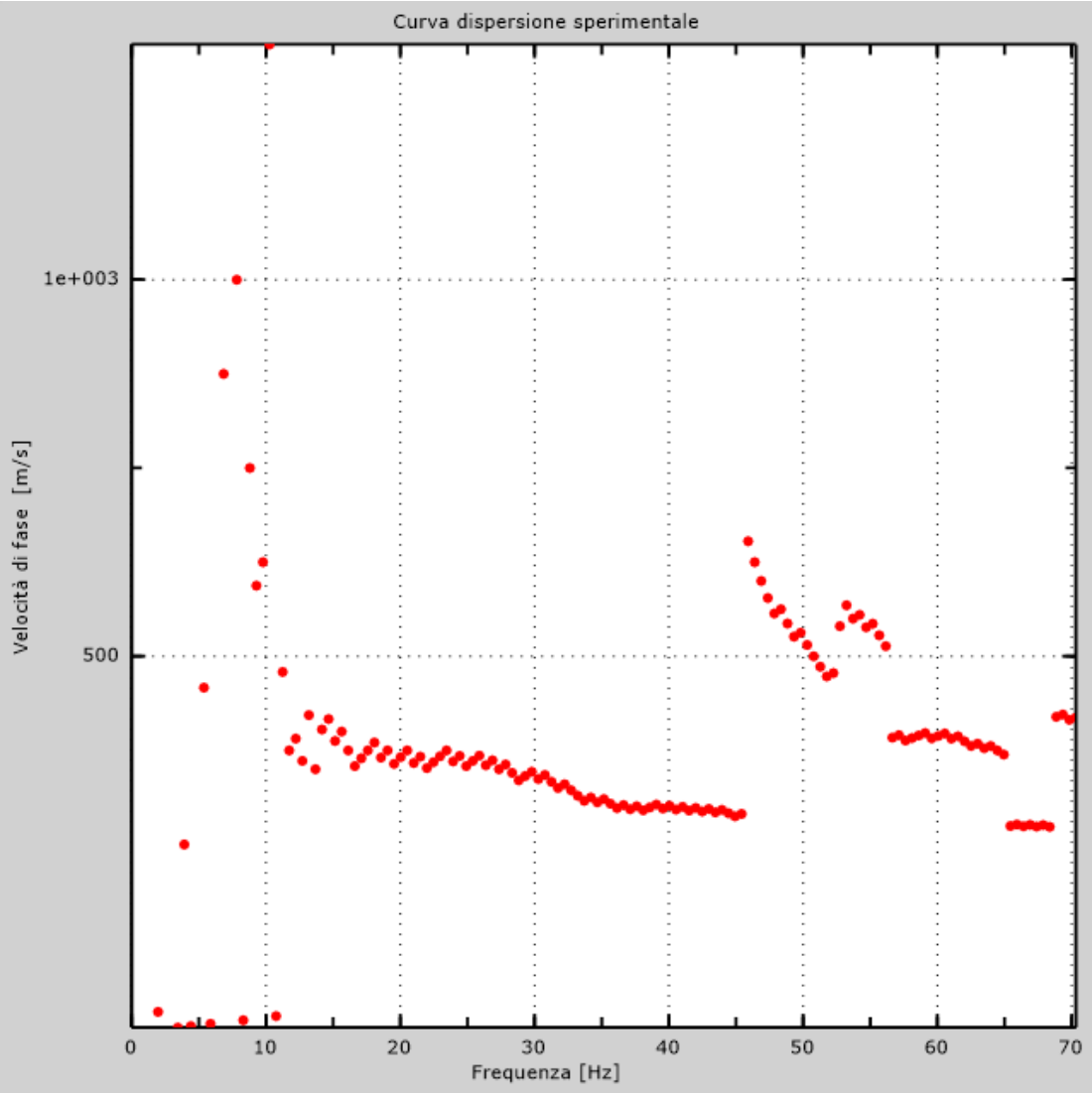


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Nome del file delle tracce .....
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)

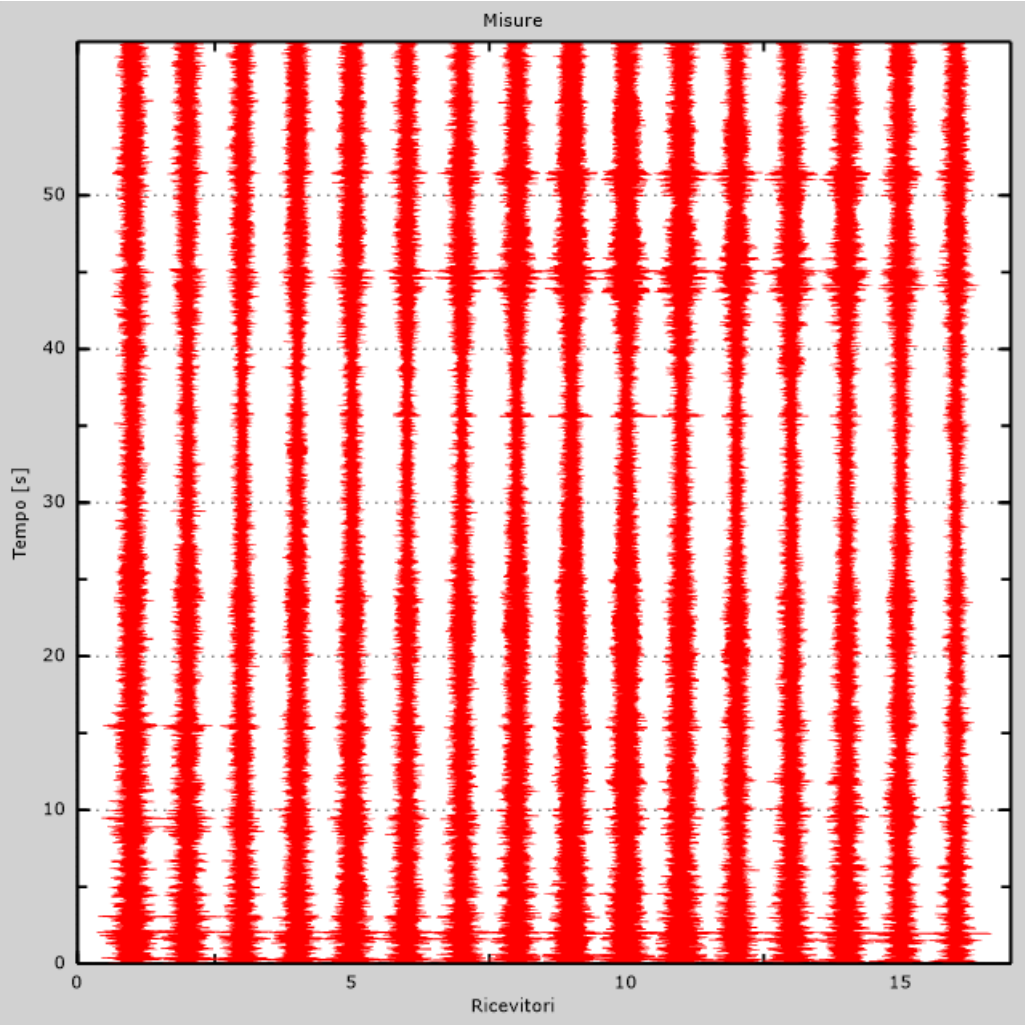


Figura 3: Tracce sperimentali

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]
13.4114	399.553	265.268	533.839
19.5434	369.034	253.06	485.008
26.5773	356.826	222.54	491.112
33.2504	314.099	198.125	430.073
41.7271	289.683	161.501	417.865
56.9671	381.242	240.852	521.631
62.1072	369.034	265.268	472.8
68.4196	411.761	289.683	533.839

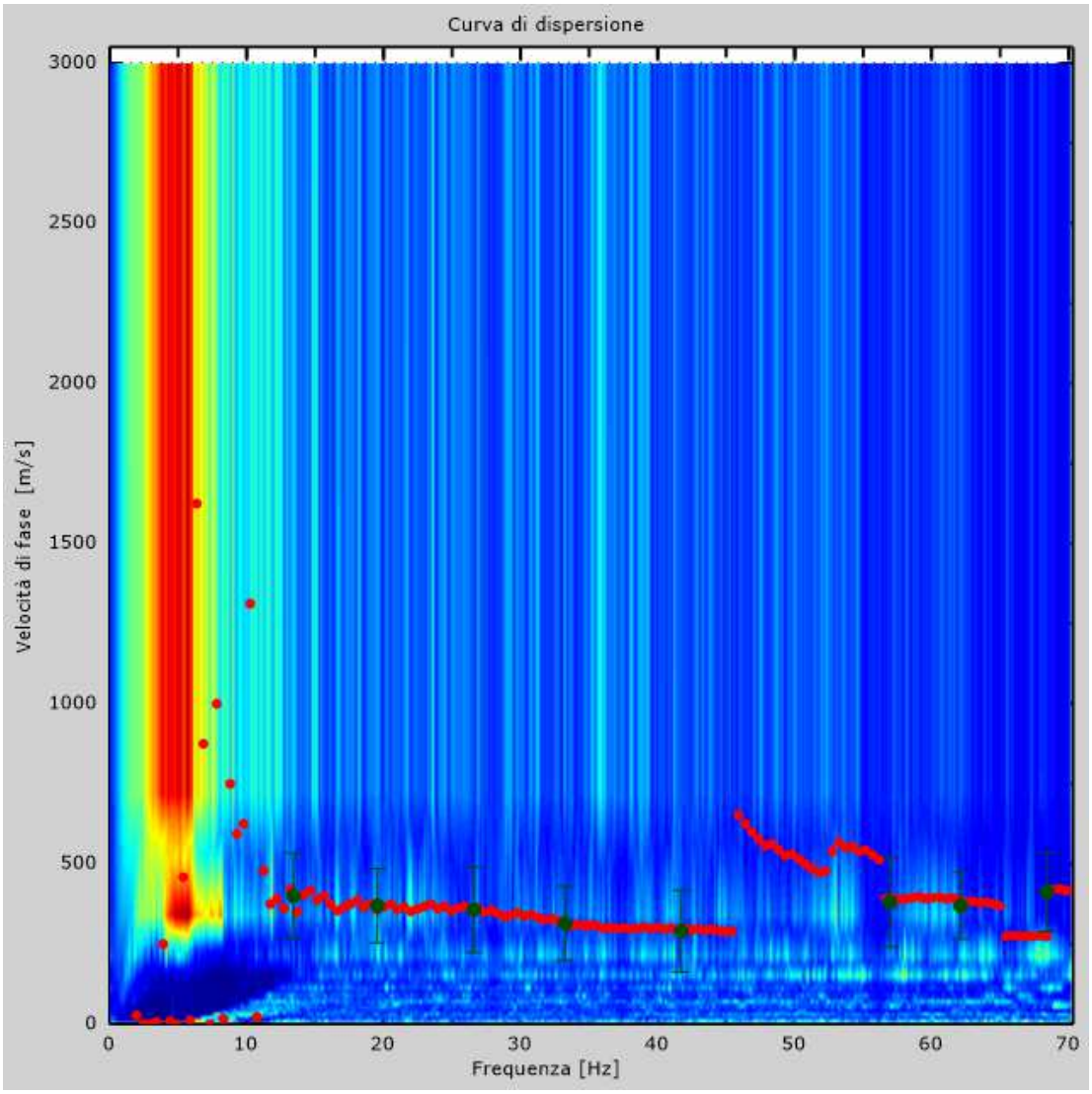


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 1m
Numero ricevitori 32
Numero modi 1

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 410.04
Vp [m/s] 669.59
Vs min [m/s] 205.02
Vs max [m/s] 820.08
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 410.040

Strato 2

h [m] 3
z [m] ..... -5
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 349.00
Vp [m/s] 569.91
Vs min [m/s] 174.50
Vs max [m/s] 698.00
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 349.000

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -8
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 410.04
Vp [m/s] 669.59

Vs min [m/s] 205.02
Vs max [m/s] 820.08
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 410.040

Strato 4

h [m] 4
z [m] ..... -12
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 443.95
Vp [m/s] 724.97
Vs min [m/s] 221.97
Vs max [m/s] 887.90
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 443.950

Strato 5

h [m] 4
z [m] ..... -16
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 443.95
Vp [m/s] 724.97
Vs min [m/s] 221.97
Vs max [m/s] 887.90
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 443.950

Strato 6

h [m] 5
z [m] ..... -21
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 443.95
Vp [m/s] 724.97
Vs min [m/s] 221.97
Vs max [m/s] 887.90
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 443.950

Strato 7

h [m] 5
z [m] ..... -26
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 443.95
Vp [m/s] 724.97
Vs min [m/s] 221.97
Vs max [m/s] 887.90
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 443.950

Strato 8

h [m] 6
z [m] ..... -32
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 523.45
Vp [m/s] 854.79
Vs min [m/s] 221.97
Vs max [m/s] 785.175000
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 523.450

Strato 9

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 523.45
Vp [m/s] 854.79
Vs min [m/s] 221.97
Vs max [m/s] 785.175000
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 523.450

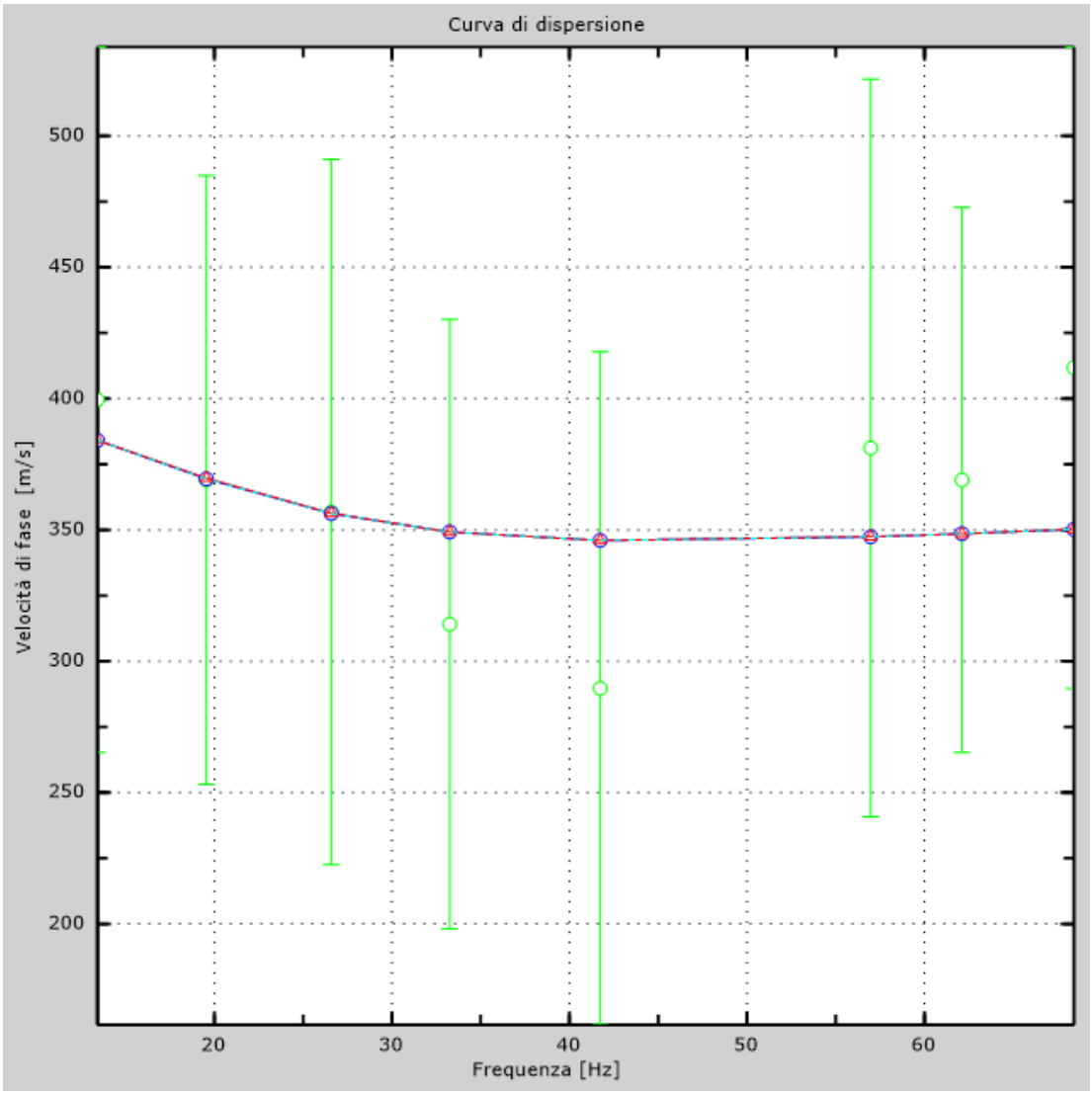


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

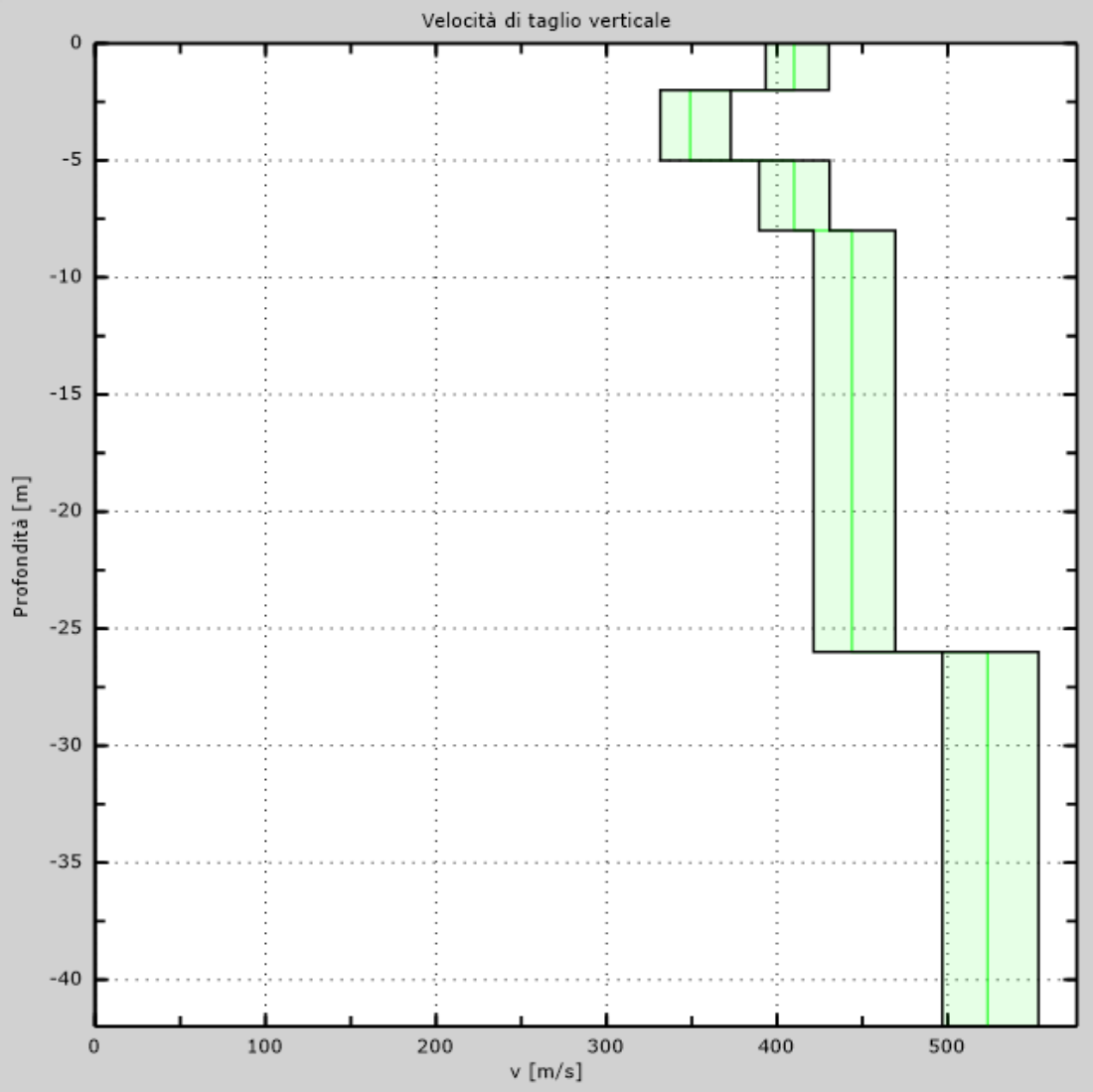


Figura 6: Profilo Vs numerico; incertezza 0.1 sigma

6 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0
Vseq [m/s].....434

Tipo di suolo B

Piano Attuativo di iniziativa privata - La Prata “comparto PIT06/R”

	Data: marzo 2019
	Il committente “Consorzio comparto PIT06/R”- Presidente Sig. Alessandro Biondi
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	

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.

Dati generali

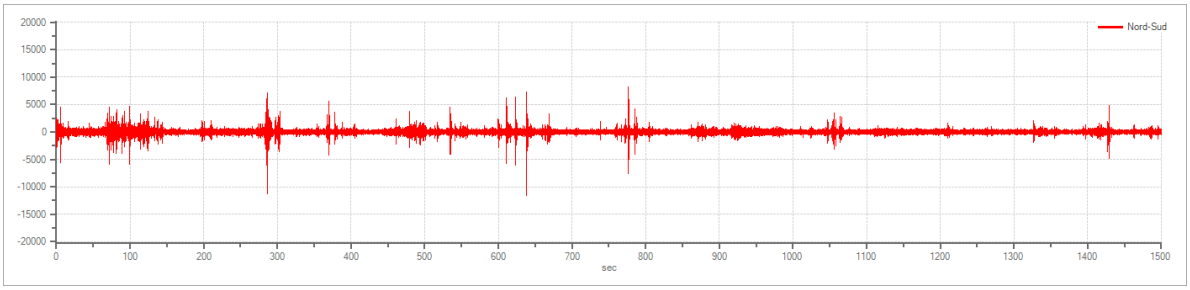
Nome progetto:	Piano Attuativo di iniziativa privata - La Prata “comparto PIT06/R”
Committente:	“Consorzio comparto PIT06/R”- Presidente Sig. Alessandro Biondi
Cantiere:	
Località:	Pitigliano
Operatore:	Francesco Gentili - Francesco Giuseppe Rossi
Responsabile:	Alessandro Pizzetti
Data:	Marzo 2019

Tracce in input

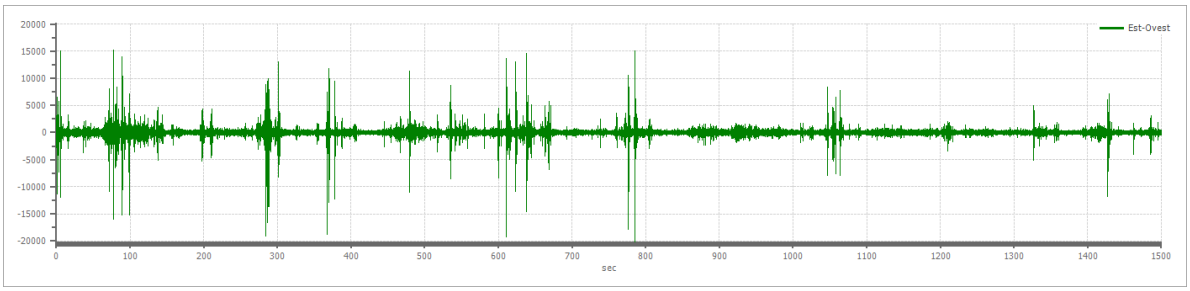
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3	
Durata registrazione:	1500	s
Frequenza di campionamento:	300.00	Hz
Numero campioni:	450000	
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.	

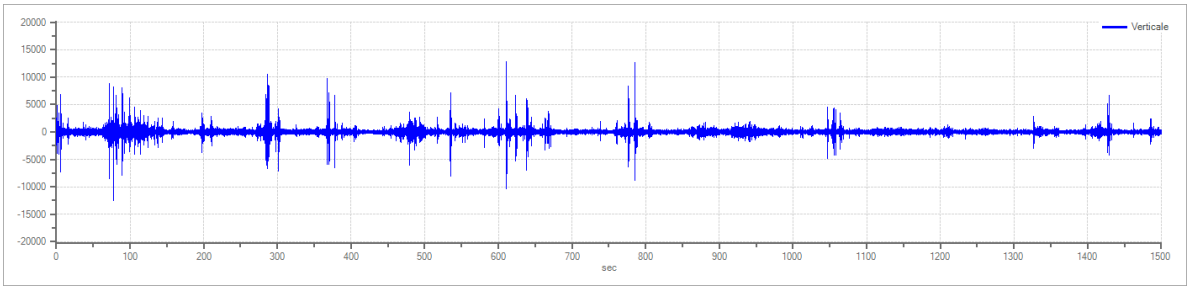
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

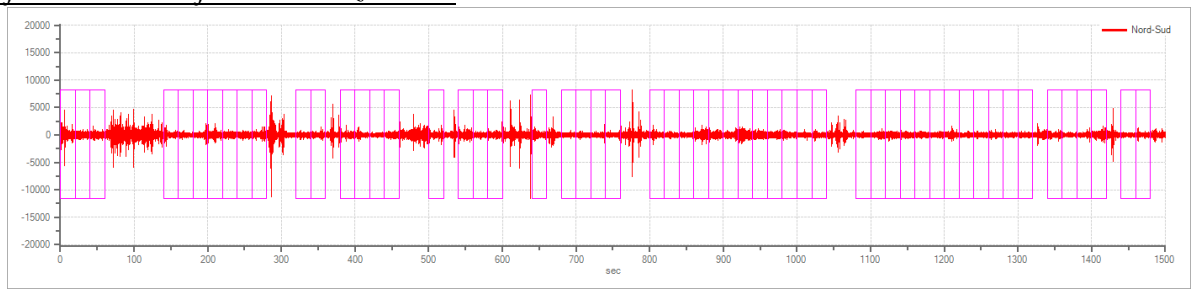
Dati riepilogativi:
Numero totale finestre selezionate: 55
Numero finestre incluse nel calcolo: 29
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Triangolare costante
Percentuale di lisciamento: 8.00 %

Tabella finestre:

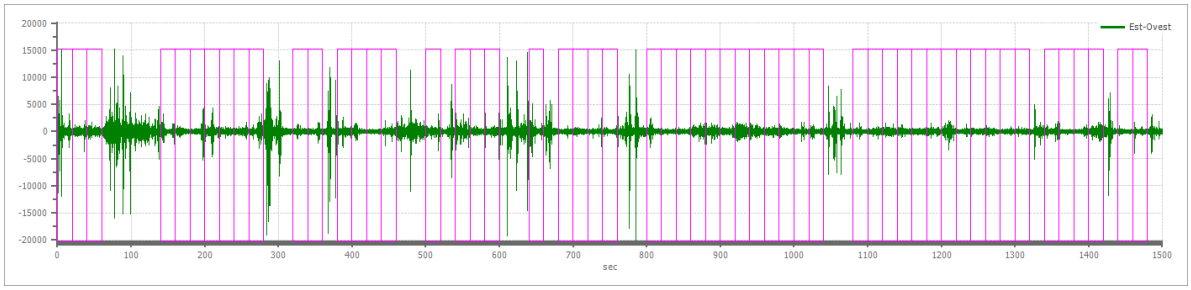
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Esclusa
3	40	60	Inclusa
4	140	160	Esclusa
5	160	180	Esclusa
6	180	200	Esclusa
7	200	220	Inclusa
8	220	240	Inclusa
9	240	260	Inclusa
10	260	280	Esclusa
11	320	340	Esclusa
12	340	360	Esclusa
13	380	400	Esclusa
14	400	420	Esclusa
15	420	440	Esclusa
16	440	460	Esclusa
17	500	520	Inclusa
18	540	560	Esclusa
19	560	580	Inclusa
20	580	600	Inclusa
21	640	660	Inclusa
22	680	700	Esclusa
23	700	720	Esclusa
24	720	740	Esclusa
25	740	760	Esclusa
26	800	820	Esclusa
27	820	840	Esclusa
28	840	860	Inclusa

29	860	880	Inclusa
30	880	900	Inclusa
31	900	920	Inclusa
32	920	940	Inclusa
33	940	960	Esclusa
34	960	980	Esclusa
35	980	1000	Inclusa
36	1000	1020	Inclusa
37	1020	1040	Inclusa
38	1080	1100	Inclusa
39	1100	1120	Inclusa
40	1120	1140	Inclusa
41	1140	1160	Inclusa
42	1160	1180	Inclusa
43	1180	1200	Inclusa
44	1200	1220	Esclusa
45	1220	1240	Esclusa
46	1240	1260	Esclusa
47	1260	1280	Inclusa
48	1280	1300	Inclusa
49	1300	1320	Inclusa
50	1340	1360	Esclusa
51	1360	1380	Esclusa
52	1380	1400	Inclusa
53	1400	1420	Inclusa
54	1440	1460	Inclusa
55	1460	1480	Esclusa

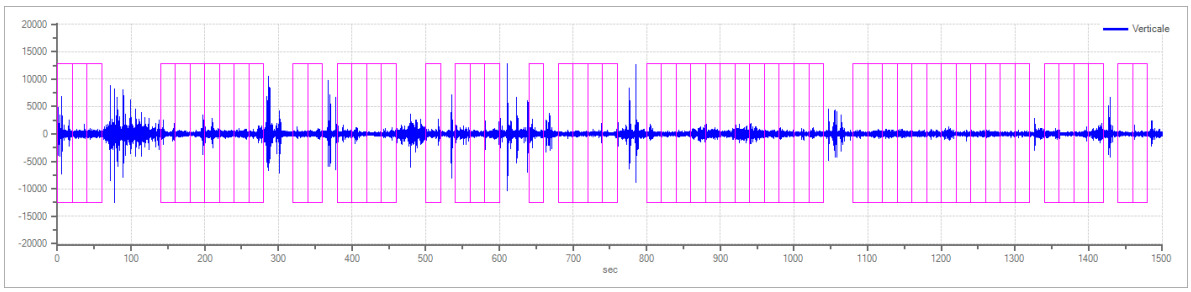
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

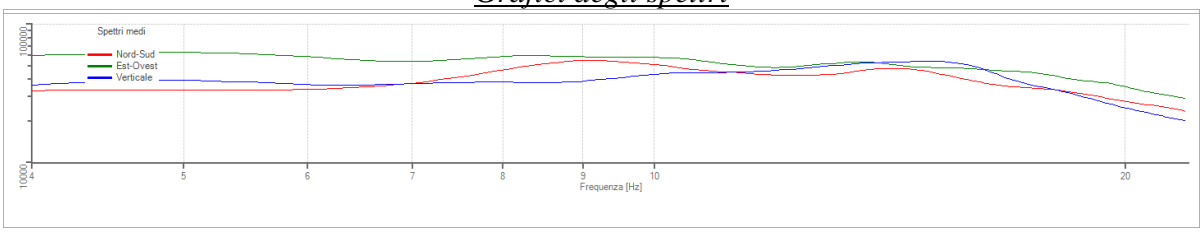


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

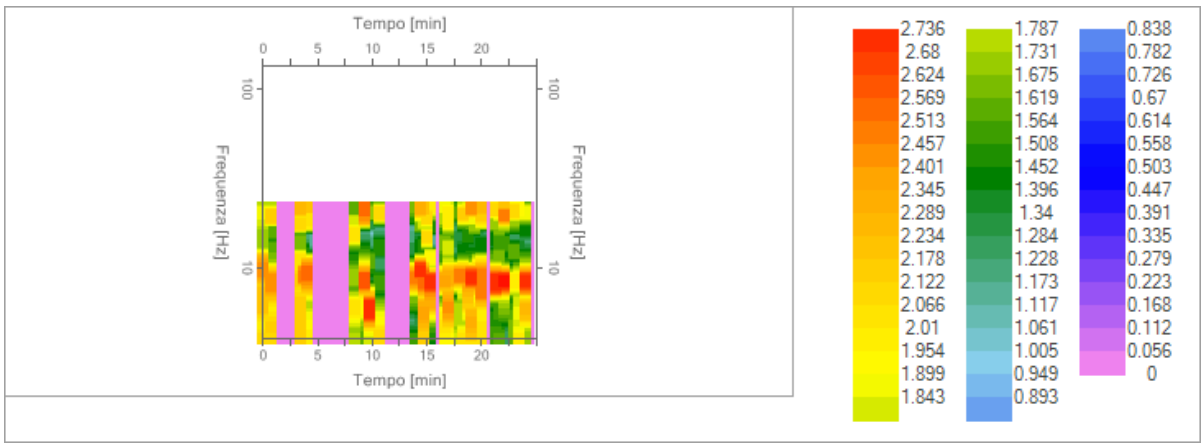


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

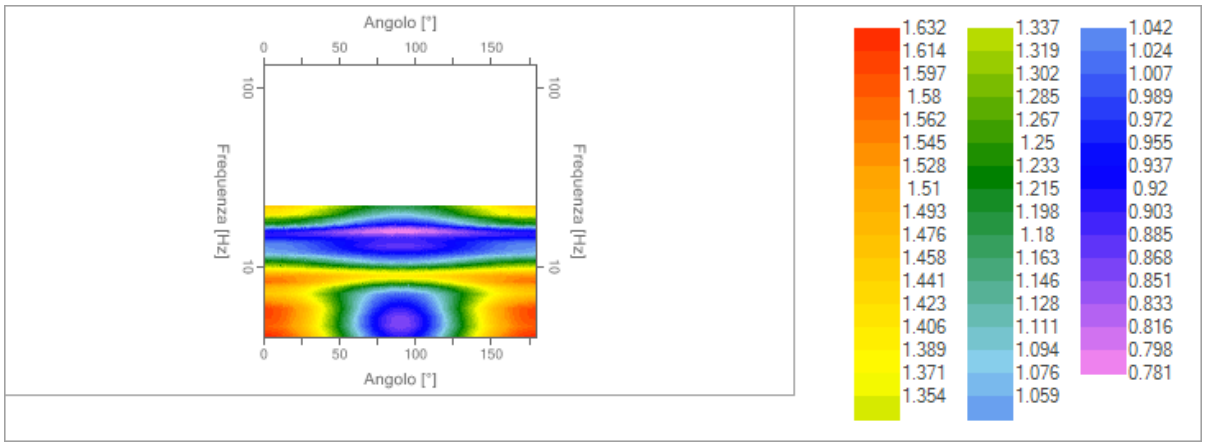
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

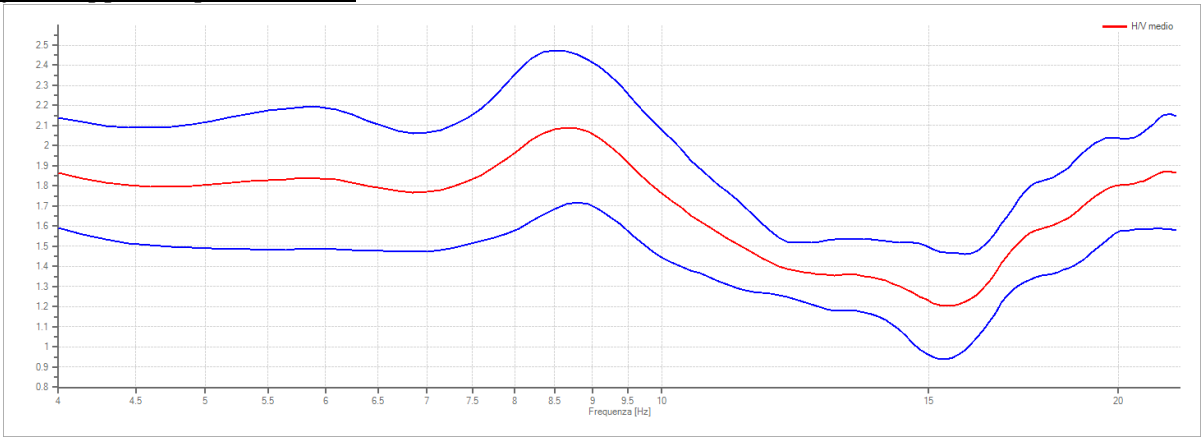
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	22.00 Hz
Frequenza minima:	4.00 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare costante
Percentuale di lisciamento:	8.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 8.65 Hz ±0.18 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

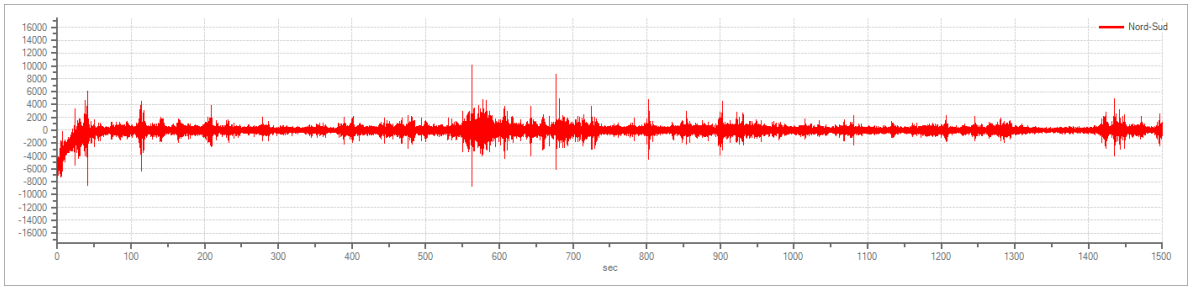
Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5H$	
$\exists\, f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non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

Tracce in input

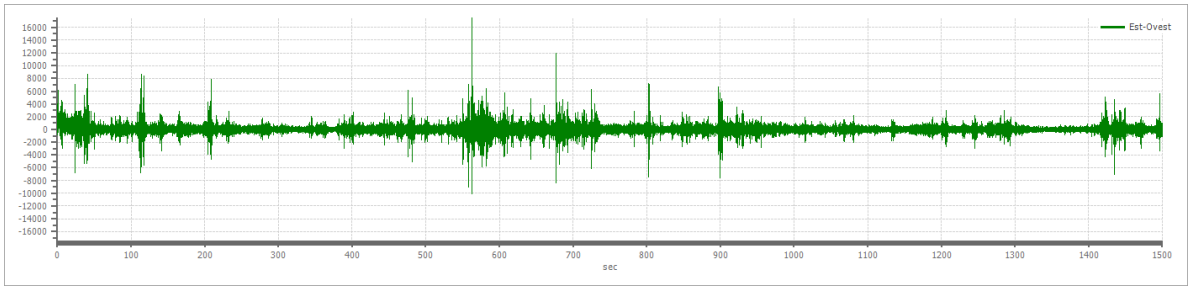
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1500 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	450000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

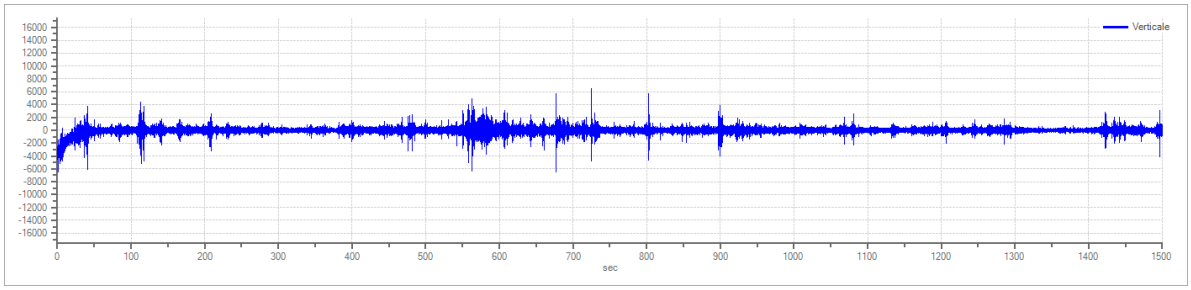
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 71
Numero finestre incluse nel calcolo: 54
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Media mobile
Percentuale di lisciamento: 2.00 %

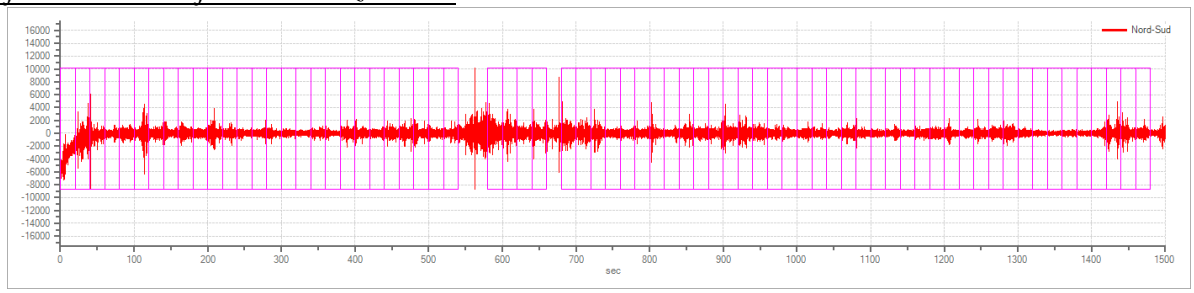
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Esclusa
3	40	60	Esclusa

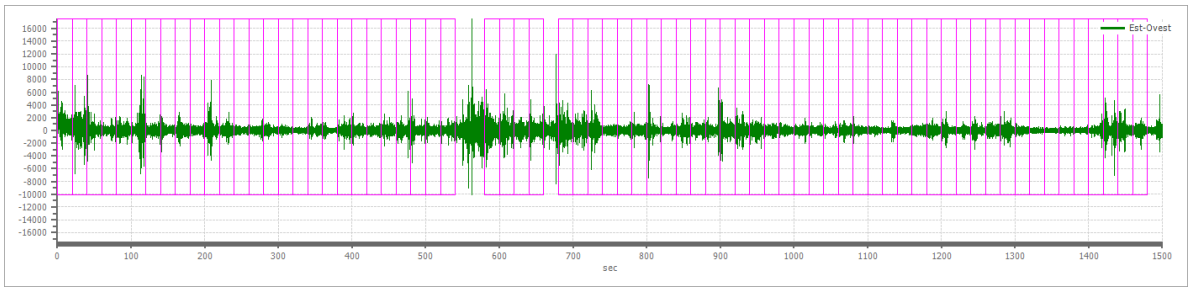
4	60	80	Esclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Esclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Esclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Esclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Esclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Esclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	680	700	Inclusa
33	700	720	Inclusa
34	720	740	Inclusa
35	740	760	Inclusa
36	760	780	Inclusa
37	780	800	Inclusa
38	800	820	Inclusa
39	820	840	Inclusa
40	840	860	Inclusa
41	860	880	Inclusa
42	880	900	Esclusa
43	900	920	Inclusa
44	920	940	Inclusa
45	940	960	Esclusa
46	960	980	Inclusa
47	980	1000	Inclusa
48	1000	1020	Inclusa
49	1020	1040	Inclusa
50	1040	1060	Inclusa
51	1060	1080	Inclusa
52	1080	1100	Esclusa
53	1100	1120	Esclusa
54	1120	1140	Inclusa

55	1140	1160	Inclusa
56	1160	1180	Inclusa
57	1180	1200	Inclusa
58	1200	1220	Inclusa
59	1220	1240	Inclusa
60	1240	1260	Esclusa
61	1260	1280	Esclusa
62	1280	1300	Esclusa
63	1300	1320	Inclusa
64	1320	1340	Inclusa
65	1340	1360	Inclusa
66	1360	1380	Inclusa
67	1380	1400	Inclusa
68	1400	1420	Inclusa
69	1420	1440	Inclusa
70	1440	1460	Esclusa
71	1460	1480	Esclusa

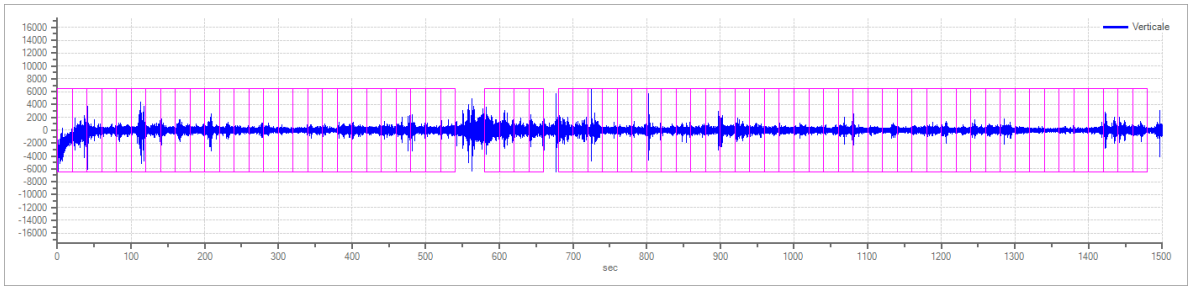
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

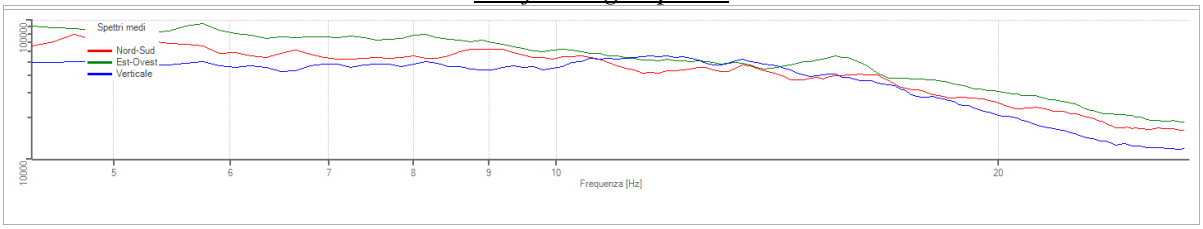


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

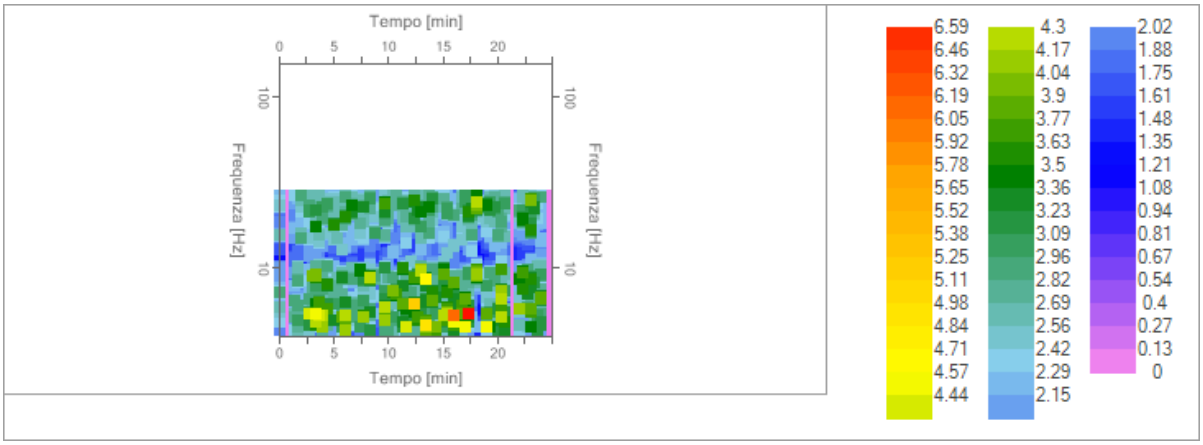


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

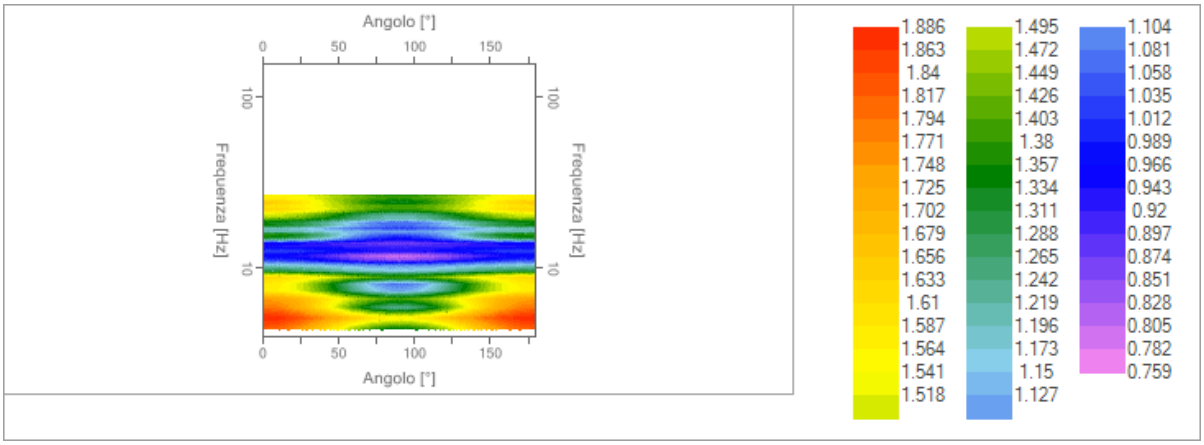
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

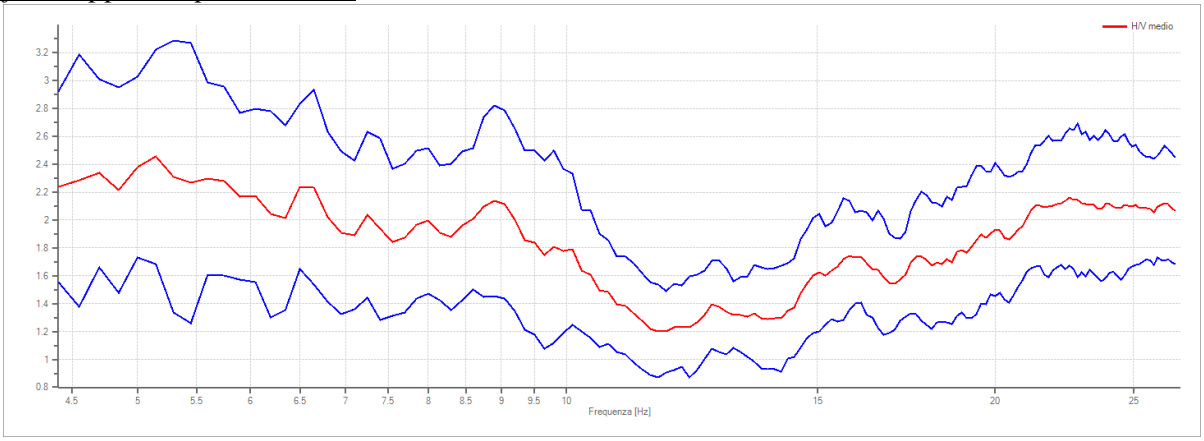
Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	27.00 Hz
Frequenza minima:	4.40 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Media mobile
Percentuale di lisciamento:	2.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:
Frequenza del picco del rapporto H/V: 5.15 Hz ±0.31 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
$\sigma_A(f) < 2 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 > 0.5Hz$	Ok
$\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5Hz$	
$\exists\, f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists\, f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	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