

Regione Piemonte

Provincia di Cuneo



COMUNE DI CAVALLERMAGGIORE

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO “ P 2.3” AREA P2.3 – CORSO PIEMONTE

RELAZIONE GEOLOGICA

Proponenti: GEOMETAL SRL P.IVA 03457760043
UPD P.IVA 03595740048

Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Luca Bertino

Data, settembre 2018

STUDIO GEOLOGICO
VIA RISORGIMENTO 6 - 12084 MONDOVI
TEL. 0174.41589 - E-MAIL: luca.bertino@libero.it
P. I.V.A. 02743670040



cod: 18_L1565

INDICE

PREMESSA.....	3
1. INQUADRAMENTO GENERALE	4
2. VINCOLI IDROGEOLOGICI, AMBIENTALI E DI P.R.G.C.	5
2.1. <i>Compatibilità con il P.R.G.C.</i>	<i>5</i>
2.2. <i>Compatibilità con il PAI</i>	<i>6</i>
2.3. <i>Compatibilità con la deliberazione n. 5 del 17/12/2015– Carte della pericolosità da alluvione.....</i>	<i>6</i>
2.4. <i>Studio idraulico bidimensionale in moto vario sui torrenti Maira e Mellea.....</i>	<i>10</i>
3. LINEAMENTI GEOLOGICI	12
4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI	13
5. INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA E ATTIVA.....	14
5.1. <i>Strumentazione utilizzata e procedura di analisi dati</i>	<i>14</i>
5.2. <i>Valutazione delle misure. Il progetto Sesame.....</i>	<i>14</i>
6. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	15
7. CENNI TEORICI SULLA CURVA DI DISPERSIONE DA INDAGINE SASW	15
8. ANALISI DELLE MISURE DEL MICROTREMORE SISMICO PASSIVO ED ATTIVO .	17
9. CLASSIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SECONDO QUANTO PREVISTO NELLA TABELLA 3.2.II DELLE NTC	18
9.1. <i>Profilo di velocità e valutazione del Vs30</i>	<i>18</i>
9.2. <i>Calcolo fattore di amplificazione topografica (St)</i>	<i>18</i>
10. SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE.....	19
11. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE.....	20
12. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI	23

ALLEGATO

PREMESSA

Lo scrivente si è occupato della realizzazione dell'indagine geologico-tecnica in merito alla PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO "P 2.3" AREA P2.3 – CORSO PIEMONTE", comune di Cavallermaggiore.

Lo studio è finalizzato alla caratterizzazione dell'area su cui è prevista la realizzazione dell'opera sotto l'aspetto geologico generale, geomorfologico e geologico - tecnico.

In tal senso valide considerazioni sono emerse dall'analisi della situazione geologica e geomorfologica dell'area, valutata in un intorno significativo che hanno permesso di accertare la reale potenza delle coltri sciolte superficiali potenzialmente mobilizzabili, il grado di consistenza delle stesse e le condizioni idrogeologiche locali.

La presente viene redatta in conformità a quanto richiesto dalle disposizioni dettate dalle norme di attuazione del P.R.G.C. del Cavallermaggiore ed in ottemperanza alle norme legislative vigenti in materia, in particolare:

- D.M. del 21.01.1981 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...." aggiornato dal successivo D.M. dell'11.03.1988 n°47;*
- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- **D.M. 17 gennaio 2018** "Aggiornamento delle Norme tecniche sulle costruzioni" (NTC - 2018);*

1. INQUADRAMENTO GENERALE

Il settore interessato dal presente intervento è situato nell'abitato di Cavallermaggiore ad una quota di circa 286 m s.l.m.

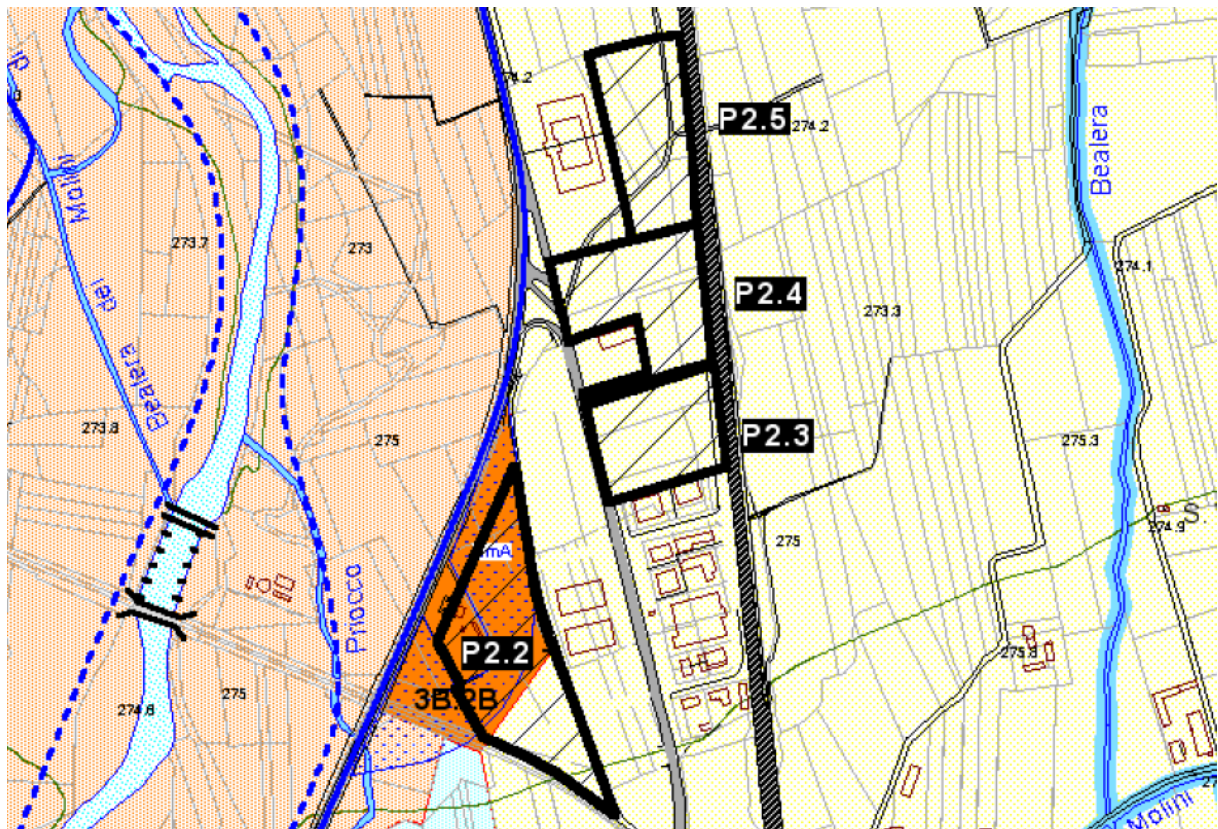
Le indicazioni di carattere topografico relative al sito in esame risultano contenute nella C.T.R. della Regione Piemonte, alla scala 1:10.000, sezione 102050 – CAVALLERMAGGIORE (c.f.r. tavola seguente).

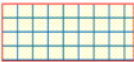


2. VINCOLI IDROGEOLOGICI, AMBIENTALI E DI P.R.G.C.

2.1. Compatibilità con il P.R.G.C.

Secondo la “*CARTA SINTESI - IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA*”, Elaborato SG 6, allegata al P.R.G. (L.R. del 5/12/1977 n°56), l'area interessata dagli interventi edilizi è inserita nella **Classe 2.1**, definita nel seguente modo:



2		2.1	<i>Pericolosità geomorfologica moderata</i> Aree idonee all'utilizzo urbanistico con adozione di limitati accorgimenti tecnici	La classe 2.1 interessa la piana principale ove le limitazioni sono date dalla presenza di acquifero superficiale e da possibilità di primo sottosuolo con caratteristiche geotecniche scadenti.	In queste aree è necessario che il progetto di intervento sia basato su di un'indagine geologica attuata secondo le indicazioni del D.M. 14.1.2008 "Norme tecniche per le costruzioni" comprendente: - rilievo geomorfologico esteso ad un intorno significativo; - caratterizzazione geotecnica dei terreni; - valutazione del regime della falda freatica e delle possibili interferenze con le strutture in progetto; - definizione del reticolato locale di drenaggio con verifica di eventuali insufficienze e valutazione delle modificazioni indotte dall'intervento in progetto; - per gli interventi di cui alla classe 2.4 verifica di stabilità dei versanti in relazione ad eventuali modificazioni morfologiche previste. L'indagine dovrà indicare gli eventuali accorgimenti necessari per superare le limitazioni e le problematiche esistenti in ordine agli aspetti idraulici, geotecnici e di stabilità dei pendii. (Per il dettaglio delle prescrizioni delle diverse classi si vedano le Norme di Attuazione)
		2.2		Nella classe 2.2 a tali condizioni si somma la possibilità di difficoltà locali di sgorgo; in tale classe sono altresì comprese le aree che ricadono nella Fascia Fluviale C del PAI.	
		2.3		Nella classe 2.3 ricadono aree già interessate da cave a fossa con parziali ritombamenti (ove pertanto si hanno condizioni geotecniche variabile, in genere scadenti) e con formazione di specchi idrici.	
		2.4		La classe 2.4 comprende le scarpate perimetrali ed i settori articolati dell'altopiano di Madonna del Pilone.	

2.2. Compatibilità con il PAI

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 18, in data 26.04.2001, e successivamente approvato in forma definitiva con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 24.05.2001.

Obiettivo prioritario del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il Comune di Cavallermaggiore è mappato nelle "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali", di cui si riporta di seguito uno stralcio.

2.3. Compatibilità con la deliberazione n. 5 del 17/12/2015– Carte della pericolosità da alluvione

La deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n. 5 del 17/12/2015, adozione del progetto di variante delle norme di attuazione del PAI –Titolo V – al fine della sua integrazione con il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)- previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno

La Direttiva Alluvioni prevede che la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni sia effettuata da parte degli Stati Membri per ciascun distretto idrografico o unità di gestione attraverso un percorso così articolato:

- valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

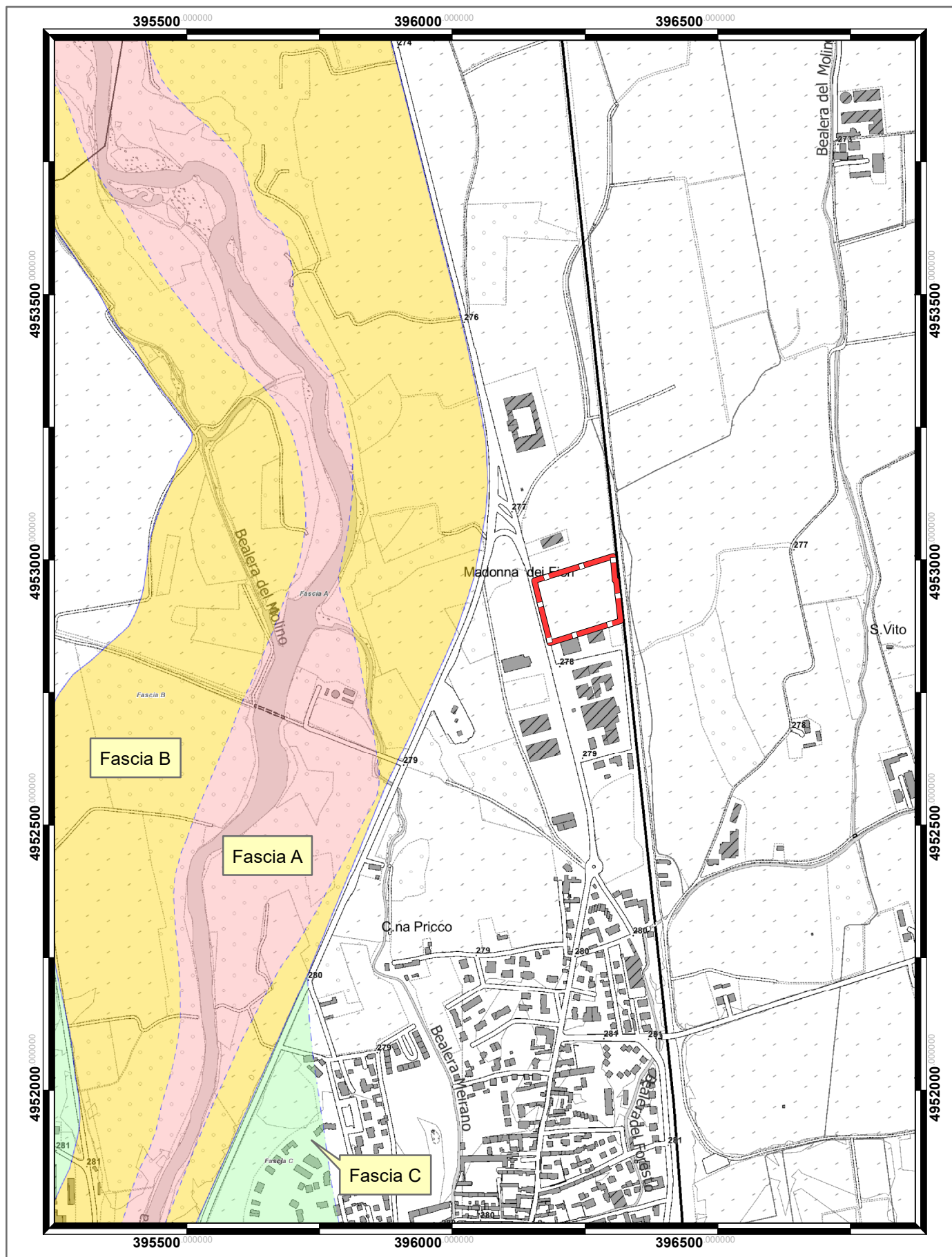
La Direttiva Alluvioni prevede all'art. 7 che, sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio, gli Stati membri stabiliscano Piani di Gestione del rischio di Alluvioni (PGRA) e definiscano obiettivi appropriati per la gestione dei rischi di alluvioni, ponendo l'accento sulla riduzione delle potenziali conseguenze negative che un simile evento potrebbe avere per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale

e l'attività economica e, se ritenuto opportuno, su iniziative non strutturali e/o sulla riduzione della probabilità di inondazione, attraverso la definizione di specifiche misure.

Le mappe della pericolosità di alluvioni contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre scenari:

Direttiva Alluvioni		Pericolosità
Scenario	Tempo di ritorno	
Aree allagabili – scenario frequente Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20 - 50 anni (frequente)	P3 elevata
Aree allagabili – scenario poco frequente Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100 - 200 anni (poco frequente)	P2 media
Aree allagabili – scenari rari Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi e stremi (L = low)	500 anni o massimo storico registrato	P1 bassa

Il settore in oggetto risulta esterno alle perimetrazioni di pericolosità

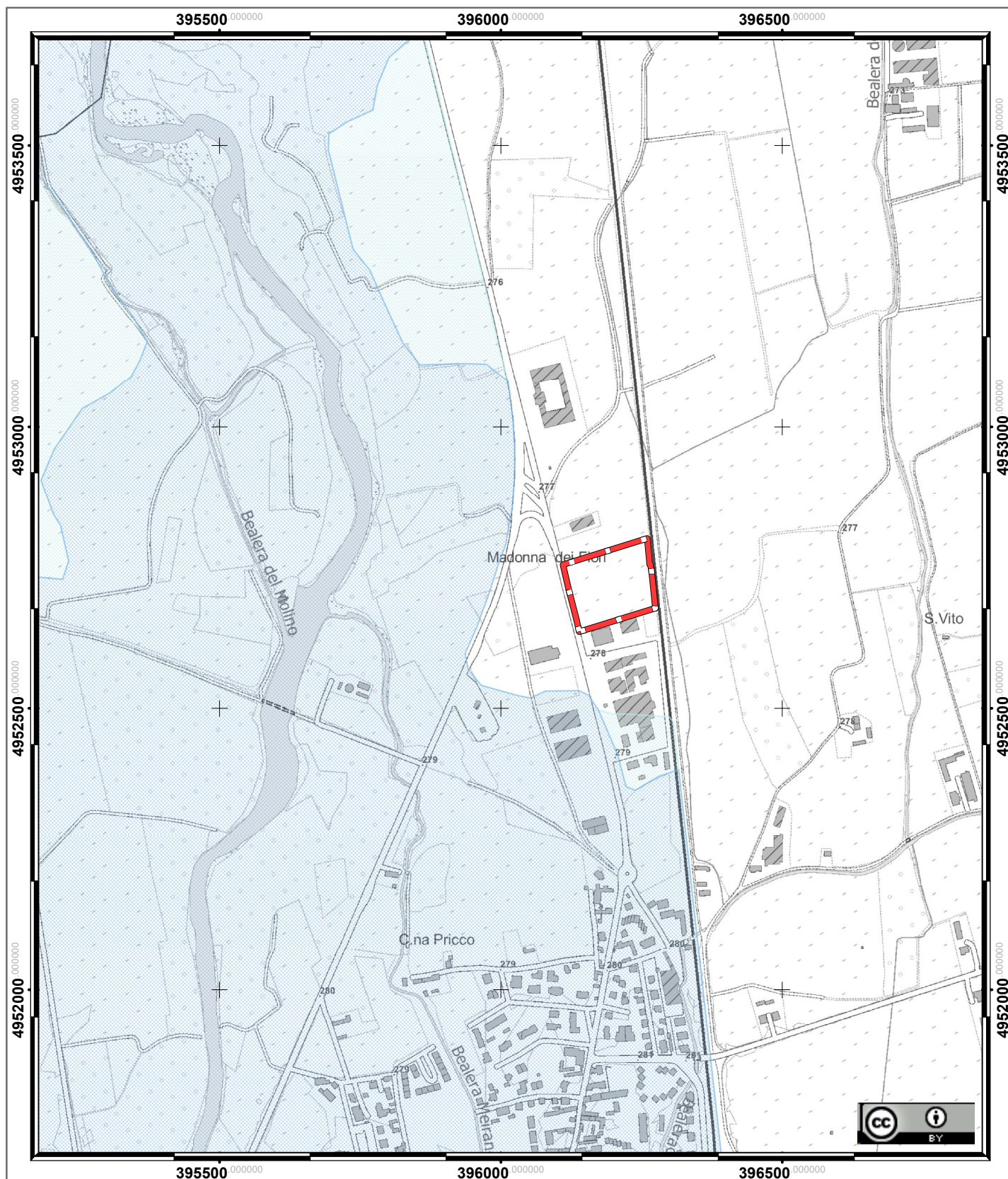


Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)

 area d'intervento

scala 1:10000





“Direttiva Alluvioni 2007/60 – Pericolosità da alluvione - aggiornamento 2015”
 Regione Piemonte (ai sensi della L. 633/41 e s.m.i.).



alluvioni poco frequenti (M) = TR 100 – 200 anni

alluvioni rare (L) = TR 500 anni

scala 1:10000



2.4. Studio idraulico bidimensionale in moto vario sui torrenti Maira e Mellea

Lo studio idraulico bidimensionale in moto vario sui torrenti Maira e Mellea è stato redatto per incarico di AIPo e rappresenta il miglior documento di riferimento sulle dinamiche dei torrenti Maira e Mellea di cui si dispone e pertanto è necessario considerarlo come base per la pianificazione, con particolare riferimento all':

- aggiornamento delle Fasce Fluviali del PAI
- aggiornamento del quadro della pericolosità rappresentato nel PGRA
- verifica ed aggiornamento del PRGC

Analisi della componente idraulica

Nel settore oggetto di indagine si è fatto particolare riferimento ai livelli di massima piena relativi alla Q_{200} nel campo della velocità, al fine di prescrivere gli accorgimenti necessari alla salvaguardia dei beni pubblici e privati.

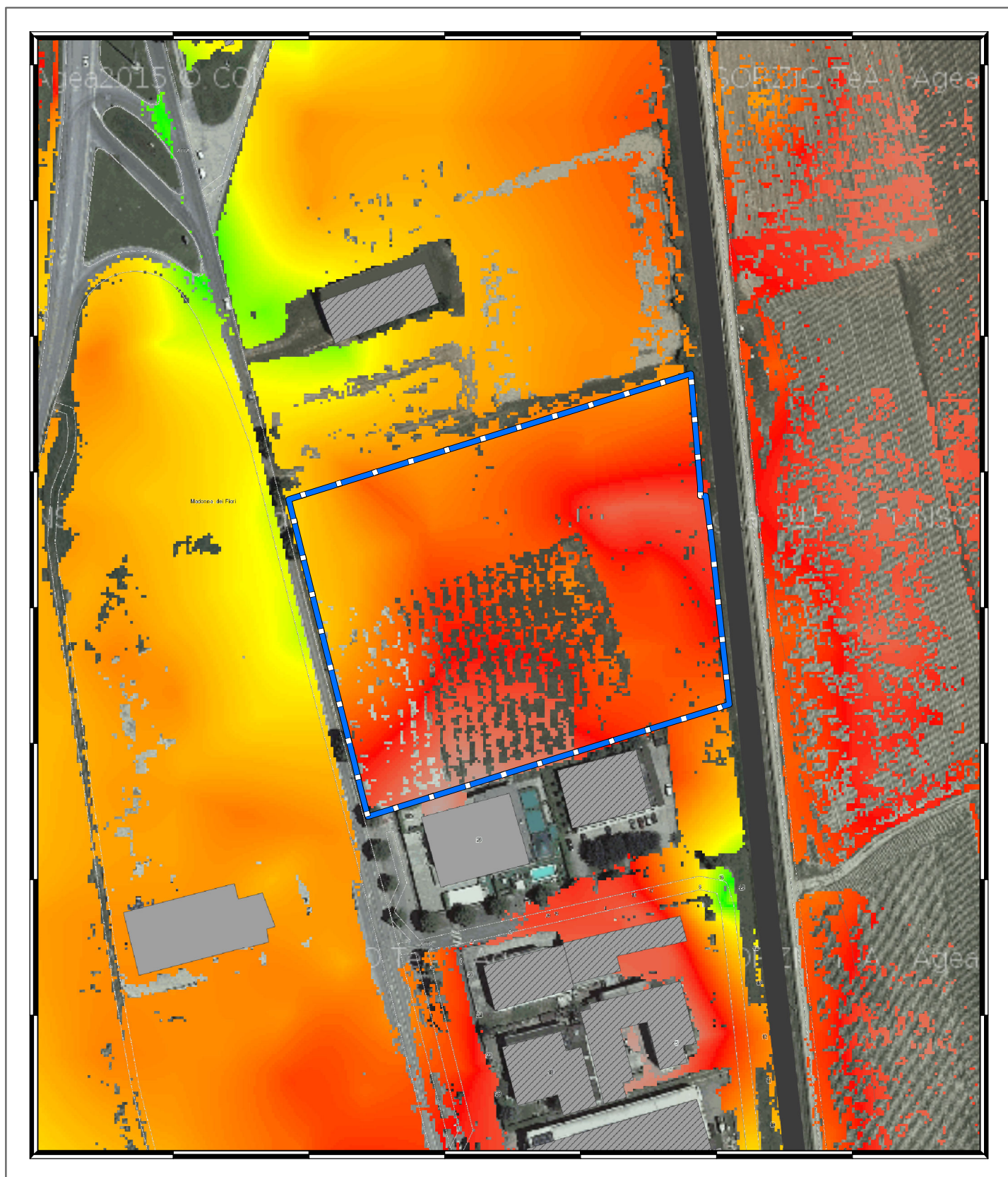
Nella tavola seguente sono indicati i livelli di massima piena con riferimento al lotto edilizio in oggetto di intervento.

Dall'analisi dei dati svolta in ambiente GIS ne deriva che il livello della Q_{200} raggiunge al massimo la potenza di 50 cm rispetto a piano campagna esclusivamente nell'angolo NW, mediamente si attesta tra 10-20 cm.

Le porzioni poste a quota $>$ di 227,10 m s.l.m. non risultano allagabili.

Piano di progetto

Il piano di progetto dei locali al piano terreno dovrà essere previsto cautelativamente ad una quota $>$ 227,2 m.



scala 1:2000

Legenda

-  area d'intervento
-  High : 9.28415
-  Low : 8.94151e-005

Livello di esondazione della Q200 vel

-  quota massima della piena <50 cm da p.c.
-  quota massima della piena <20 cm da p.c.



Quota del piano campagna non allagabile compresa tra 227,1 - 227,2 m slm

3. LINEAMENTI GEOLOGICI

In merito ai caratteri geologici dei terreni costituenti la zona indagata le informazioni relative sono contenute nel foglio n° 68 CARMAGNOLA della "Carta geologica d'Italia" alla scala 1:100.000.

I litotipi che caratterizzano la zona in oggetto vanno inseriti nel contesto delle coperture quaternarie superficiali della Pianura del Po e della sottostante serie miopliocenica che costituisce il basamento sul quale si sono depositi i sedimenti che costituiscono il piano principale della pianura.

Dall'alto verso il basso stratigrafico è possibile schematizzare una serie che inizia con terreni alluvionali riferibili al Quaternario, era nel corso della quale i corsi d'acqua, avendo portate decisamente superiori a quelle attuali, scendevano dai versanti alpini alluvionando e depositando forti spessori di sedimenti più o meno grossolani. Tali materiali, dalla granulometria tipicamente sabbioso-ghiaioso-ciottolosa, sono dotati di buona compattezza e piuttosto permeabili, tanto da ospitare, di norma, l'acquifero libero che alimenta i pozzi dell'area.

Le litologie sottostanti sono in contatto erosionale con i precedenti: avendo l'attività fluviale quaternaria asportato completamente nell'area i terreni pliocenici stratigraficamente più alti, le alluvioni poggiano direttamente sul complesso dei sedimenti in Facies Villafranchiana, costituiti da ghiaie e sabbie a stratificazione lenticolare con alternanze argillose, localmente intercalate da lenti di ghiaie cementate e lenti sabbioso-ghiaiose debolmente cementate.

SERIE QUATERNARIA

La piana di Cavallermaggiore è quindi costituita da materiali alluvionali di età olocenica (da recente ed attuale) depositi oltre che dai torrenti Mellea e Maira. Si tratta di ghiaie e sabbie con subordinati livelli limosi in cui gli elementi ciottolosi hanno diametri prevalenti intorno a 5-10 cm. Questi materiali sono bene osservabili sulle scarpate di erosione lungo i fianchi del Maira o del Mellea, in corrispondenza dei tratti più incisi. Localmente, in particolare in corrispondenza di lanche o di rami d'alveo abbandonati, il primo sottosuolo è caratterizzato da materiali a granulometria fine con limi e sabbie

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico il settore interessato dal presente intervento, ubicato ad una quota di circa 227 m s.l.m., è individuabile nell'ampio piano terrazzato a nord del centro di Cavallermaggiore.

I caratteri morfologici generali del territorio sono quelli peculiari delle aree di piana a margine delle zone pedemontane, contraddistinti da ampie aree pianeggianti separate da incisioni prodotte dai corsi d'acqua che scorrono con andamento circa parallelo in direzione NE-SW. L'approfondimento di tali corsi d'acqua avvenuto nella seconda metà del Quaternario, successivamente al Pleistocene, ha lasciato come eredità una serie di pronunciate digitazioni di terreno alluvionale delimitate da ripide scarpate morfologiche che in questa zona tendono ad approfondirsi da SW verso NE.

L'ampia superficie pianeggiante sulla quale è posto anche il concentrico comunale, viene definita "pianura fondamentale" poiché costituisce l'ossatura della pianura che si estende tra le province di Cuneo e di Torino, modellata dai corsi d'acqua che la attraversano. Morfologicamente si tratta di una superficie monotona, con debole inclinazione che si attenua gradualmente verso settentrione.

La caratterizzazione idrogeologica del settore indagato evidenzia la superficialità dell'acquifero libero, che normalmente si trova ad una profondità di pochi metri. Le escursioni della falda freatica sono oramai più spesso legate all'irrigazione che ai fattori naturali (precipitazioni), cosicché si possono raggiungere i maggiori livelli nel periodo estivo, quando intensa è la pratica irrigua. Segno evidente della superficialità della falda è la presenza e la diffusione dei fontanili, metodo di sfruttamento diretto e per gravità delle acque sotterranee che può essere utilizzato quando esse si rinvergono a pochi metri di profondità. A Cavallermaggiore i fontanili, ora sostanzialmente in disuso in quanto la disponibilità idrica è venuta a mancare od a scemare a seguito del diffuso emungimento tramite pozzi, hanno assunto in passato una grande rilevanza, imprimendo il loro segno morfologico all'interno delle ampie pianure occidentale ed orientale.

5. INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA E ATTIVA

5.1. Strumentazione utilizzata e procedura di analisi dati

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di circa 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
- ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Come già accennato, nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$H = \left[\frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} + 1 \quad [1]$$

Nei casi multistrato più complessi le curve H/V si invertono invece creando una serie di modelli sintetici, da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali

5.2. Valutazione delle misure. Il progetto Sesame

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed in array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. Per ogni sito di misura riportiamo in una apposita tabella i risultati di detti criteri. Si vedrà che tutte le misure HVSR effettuate sono buone, secondo i criteri SESAME, mentre non tutti i picchi trovati sono significativamente importanti ai fini della microzonazione sismica. Che questo accada è normale, in funzione della geologia del sito.

6. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata mediante TROMINO®, dotato di:

- 3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s $\sim$)
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s $\sim$)
- 3 canali accelerometrici per monitoraggio di vibrazioni
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW/rifrazione)
- ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

TROMINO® opera nell'intervallo di frequenze 0.1 - 1024 Hz su tutti canali (fino a 32 kHz su 2 canali) con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz.

7. CENNI TEORICI SULLA CURVA DI DISPERSIONE DA INDAGINE SASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

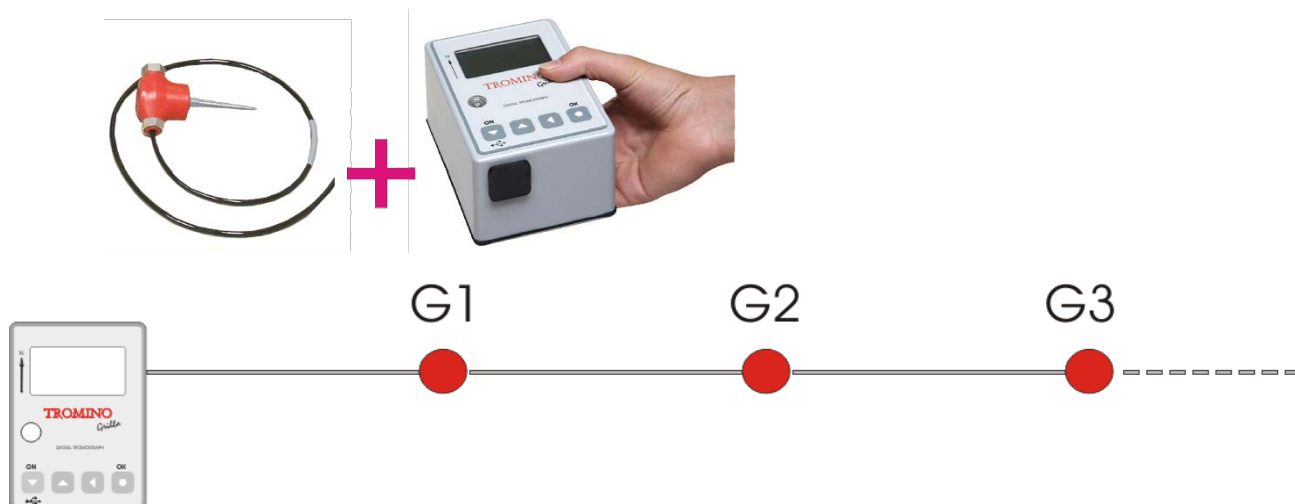


Figura 2: Esempio di dispiegamento del sistema TROMINO® - cavo trigger con geofono. I punti di energizzazione coincidono con G1, G2, G3...

L'indagine di tipo SASW / MASW viene effettuata dal software *Grilla* all'interno del modulo Dispersion curves.

8. ANALISI DELLE MISURE DEL MICROTREMORE SISMICO PASSIVO ED ATTIVO

L'indagine è stata svolta eseguendo n°2 misura di microtremore sismico ambientale a stazione singola ed uno stendimento attivo tipo SASW. Il report dettagliato delle misure è riportato in allegato.

Dal punto di vista applicativo i picchi a più alta frequenza sono causati da alternanze nei terreni rimaneggiati di copertura.



Il *fit* vincolato della curva H/V per produrre profili di Vs e stima del Vs30 è basato su onde di superficie (Rayleigh e Love) a partire da modelli di sottosuolo inseriti dall'utente in prima ipotesi e successivamente congiunto alla *CURVA DI DISPERSIONE* degli spettri di velocità di fase delle onde di superficie proveniente da indagini in array attive di tipo SASW

9. CLASSIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SECONDO QUANTO PREVISTO NELLA TABELLA 3.2.II DELLE NTC

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 aggiorna la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, in particolare l'articolo 2 comma 1 di detta ordinanza cita che "...le regioni...provvedono sulla base dei criteri generali di cui all'allegato 1, all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche.

La Regione Piemonte, con D.G.R. 19/01/2010, n. 11-13058 *Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*, pone il comune di Cavallermaggiore nella Zona sismica 3.

Il D.M. 17.1.2018, in accordo con la ridetta Ordinanza n. 3274 2003 propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A - B - C - D - E) tipologie di, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}).

9.1. Profilo di velocità e valutazione del V_{S30}

Per la determinazione della $V_{S,30}$ si applica alla lettera quanto prescritto dal paragrafo 3.2.2 delle NTC "ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità"

Categoria 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.*

9.2. Calcolo fattore di amplificazione topografica (S_T)

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Sulla base delle predette tabelle il sito in oggetto ricade nelle seguenti categorie:

- Categoria topografica **T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ Sul pendio **$S_T = 1,0$**

10. SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE

L'area oggetto di studio si presenta piuttosto omogenea, sia in senso spaziale sia in senso verticale.

Per quanto riguarda il volume significativo di interesse geotecnico si è rilevata in generale una unità stratigrafica potente costituita da terreni limoso argillosi.

- **Unità 1** – di natura incoerente costituita da terreni di copertura limosa, talora con livelli sabbiosi – spessore da 0 a 2-2,6 m;
- **Unità 2** - di natura incoerente costituita da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa – profondità >2-2,6 m

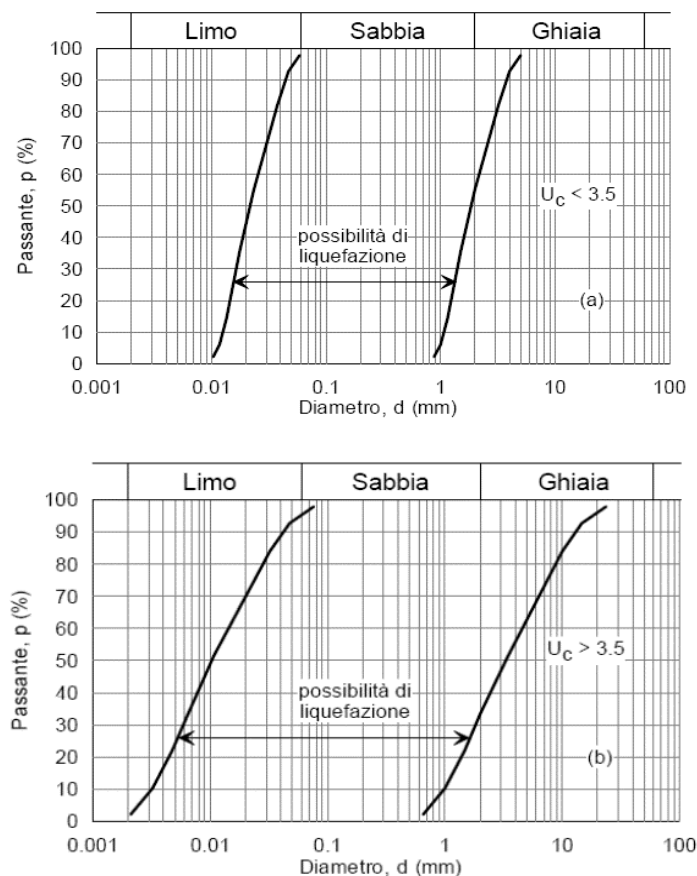
Descrizione	Prof. Strato (m)	Angolo d'attrito (°)	C' (KN/m ²)	Gamma (KN/m ³)	Classificazione AGI
[1] - limo	2-2,6	23	0	17	POCO ADDENSATO
[1] – ghiaia limoso argillosa	>2-2,6	38	0	18	ADDENSATO

11. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE

Valutazioni preliminari

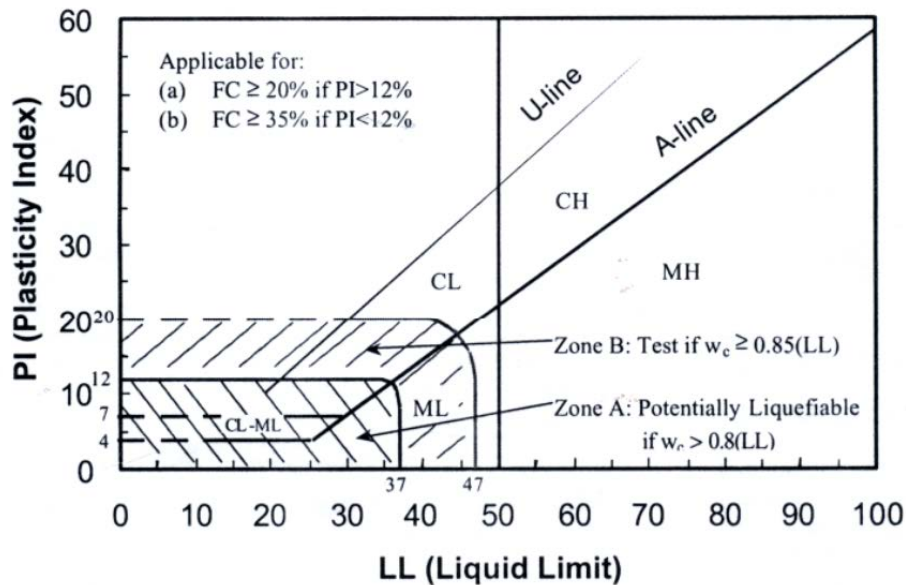
Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi e storia geologica dei terreni.



Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni (da AGI, 2005)

In generale si tratta quindi di terreni incoerenti non plastici; proprio riguardo alla plasticità, secondo Seed et al. (2003) risultano potenzialmente liquefacibili le terre fini con indice plastico $IP < 12$ e $LL < 37\%$ (Zone A grafico seguente) se il contenuto critico d'acqua è comunque $w_c > 0.8 LL$.



Caratteristiche di plasticità dei terreni potenzialmente liquefacibili (da Seed et al. 2003)

Nei terreni liquefacibili le sollecitazioni indotte dal sisma possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione di confinamento, annullare la resistenza al taglio efficace e determinare, di conseguenza, una condizione di stato fluido.

La probabilità che un terreno raggiunga tale condizione dipende pertanto da diversi fattori fra i quali: il grado di addensamento, la granulometria, la profondità della falda, la magnitudo dell'evento sismico.

Dalle osservazioni in zone colpite da liquefazione si deduce che generalmente il fenomeno interessa aree caratterizzate da terremoti con magnitudo superiore o uguale a 5.0, con falda prossima al p.c. e spessori di terreno fino a circa 15 metri di profondità.

Valutazione del potenziale di liquefazione

Le NTC richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione di un manufatto. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle

condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Prima della vera e propria verifica della suscettibilità di liquefazione, le NTC propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni. Le NTC recitano che “La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze”:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub- orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso in esame risulta soddisfatta la circostanza dei punti 3-4, pertanto la verifica può essere omessa.

12. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

In base a quanto emerso nel corso del sopralluogo, tenendo conto della tipologia delle opere in progetto, della morfologia, delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni interessati, si è giunti alle seguenti considerazioni conclusive:

- in riferimento allo studio bidimensionale sulle dinamiche dei torrenti Maira e Mellea, dall'analisi dei dati svolta in ambiente GIS, ne deriva che il livello della Q_{200} nel campo della velocità, risulta inferiore al piano pavimento di progetto dei locali al piano terreno;
- le conseguenze della realizzazione dell'intervento sullo stato di dissesto sono sostanzialmente ininfluenti.
- per la determinazione della capacità portante e per il dimensionamento delle opere di fondazione si potrà fare riferimento ai valori dei parametri geotecnici fondamentali riportati nei paragrafi precedenti; si tenga presente che tali valori sono ammissibili in relazione alla rottura dei terreni ma non tengono conto in alcun modo delle caratteristiche di deformabilità dei litotipi coinvolti;

Il presente elaborato è volto a dimostrare la compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica delle opere da eseguire precedentemente descritte, precisando che, dopo aver esaminato il caso si può affermare che tale intervento non comporta una riduzione apprezzabile o parziale della capacità di invaso, in ottemperanza alle prescrizioni dell' art. 30 comma 2 a) del PAI.

Nell'area oggetto del presente studio, la pericolosità geomorfologica è da associarsi all'eventualità che, in occasione di eventi alluvionali catastrofici, tutto o parte della superficie possa subire un allagamento con acque a media energia.

Dopo l'esame dei dati ricavati, delle cartografie ed a seguito del sopralluogo, si ritiene che l'intervento in oggetto sia compatibile dal punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico in quanto non comporta una riduzione significativa della capacità di invaso.

ALLEGATO

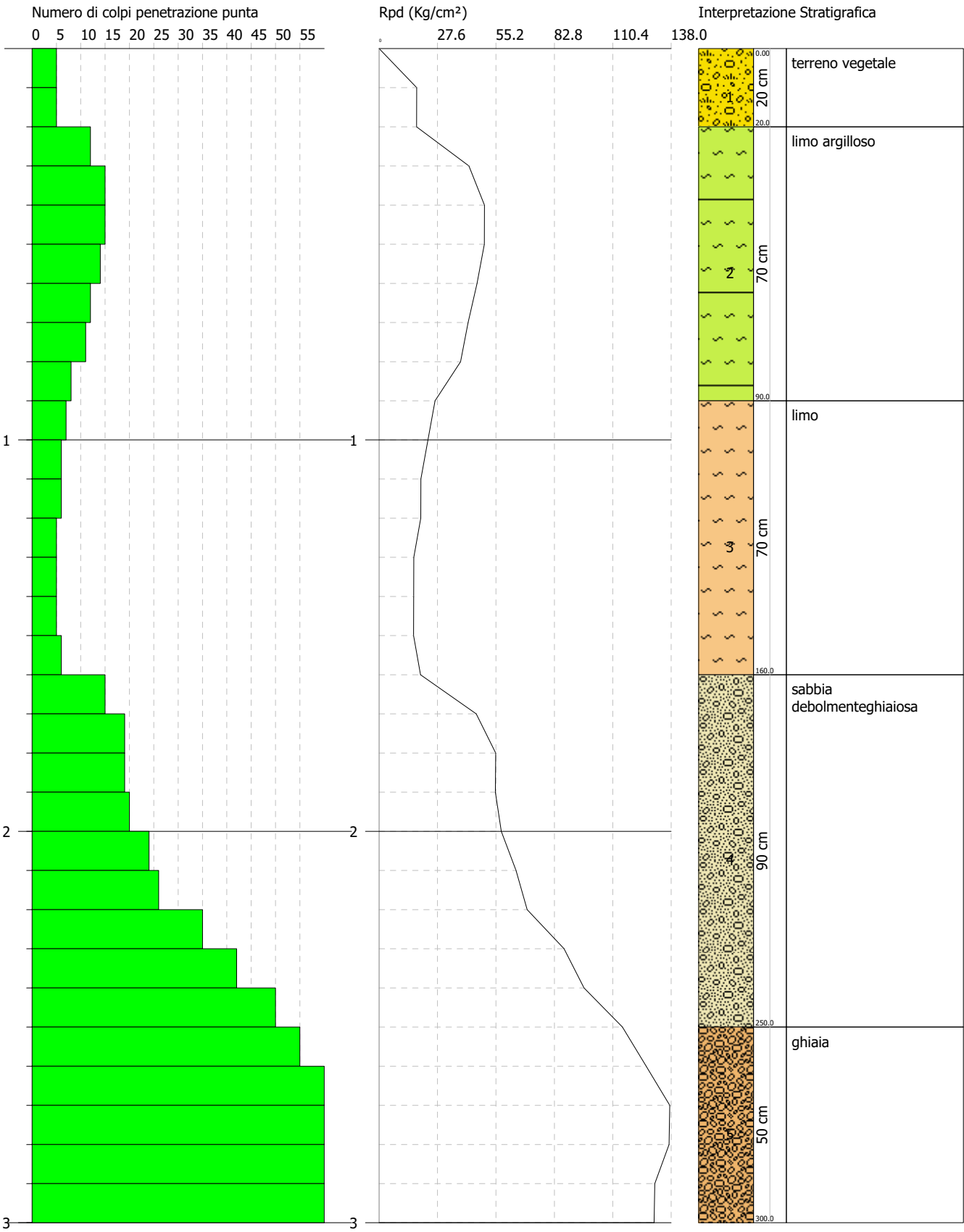
- Report delle indagini geognostiche e delle misure sismiche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14

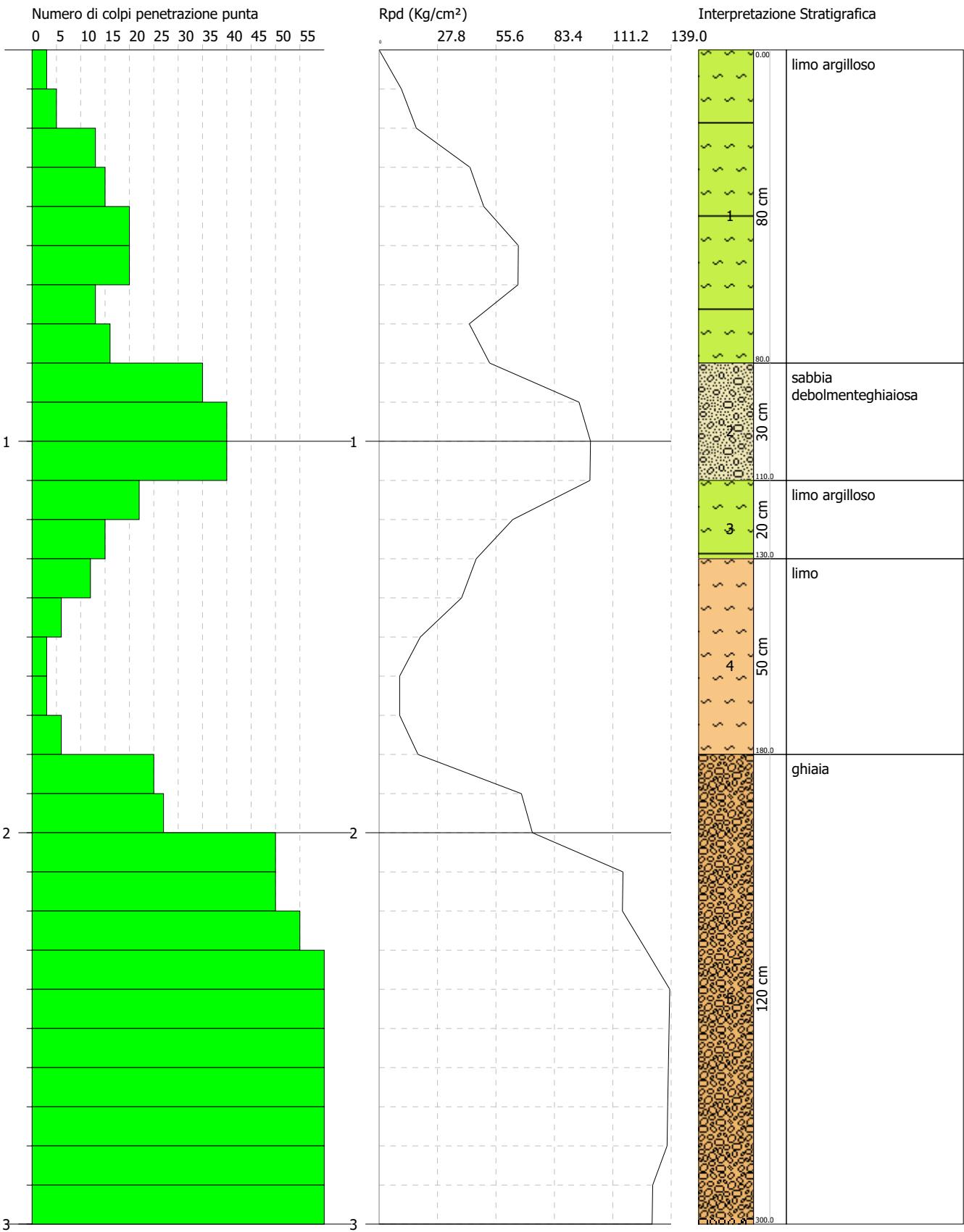


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN2
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14



SIGNATURE 1

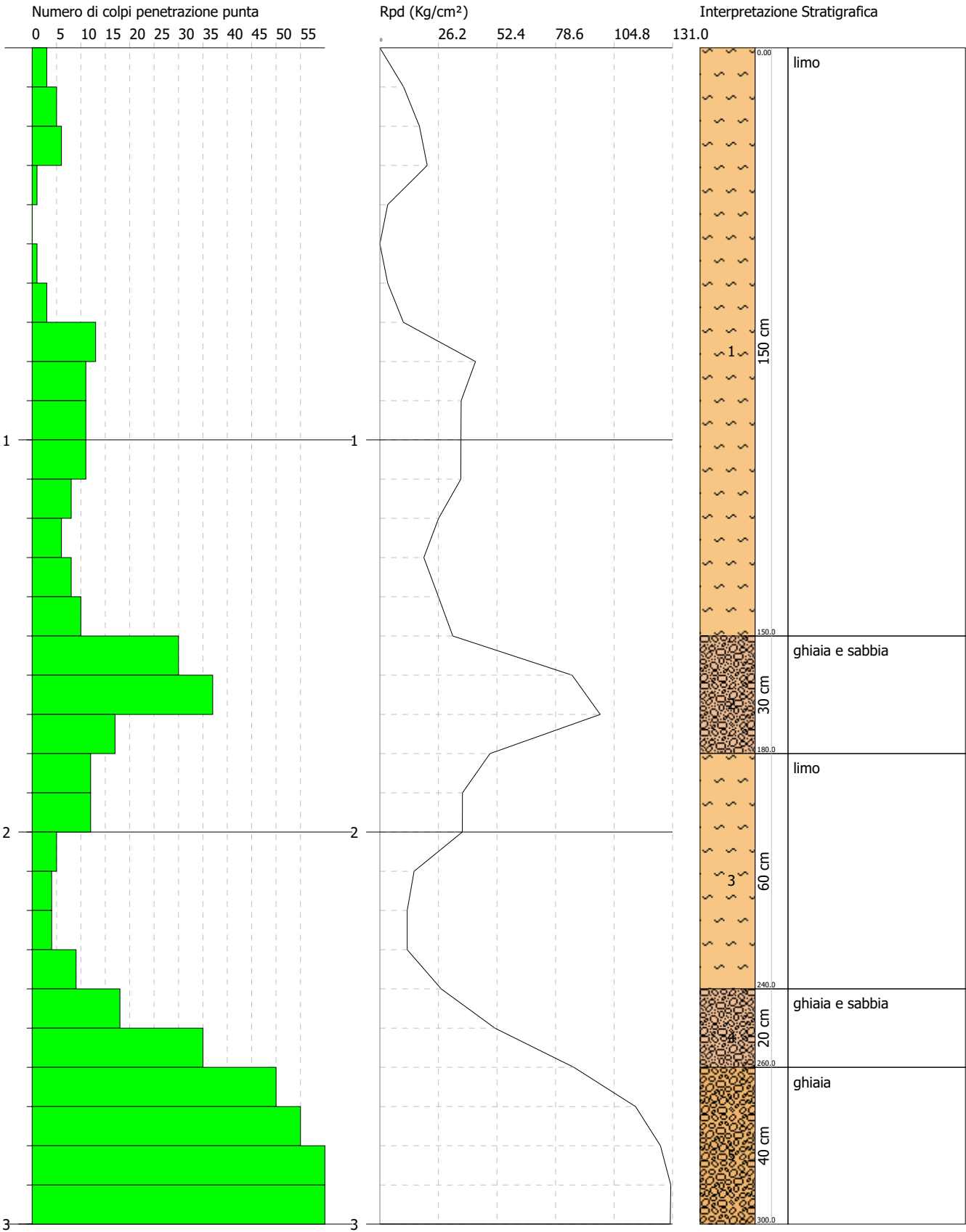
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14



SIGNATURE 1

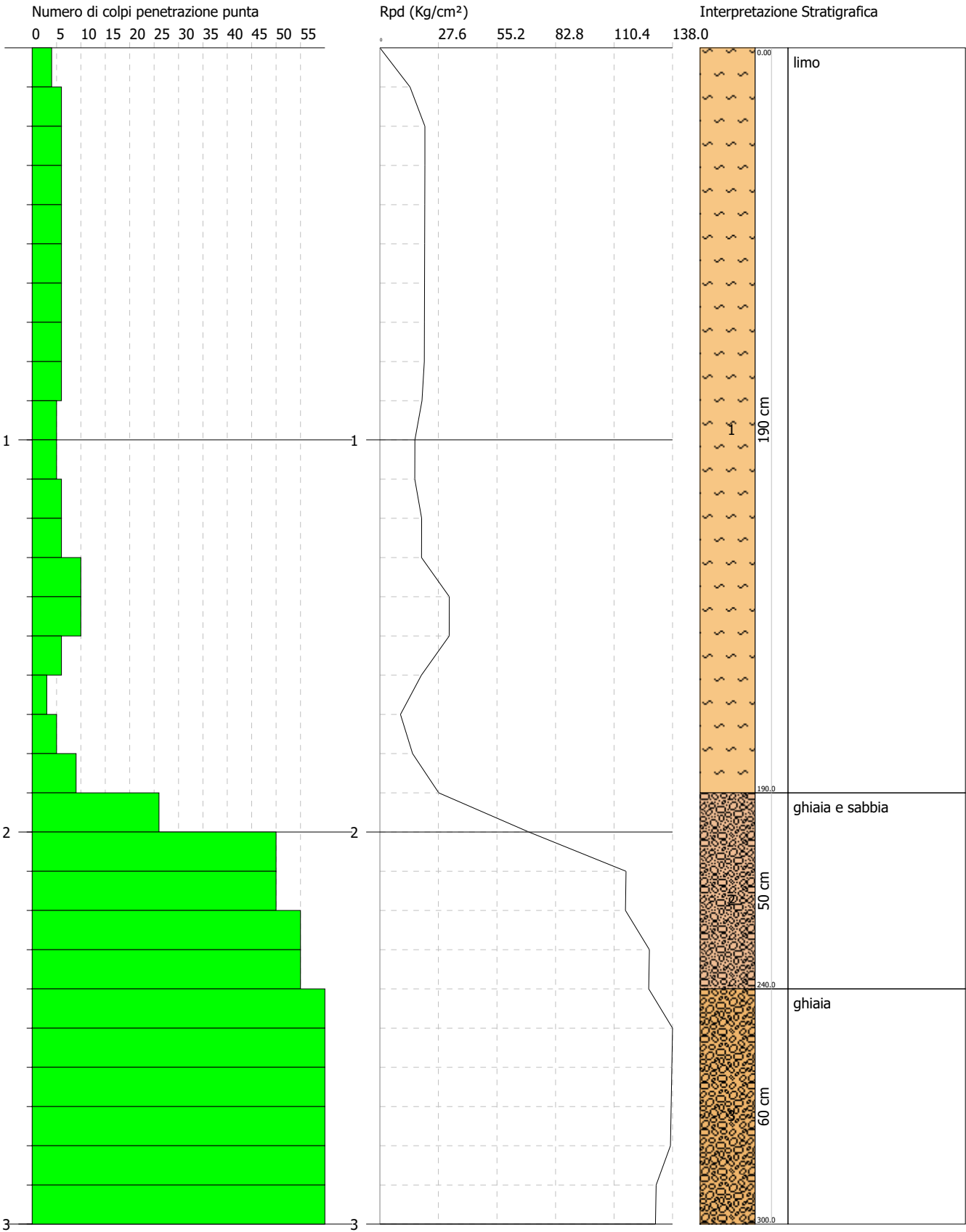
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN4
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14



CAVALLERMAGGIORE_PEC, TR 0001

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 04/09/18 09:25:18 Fine registrazione: 04/09/18 10:26:32

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-

Durata registrazione: 1h01'12". Analizzato 37% tracciato (selezione manuale)

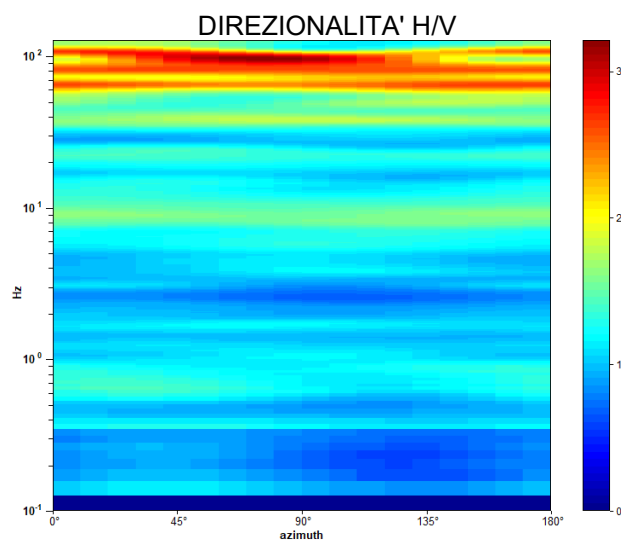
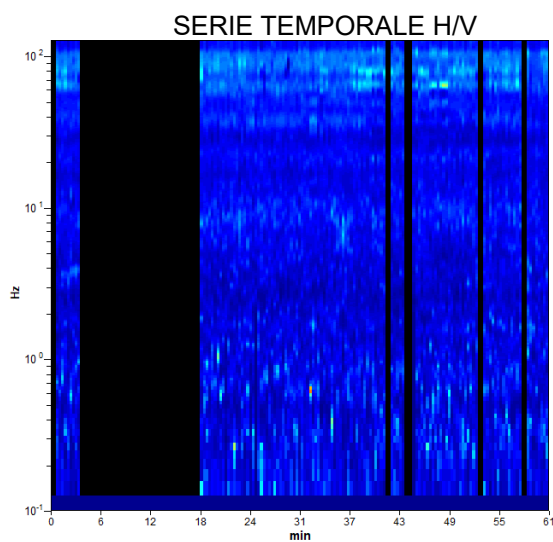
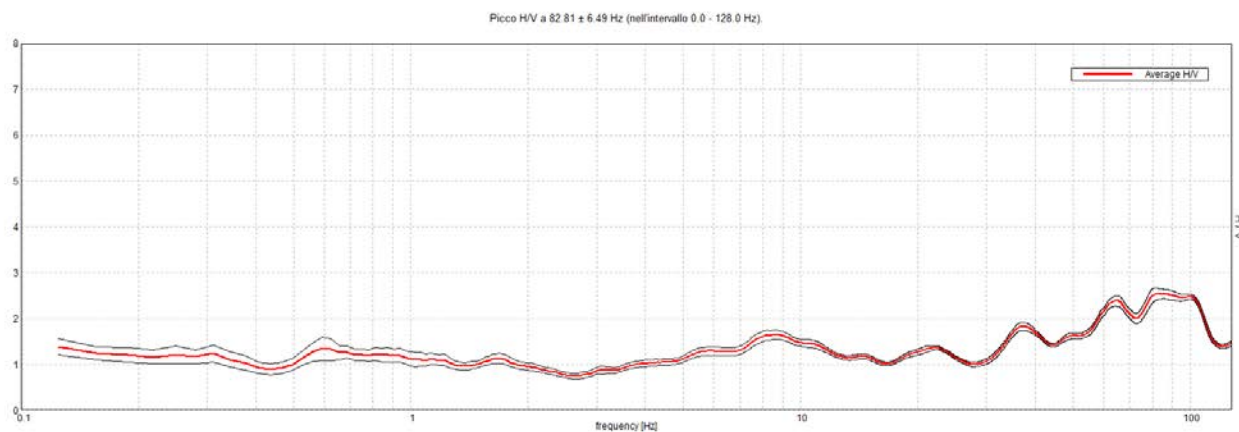
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

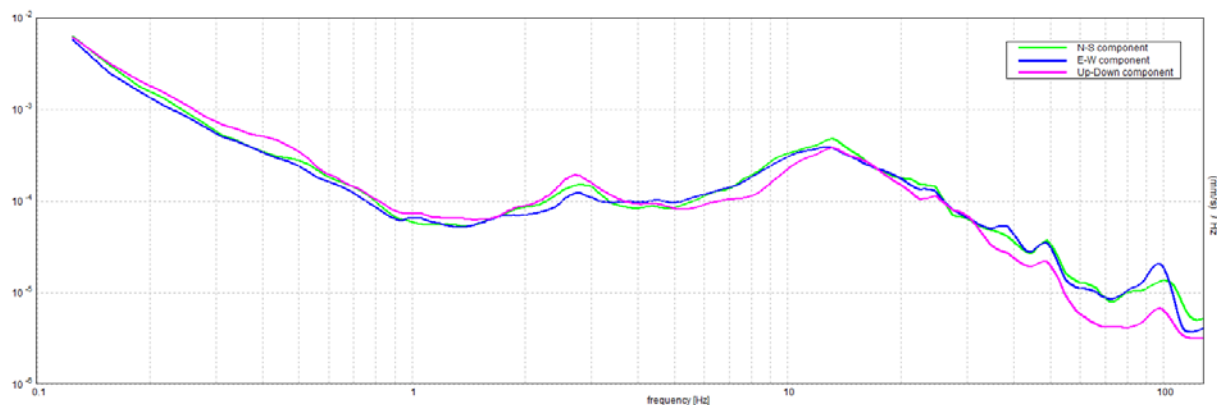
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

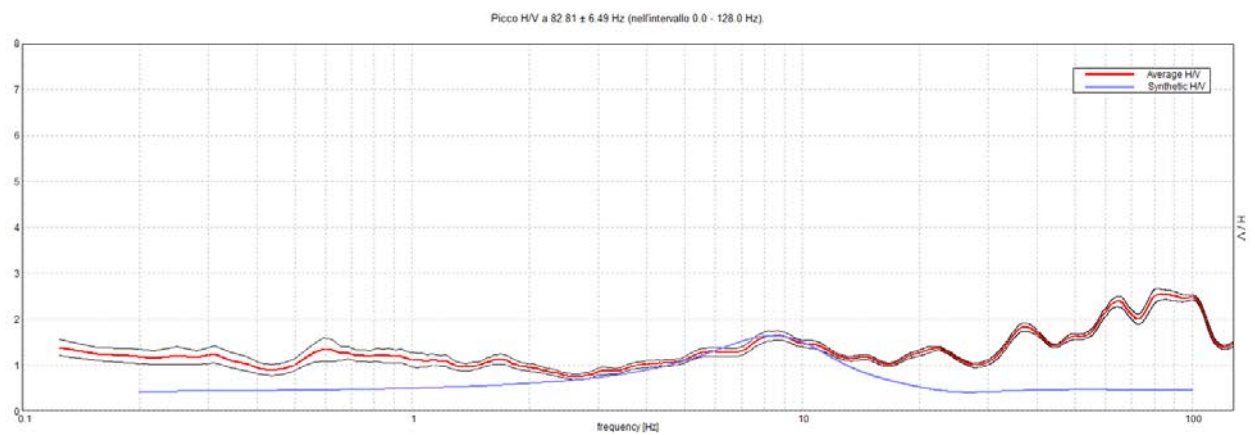
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

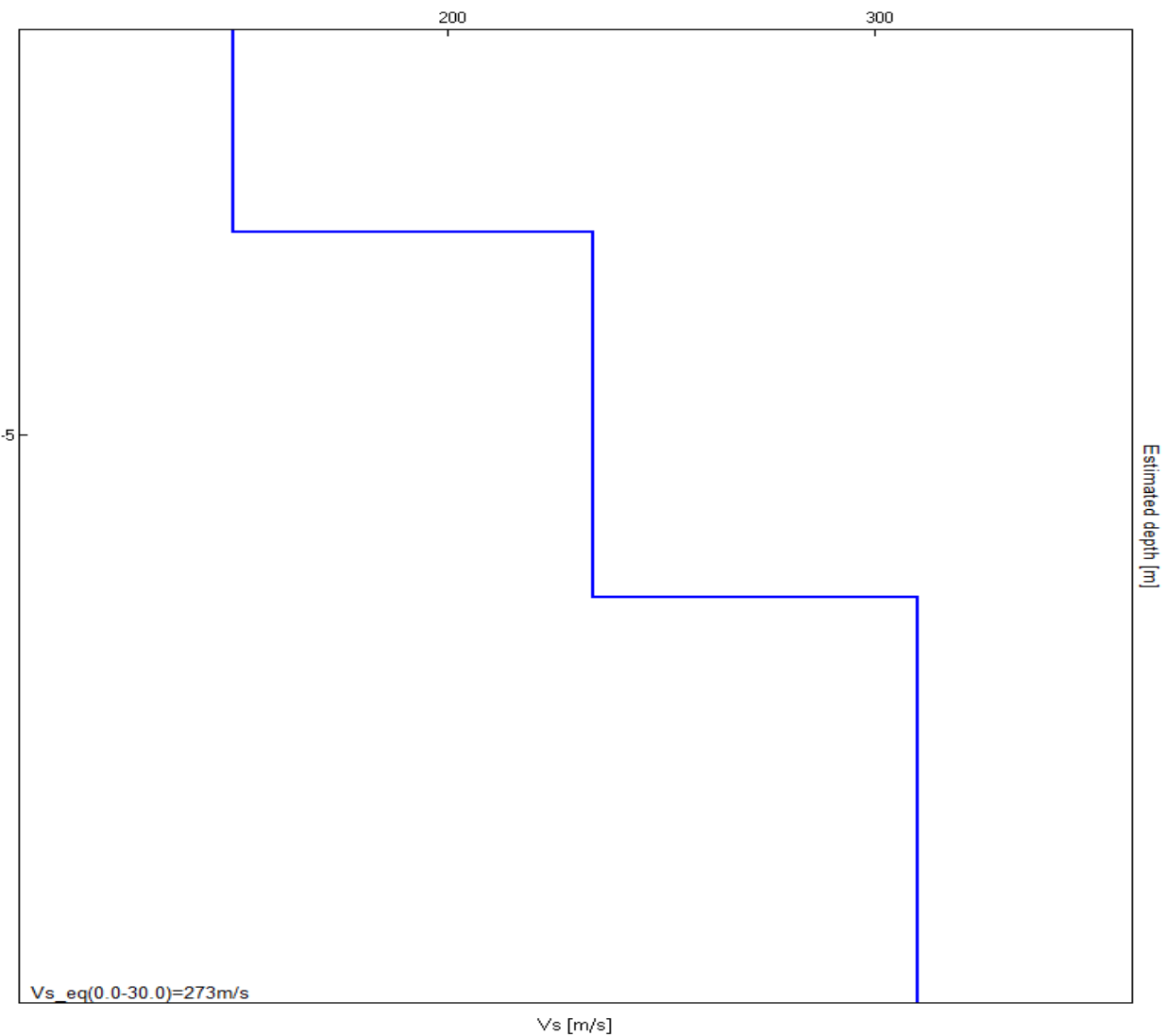


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	150	0.42
7.00	4.50	234	0.42
inf.	inf.	310	0.45

Vs_eq(0.0-30.0)=273m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 82.81 ± 6.49 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$82.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$110968.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 2772	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	32.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.54 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07834 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.48767 < 4.14063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.121 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CAVALLERMAGGIORE_PEC, TR 0002

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 04/09/18 10:28:45 Fine registrazione: 04/09/18 11:37:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-

Durata registrazione: 1h09'00". Analizzato 96% tracciato (selezione automatica)

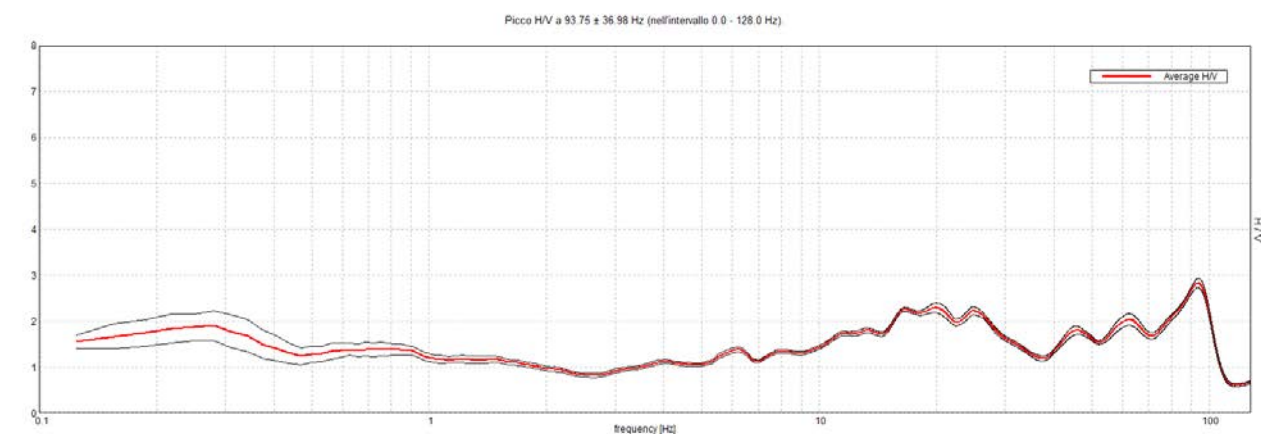
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

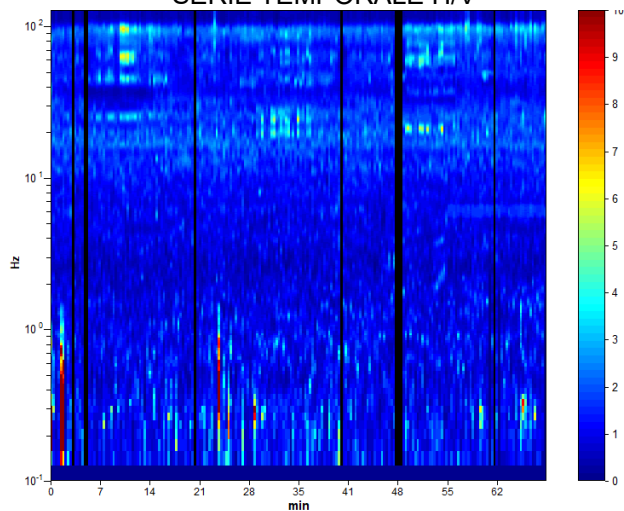
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

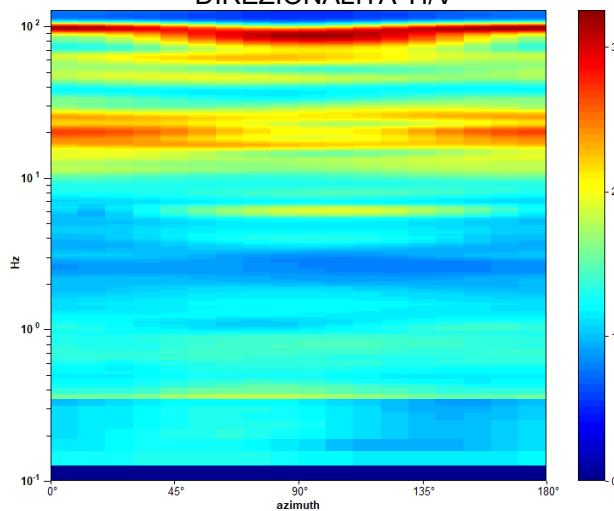
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



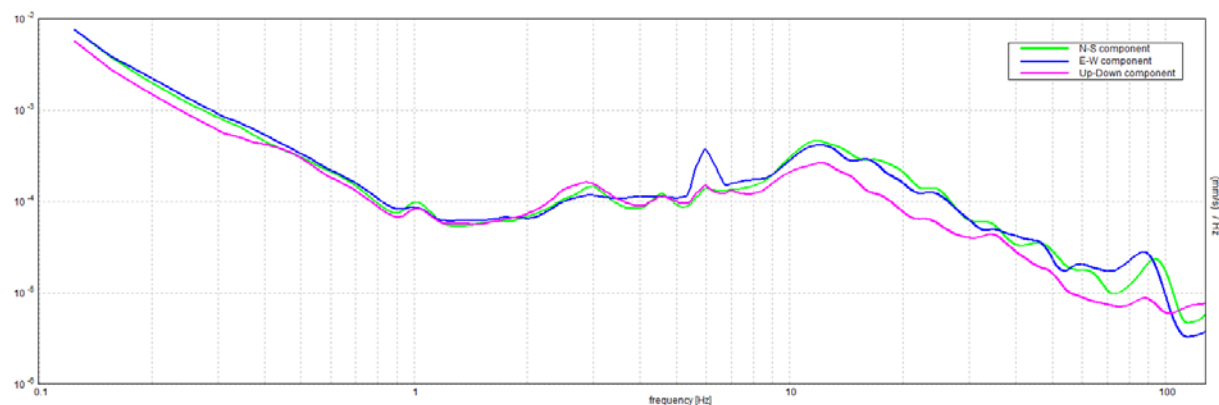
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 93.75 ± 36.98 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$93.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$371250.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 2597	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	40.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	104.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.83 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39449 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$36.9831 < 4.6875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1015 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CAVALLERMAGGIORE_PEC, [Z] TR 0003

Inizio registrazione: 04/09/18 11:39:13 Fine registrazione: 04/09/18 11:55:44
Durata registrazione: 0h00'02". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 512 Hz
Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

MODELLED LOVE WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE

