

Comune

ALESSANDRIA

Provincia

ALESSANDRIA



Salvetti Graneroli
engineering

IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO "SPINETTA MARENGO SOLAR 1"

Progetto

IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SITO NEL COMUNE DI ALESSANDRIA (AL)

Istanza di valutazione di impatto ambientale per la costruzione
e l'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica
alimentati da fonti rinnovabili ai sensi degli artt. 23, 24-24bis e
25 del D.Lgs.152/2006

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto

G - GEOLOGICA

Relazione geologica-geotecnica

Aggiornamenti

Rev.	Data	Descrizione
0	02/12/2022	Emissione

Committente

ELLOMAY SOLAR ITALY THIRTEEN S.r.l
Via Sebastian Altmann, 9 - Bolzano (BZ)

Data	Scala	Tavola
02/12/2022	-	G.01_00

Consulenza

G.EDI.S. s.r.l.



Dott. Geol. David Simoncelli
G.EDI.S. s.r.l.

sede legale: Via Frattina 10 - 00187 Roma
sede amministrativa:
Via Roma, 28 - 02034 MONTOPOLI DI SABINA (RI)
Tel 0765/441102 (St) 0765/206263 (Fax)
329/9171242 (Cell)
e-mail: info@gedis-srl.com

G.EDI.S. s.r.l.

sede legale: Via Frattina, 10 - 00187 Roma



sede amministrativa:
P.zza Martiri della Libertà, 54 – 02047 POGGIO MIRTETO (RI)
Tel 0765/441102 (St) 0765/206263 (Fax)
329/9171242 (Cell)
e-mail: info@gedis-srl.com

COMUNE DI ALESSANDRIA (AL)



Relazione geologica inerente il progetto per la realizzazione di un nuovo
impianto agrivoltaico da 21.25 MW, presso il terreno sito in località
Spinetta Marengo, Via Doria, su committenza della Società Ellomay Solar
Italy Thirteen S.r.l. (F. 160, Part. 4, 53, 56, 65, 89, 134, 163, 185, 187, 207,
231, 233- F. 165, Part. 191, 228, 229)

Roma, Dicembre 2022

Dott. Geol. David Simoncelli

E' riservata la proprietà di questo elaborato che potrà essere riprodotto, anche in parte, solo dopo autorizzazione scritta



Sommario

PREMESSE.....	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO	4
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	9
CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	11
LIQUEFAZIONE	13
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	16
PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	17
CONCLUSIONI	18

PREMESSE

Sulla base di quanto richiesto dalla committenza, è stata redatta una relazione geologica inerente il progetto per la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico da 21.25 MW, presso il terreno sito in località Spinetta Marengo, Via Doria, su committenza della Società Ellomay Solar Italy Thirteen S.r.l. (F. 160, Part. 4, 53, 56, 65, 89, 134, 163, 185, 187, 207, 231, 233- F. 165, Part. 191, 228, 229).

Secondo i dati forniti dai progettisti, l'intervento prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di 21.25 MWp con moduli fissati su apposite strutture infisse nel terreno con inseguitore monoassiale. Inoltre, il progetto comprende anche la realizzazione di n°18 power station collocate all'interno dell'area dell'impianto e n°1 cabina di ricezione e consegna per la connessione alla rete. Il terreno nel quale è previsto il progetto è caratterizzato da un'estensione totale di circa 23.8 ha.

Allo scopo di ricostruire l'andamento stratigrafico del sito e di valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche locali del terreno, sono state pertanto eseguite le seguenti indagini:

- un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- acquisizione dati tratti da studi effettuati in aree limitrofe, da materiale bibliografico e dalla consultazione di materiale cartografico redatto dalla Regione Piemonte, Arpa Piemonte e ISPRA-Progetto CARG, Servizio Geologico d'Italia;

- n°3 prove penetrometriche dinamiche continue eseguite tramite l'utilizzo dello strumento di tipo super-pesante (DPSH);
- n°1 prova di rumore (HVSR) eseguita tramite tomografo digitale “*Tromino*” ed elaborazione dati mediante il software “*Grilla*”, forniti entrambe della Società Micromed spa;
- misurazioni con strumenti portatili sugli affioramenti presenti.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area in cui è prevista l'opera è posta a circa 100 m s.l.m. e dista circa 9.9 km in direzione E dal centro storico di Alessandria, in corrispondenza di un'area caratterizzata da bassa antropizzazione e da pendenze molto blande che degradano verso i quadranti nord-occidentali, in direzione del Fiume Tanaro.

In relazione alle condizioni topografiche del sito in esame (Tab. 3.2.III delle N.T.C. 2018) si definisce la Categoria T1 [superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$] corrispondente ad un Coefficiente di Amplificazione Topografica $ST = 1.00$.

Essa è descritta nel F°70 – “Alessandria” della Carta Geologica d'Italia in scala al 100000 e nella sezione 177050 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10000 edita dalla Regione Piemonte.

Geologia generale

Dal punto di vista geo-litologico locale, anche sulla base delle indicazioni riportate sul Foglio 70 “Alessandria” della CARTA GEOLOGICA D’ITALIA in scala 1:100.000 (seconda edizione, 1970), il lotto in esame si colloca nel settore settentrionale del Bacino Terziario Ligure Piemontese, che rappresenta un bacino di tipo sedimentario-detritico, dove si deposita dal Paleocene al Miocene superiore una successione sedimentaria costituita da formazioni arenacee, marnose ed evaporitiche testimoniando una fase regressiva che dal cretaceo prosegue per buona parte del Terziario.

Successivamente, nel Plio-Pleistocene, questi depositi vengono coperti dai sedimenti della piana di Asti-Alessandria, costituiti da sedimenti di ambiente marino (Argille di Lugagnano e Sabbie di Asti – Pliocene) e da sedimenti di ambiente subaereo (Villafranchiano). Infine, la successione stratigrafica, dal Pleistocene all’Olocene, viene ricoperta dai depositi alluvionali, terrazzati e non, dei corsi d’acqua.

In quest’area il Bacino Terziario Ligure Piemontese è caratterizzato da una struttura sinclinale il cui asse con direzione E-W, è ubicato, in questo settore, in corrispondenza della Valle Tanaro. Pertanto il sito si colloca sul fianco settentrionale della suddetta struttura.

Il Bacino terziario Ligure Piemontese strutturalmente si può considerare composto da tre grandi Unità:

- l’Unità del Basso Monferrato posta a Nord, costituita da terreni e rocce prevalentemente sedimentari, che formano i rilievi collinari che si estendono da Torino a Casale-Voghera (Collina Torino-Casale);

- l'Unità della Sinclinale (o Bacino) di Asti, posta al centro, costituita da una successione di terreni sedimentari marnosi e arenacei nelle formazioni più profonde; argillosi e sabbiosi nelle formazioni più superficiali (Argille Azzurre del Lugagnano e Sabbie di Asti e Villafranchiano);

- l'Unità delle Langhe, posta a Sud quindi al margine del Bacino Terziario stesso, costituita da successioni di alternanze di formazioni di materiali sedimentari marnosi e arenaceo-sabbiosi.

Secondo quanto riportato dalla cartografia ufficiale, il settore in studio è caratterizzato dalla presenza, in sequenza dal basso verso l'alto, dei seguenti litotipi:

□ Formazione delle Argille di Lugagnano (Pliocene medio-inferiore): denominate P nella C.G.I "Alessandria", rappresentano sedimenti di mare aperto, non troppo profondo di piattaforma continentale; sono argille limoso-marnose grigio-azzurre, a volte debolmente sabbiose, compatte, con abbondanti resti fossili (in prevalenza gasteropodi); la potenza si aggira sui 70-80 m mentre la giacitura è tranquilla con inclinazione degli strati poco accentuate ed immersione verso S;

□ Formazione della Sabbie di Asti (Pliocene medio-superiore): denominate P3-2 nella C.G.I "Alessandria", affiorano in continuità stratigrafica sulle Argille di Lugagnano; si tratta di una formazione costituita prevalentemente da "sabbie gialle più o meno stratificate con livelli ghiaiosi ed intercalazioni marnose, calcareniti e calciruditi

(PLIOCENE)”; questa formazione rappresenterebbe un deposito marino avvenuto a profondità limitate (10 – 40 m) e controllato dalla forte energia idrodinamica del moto ondoso e delle correnti di marea; alternanze sabbiose-argillose alla sommità (11 "Villafranchiano auct.");

□ Fluviale e Fluvio-lacustre antichi costituiti da alluvioni ghiaiose, sabbiose, siltoso-argillose, fortemente alterate con prodotti di alterazione rossastri (fl2); alla base ghiaie alterate alternantisi con argille (12 "Villafranchiano auct.");

□ Fluviale medio costituito da alluvioni prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose, con prodotti di alterazione di colore giallastro.

La sequenza stratigrafica della Serie dei Depositi Marini di età pliocenica, affiorante in corrispondenza dei rilievi collinari del Monferrato si approfondisce rapidamente procedendo verso il centro della pianura stessa sino a non risultare più raggiungibili da pozzi e sondaggi. In tale settore questa fa parte integrante delle strutture sepolte, essendo stata anch'essa deformata dai movimenti tettonici responsabili della formazione di un bacino asimmetrico, allungato SE-NW (da Serravalle Scrivia ad Alessandria), interpretabile come un bacino piggy-back, formatosi alle spalle dei thrust rappresentanti il modello deformativo sepolto della zona. La dorsale Tortona-Montecastello rappresenta in quest'ottica la culminazione assiale di uno di questi thrust separando il bacino di Alessandria (a S della dorsale) dal bacino della pianura tortonese (posto a N

della dorsale) che si raccorda più a N con la Pianura Padana. In corrispondenza della parte apicale di tale dorsale, i sedimenti marini sono stati in parte erosi. Il substrato ed i depositi alluvionali sono parzialmente mascherati da una estesa coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, tipicamente di natura limoso-sabbiosa e/o limoso-argillosa; la coltre superficiale presenta spessori variabili, che possono raggiungere valori di alcuni metri nelle zone a bassa acclività e di raccordo tra i versanti e la pianura.

L'area in esame è caratterizzata litologicamente, al di sotto di uno spessore metrico di materiali alluvionali recenti di origine fluviale a granulometria sabbioso-limosa e argillosa, dalla presenza di depositi sabbioso ghiaiosi da mediamente addensati a addensati, di origine fluviale e appartenenti al *Fluviale Recente*, cronologicamente ascrivibile al Pleistocene Superiore.

Le osservazioni compiute hanno evidenziato le discrete condizioni geomorfologiche del terreno in oggetto, non esistono infatti nell'area in esame, tracce di frane e smottamenti, le acque di corrivazione non hanno prodotto dissesti o altre forme di erosione (vedi stralcio cartografia IFFI in allegato)

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

L'area in esame ricade all'interno del Bacino Terziario Piemontese, esso è contraddistinto da una serie di complessi idrogeologici con differenti caratteristiche.

Dal basso verso l'alto si possono distinguere:

□ Complesso limoso argilloso: corrispondente alle ARGILLE DI LUGAGNANO, in generale impermeabili con locali livelli sabbiosi semipermeabili, che rappresentano la base del sovrastante Complesso sabbioso.

□ Complesso sabbioso: corrispondente ai depositi sabbiosi pliocenici (SABBIE DI ASTI), costituiti da alternanze di livelli sabbiosi permeabili, livelli sabbioso limosi e limoso sabbiosi semipermeabili e livelli limoso argillosi impermeabili; si tratta di un sistema acquifero multifalda, in cui i vari livelli acquiferi, con ridotta continuità laterale, possono essere intercomunicanti verticalmente.

□ Complesso delle alternanze (argille, ghiaie, sabbie): corrispondente alla parte superiore del VILAFRANCHIANO INFERIORE, al VILAFRANCHIANO SUPERIORE ed ai depositi fluviali del PLEISTOCENE MEDIO SUPERIORE, è costituito da un'alternanza di livelli limoso argillosi impermeabili o semipermeabili e livelli ghiaioso sabbiosi permeabili; si tratta di un sistema acquifero multifalda in cui i vari livelli acquiferi sono tra loro intercomunicanti.

□ Complesso dei depositi alluvionali: con permeabilità e spessore variabili, sede di una falda libera in equilibrio con il reticolo idrografico.

Nel dettaglio l'area in oggetto interessa il sistema acquifero ospitato nei terreni appartenenti al Complesso delle alternanze. La permeabilità primaria, visiti i litotipi presenti, è da considerarsi medio-bassa per i terreni argilloso limosi che costituiscono la coltre superficiale alterata e medio-alta per i depositi sabbioso-ghiaiosi sottostanti. La falda idrica principale, anche se non è stata riscontrata in fase di indagine e data la corrispondenza del sito in esame con la isopieza dei 90/95 m, si può considerare superficiale e variabile dai -7.0 m ai -10m dal p.c.(vedi stralcio carta idrogeologica del Piemonte, in allegato). Essa è correlabile a quella del Fiume Tanaro, il quale scorre ad una distanza di circa 5.0 Km in direzione N-O.

Secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni – PGRA (redatto dalla Regione Piemonte e consultabile al seguente indirizzo web <https://www.geoportale.piemonte.it>), l'area in esame ricade in un'area dove la pericolosità di alluvionamento è nulla (vedi stralcio PGRA-Scenari di pericolosità in allegato).

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Allo scopo di ricostruire l'andamento stratigrafico del sito e di valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche locali del terreno, sono state pertanto eseguite le seguenti indagini:

- un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- acquisizione dati tratti da studi effettuati in aree limitrofe, da materiale bibliografico e dalla consultazione di materiale cartografico redatto dalla Regione Piemonte, Arpa Piemonte e ISPRA-Progetto CARG, Servizio Geologico d'Italia;
- n°3 prove penetrometriche dinamiche continue eseguite tramite l'utilizzo dello strumento di tipo super-pesante (DPSH);
- n°1 prova di rumore (HVSR) eseguita tramite tromografo digitale "*Tromino*" ed elaborazione dati mediante il software "*Grilla*", forniti entrambe della Società Micromed spa;
- misurazioni con strumenti portatili sugli affioramenti presenti.

Dall'interpretazione dei dati acquisiti è stata desunta la seguente ricostruzione stratigrafica minima:

DPSH N°1



dal P.C. a -1.0 m = COLTRE SUPERFICIALE ALTERATA

da -1.0 m a - 8.0 m = ALLUVIONI FLUVIALI A GRANULOMETRIA
SABBIOSO-GHIAIOSA DA MEDIAMENTE
ADDENSATE A ADDENSATE

DPSH N°2



dal P.C. a -1.0 m = COLTRE SUPERFICIALE ALTERATA

da -1.0 m a - 4.0 m = ALLUVIONI FLUVIALI A GRANULOMETRIA
SABBIOSO-GHIAIOSA DA MEDIAMENTE
ADDENSATE A ADDENSATE

DPSH N°3



dal P.C. a -1.0 m = COLTRE SUPERFICIALE ALTERATA

da -1.0 m a - 2.6 m = ALLUVIONI FLUVIALI A GRANULOMETRIA
SABBIOSO-GHIAIOSA DA MEDIAMENTE
ADDENSATE A ADDENSATE

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche, i valori di N_{spt} forniti dalle prove penetrometriche effettuate, correlati con teorie di vari autori (come riportato integralmente negli elaborati prove penetrometriche allegati alla relazione), unitamente a misurazioni mediante strumenti portatili e all'acquisizione dati da prove di laboratorio effettuate su analoghi litotipi, hanno permesso di determinare la seguente tabella dei parametri minimi dei litotipi rinvenuti:

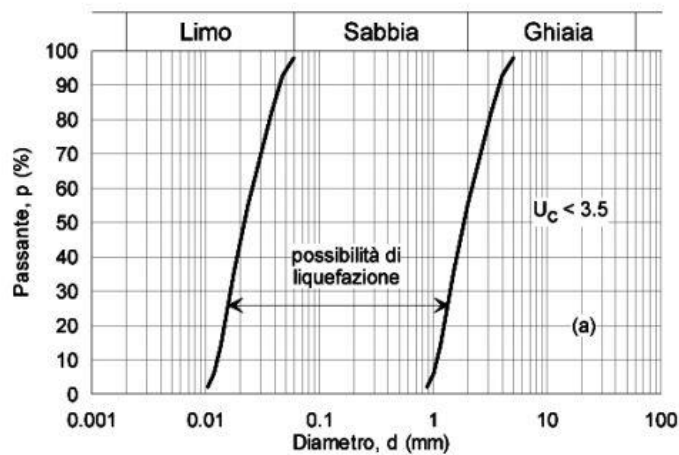
LITOTIPI	Peso di volume γ (t/m ³)	Angolo di attrito φ (°)	Coesione drenata C (t/m ²)
COLTRE SUPERFICIALE ALTERATA	1.75	26	1.5
ALLUVIONI FLUVIALI A GRANULOMETRIA SABBIOSO-GHIAIOSA DA MEDIAMENTE ADDENSATE A ADDENSATE	1.85	29	1.0

LIQUEFAZIONE

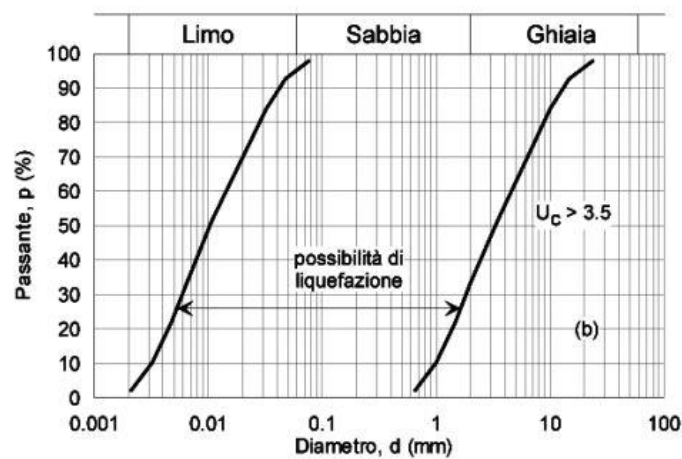
Le **NTC 2018** prevedono che il sito presso il quale è in progetto una nuova opera deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. 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. In assenza di interventi di miglioramento del terreno l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della resistenza di progetto e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali. Per ciò che concerne la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, questa è connessa alla presenza di terreni sabbiosi saturi a profondità inferiori a 15 m e alla eventualità di terremoti con magnitudo

superiore a 5. Lo scuotimento indotto dal moto sismico genera un incremento della pressione dell'acqua contenuta nei pori del terreno che può arrivare ad uguagliare la tensione efficace del terreno. In questa condizione si ha l'annullamento della resistenza al taglio del terreno e, di conseguenza, la sua liquefazione. Ai sensi delle N.T.C. di cui al D.M. 17/01/18 (paragrafo 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione) 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 (condizione di free-field) inferiori a 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 Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a)



b)

Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

L'accelerazione massima PGA (Peak Ground Acceleration) in condizioni di free-field, ipotizzando una struttura in Classe II, calcolata in relazione ai parametri sito specifici (*Tabella paragrafo "Parametri di pericolosità sismica"*), è pari a **0,080** (Ag/g).

Di conseguenza, nel rispetto del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18, è possibile escludere la verifica a liquefazione facendo riferimento al punto n°1.

CARATTERIZZAZIONE SISMICA
Coordinate WGS84 del sito Lat. 44.914564° - Long. 8.740869°

Ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e succ. modifiche (aggiornamento 15/01/2005) e dell'O.P.C.M. n°3519 del 20/04/2006, il numero di zone sismiche è fissato pari a 4, corrispondenti ai 4 valori di accelerazione orizzontale (a_g / g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il Comune di Alessandria ricade in zona sismica 3 (bassa sismicità), cui corrisponde un'accelerazione sismica orizzontale $0,05 < g < 0,15$, con probabilità di superamento non maggiore del 10% in 50 anni, che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,15 (a_g / g).

Sulla base dei dati pervenuti e dall'acquisizione dei dati stratigrafici tratti da altre indagini geognostiche effettuate in siti limitrofi, da cui è stato possibile delineare anche la stratigrafia del sito in oggetto fino alla profondità di oltre 30,0 mt, si è tarata l'elaborazione dell'indagine effettuata, ottenendo valori della $V_{s,eq}$ di **354 m/s (HVSr)**.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 ("Norme Tecniche per le Costruzioni", Tab. 3.2.II), per la progettazione di manufatti soggetti ad azioni sismiche, il terreno in esame può essere riferito alla **Categoria di Suolo di Fondazione 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]**.

PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Nell'ipotesi, da verificare in fase progettuale, di un edificio ricadente in **Classe III** (par. 2.4.2 NTC) e di una **vita nominale pari a 50 anni e un periodo di riferimento pari a 75 anni**, si definiscono i seguenti parametri di pericolosità sismica ai sensi della normativa vigente:

STATO LIMITE	Tr (anni)	Probabilità superamento	a₀ (g)	F₀	T_c* (sec)
Operatività (SLO)	45	81%	0.025	2.509	0.196
Danno (SLD)	75	63%	0.032	2.507	0.219
Salvaguardia Vita (SLV)	712	10%	0.080	2.500	0.278
Prevenzione Collasso (SLC)	1462	5%	0.106	2.490	0.282

ALTRI PARAMETRI	SLO	SLD	SLV	SLC
Amplificazione Stratigrafica S_s	1.50	1.50	1.50	1.50
Coeff. Funzione Categoria C_c	1.80	1.73	1.60	1.60
Amplificazione Topografica S_T	1.00	1.00	1.00	1.00
Coefficiente Kh	0.008	0.010	0.024	0.038
Coefficiente Kv	0.004	0.005	0.012	0.019
Accelerazione massima attesa nel sito Amax (m/s²)	0.371	0.474	1.181	1.553
Coefficiente Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

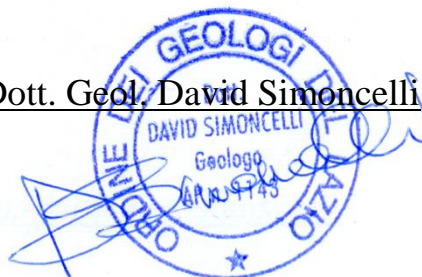
CONCLUSIONI

L'area interessata dall'opera è globalmente stabile e ricade in zona già nota. Considerando sia le caratteristiche geomorfologiche e litologiche del terreno descritto, che le sue condizioni topografiche, non si ravvisano difficoltà di ordine geologico alla realizzazione di quanto progettato a condizione che:

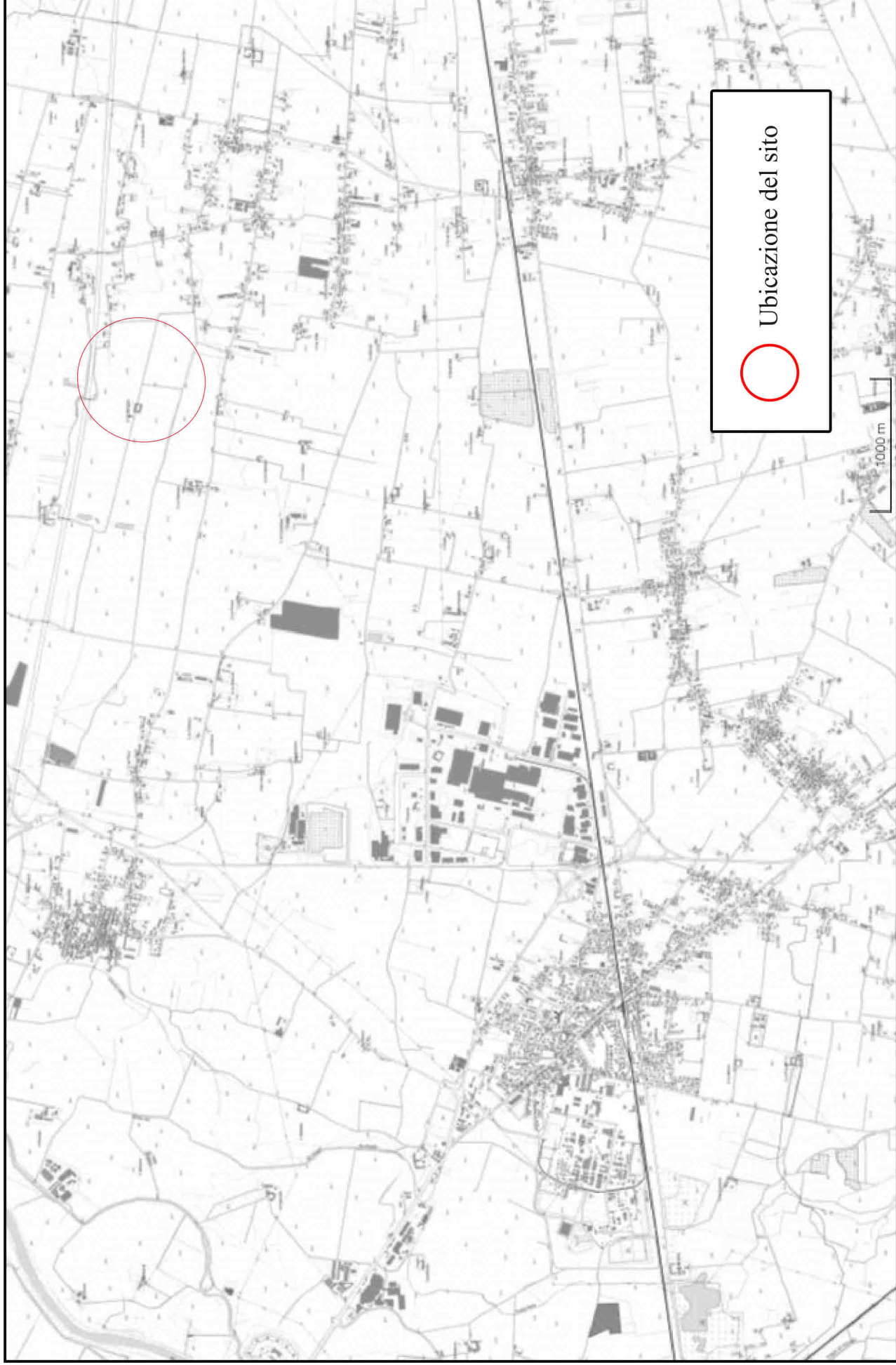
- si attui un'adeguata regimazione delle acque superficiali;
- le operazioni di scavo, vista la natura dei materiali presenti, dovranno essere eseguite sotto la presenza dello scrivente e se ritenuto necessario dovranno essere effettuate indagini specifiche ad integrazione della presente.

Roma, Dicembre 2022

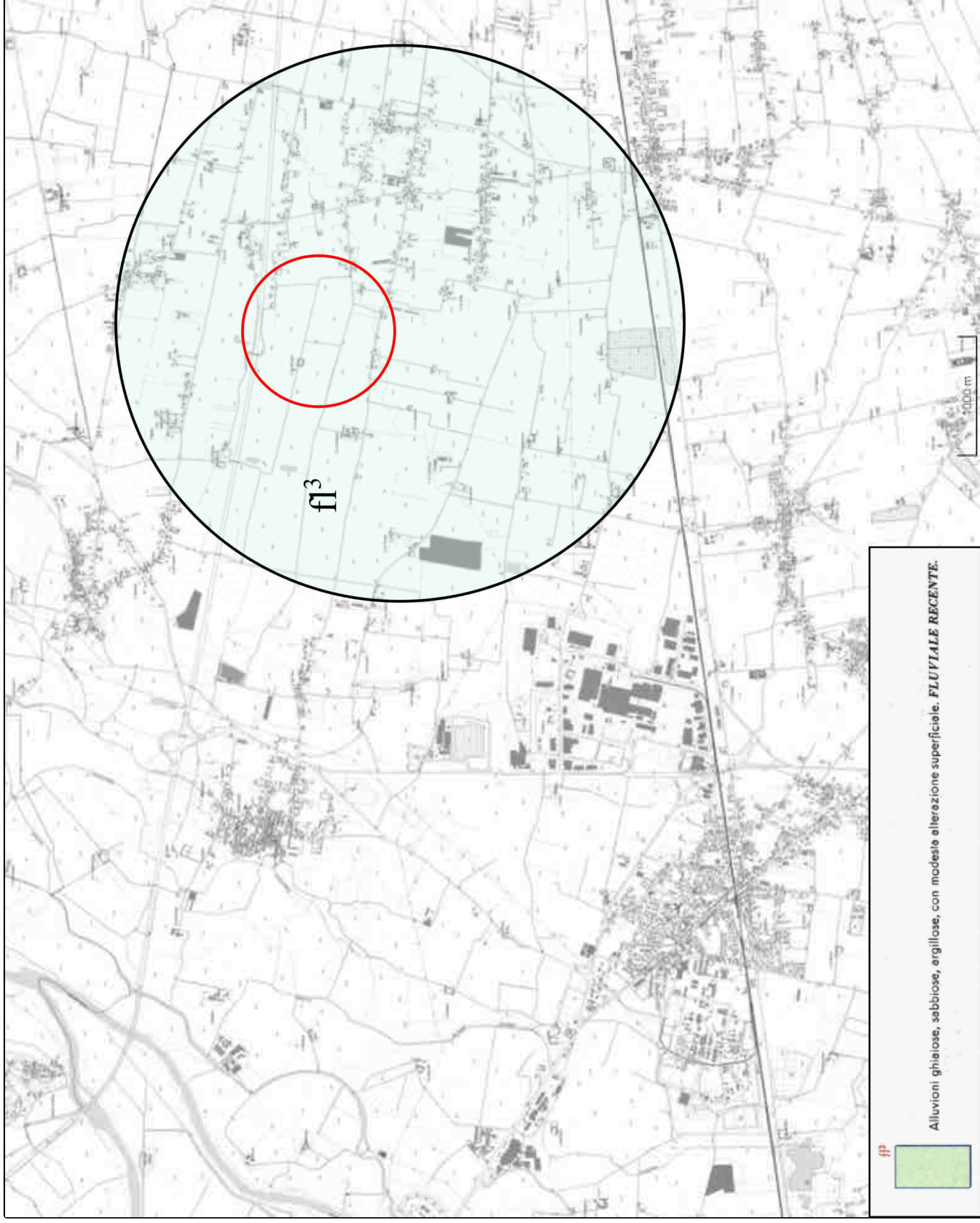
Dott. Geol. David Simoncelli



COROGRAFIA GENERALE

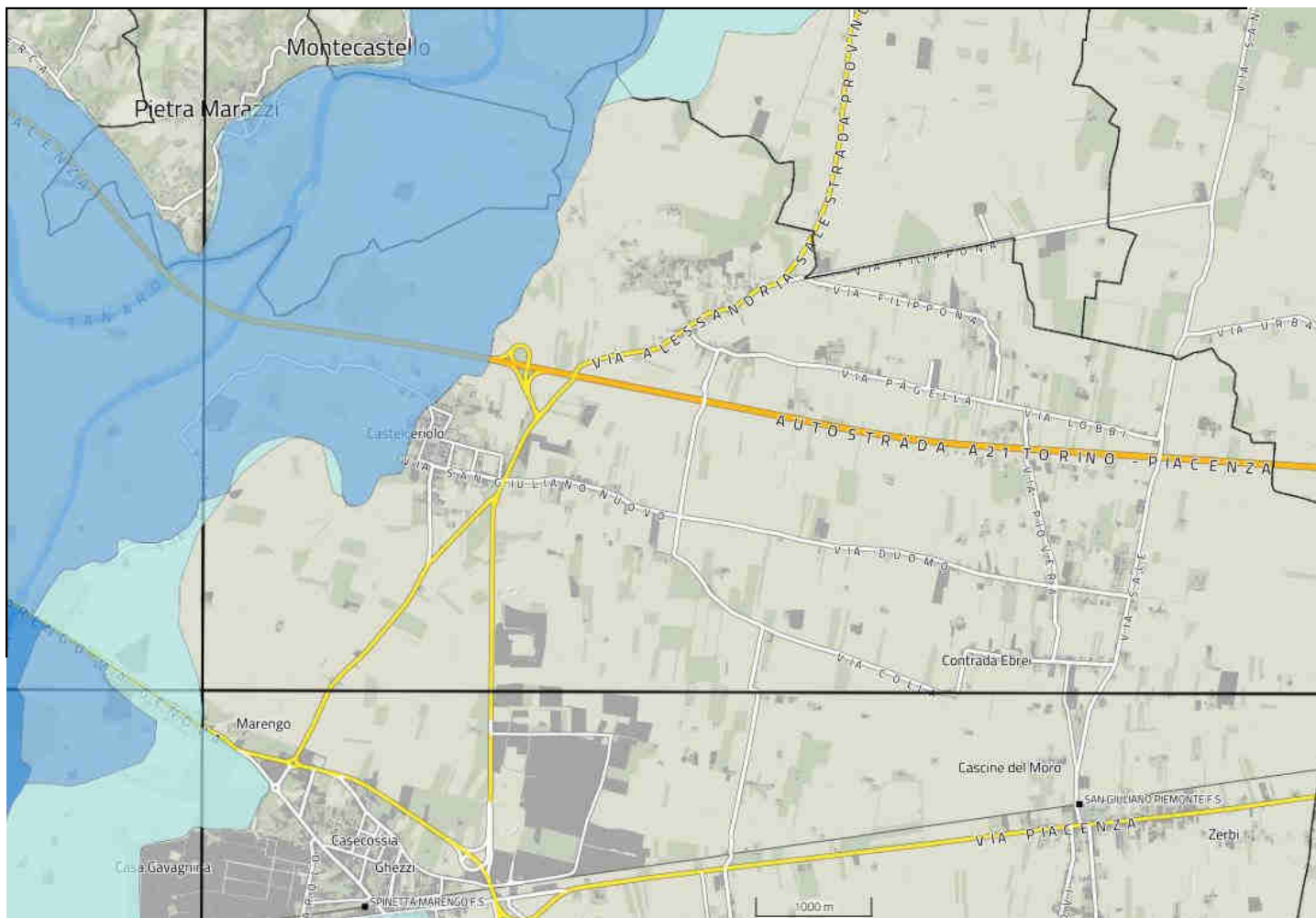


STRALCIO CARTA GEOLOGICA



○ Ubicazione sito

Stralcio PGRA-Scenari di pericolosità



- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)

○ Ubicazione del sito

Stralcio Carta Idrogeologica-Arpa Piemonte

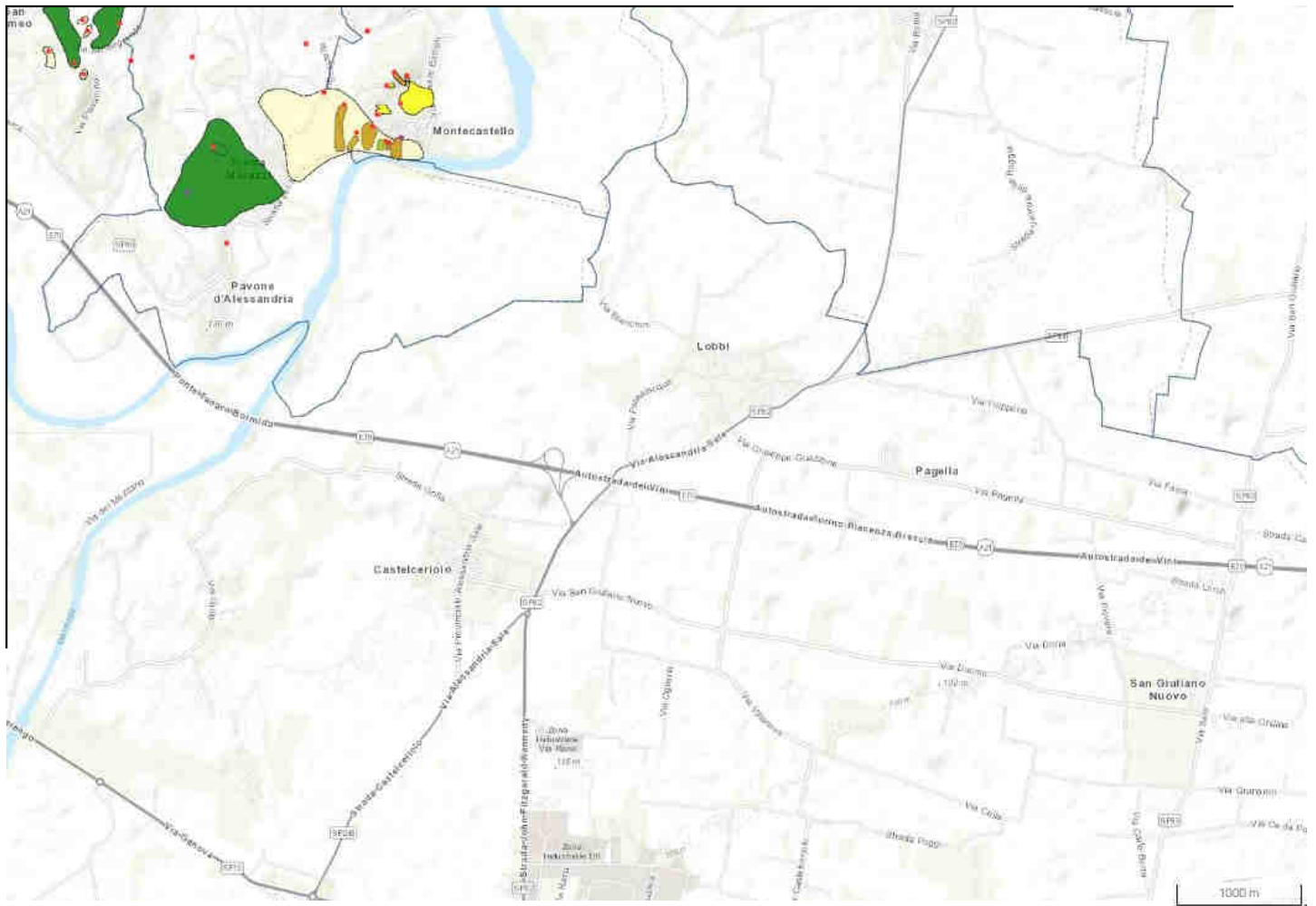


○ Ubicazione del sito



Complesso delle altermanze-Depositi fluviali rissani debolmente alterati

Stralcio Cartografia Progetto IFFI



Frane IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)*

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

Evento franoso

- Evento franoso

Tipologia di frana

- Frane lineari
- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- Aree con crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree con sprofondamenti diffusi
- Aree con frane superficiali diffuse
- DGPV
- n.d.

○ Ubicazione del sito

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Per risalire all'interpretazione della stratigrafia e alla consistenza dei terreni oggetto di intervento, si sono eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH (cfr. posizione sulla Planimetria Indagini dell'Allegato 3 - posizione e quota rilevata mediante strumentazione GNSS RTK).

Le prove sono state effettuate con penetrometro dinamico di tipo super pesante mod. *GeoDeepDrill DPSH 63,5* attrezzato con punta da 20 cm².

La resistenza media del terreno, in assenza di ostacoli ed impedimenti locali, è direttamente proporzionale al numero di colpi (N_{20}) del maglio necessari per una infissione di 20 cm della

punta del penetrometro. Tale dato è stato rapportato, mediante un fattore di correzione strumentale (coefficiente teorico di energia), al numero dei colpi $N_{(30)}$ della prova Standard SPT (Standard Penetration Test).

Le prove hanno raggiunto una profondità di 8,0m (P1), di 4,20m (P2) e di 2,60m (P3) e sono state protratte fino al "rifiuto all'avanzamento" della punta dello strumento (> di 40colpi/20cm) dovuta alla presenza di terreni particolarmente competenti, presumibilmente rappresentati da ghiaie addensate.

Le stratigrafie presunte¹ riscontrate nelle prove e riportate nelle schede dell'*Allegato n. 2*, vengono riassunte nelle seguenti tabelle:

¹ La natura dei terreni è stata ipotizzata in base al comportamento della sonda penetrometrica e alle conoscenze personali sull'area in esame e pertanto è da considerarsi indicativa.

Prova penetrometrica P1				
Ubicazione: Settore sud-occidentale area di intervento				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-0,80	Terreno agrario limi, limi argillosi con ghiaie	Poco addensato	7,14
2	0,80-4,20	Ghiaie	Moderatamente Addensato	21,06
3	4,20-5,80	Sabbie	Poco addensato	8,65
4	5,80-8,00	Ghiaie	Addensato	32,82

Prova penetrometrica P2				
Ubicazione: Settore centrale area di intervento				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-0,80	Terreno agrario limi, limi argillosi con ghiaie	Moderamente addensato	12,41
2	0,80-4,20	Ghiaie	Addensato	47,24

Prova penetrometrica P3				
Ubicazione: Settore settentrionale area di intervento				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-0,80	Terreno agrario limi, limi argillosi con ghiaie	Moderamente addensato	11,66
2	0,80-2,60	Ghiaie	Addensato	46,95

All'interno dei fori delle prove, sino alla profondità di investigazione NON si è riscontrata la presenza di acqua libera (falda acquifera).

Per i dettagli grafici e numerici si rimanda alla consultazione dell'Allegato n.1

2. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

In prossimità della prova penetrometrica P1 (cfr. posizione su Allegato 3, Planimetria indagini), si è effettuata una prova di sismica passiva H/V al fine di ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e sulle velocità delle onde S (di taglio).

La prova consiste nella misurazione del *microtremore ambientale*² nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze per mezzo di un registratore sismico (tromografo o tromometro).

Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è stato possibile ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e sulle velocità delle onde S (di taglio).

La strumentazione utilizzata per la registrazione è un tromografo digitale (TROMINO della MICROMED S.p.a) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati sul piano orizzontale (N-S e E-W) e sul piano verticale (Up-Down). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz ritenuta la più indicata per la tipologia di indagine³.

Per l'Analisi spettrale delle tracce e la modellazione si è utilizzato uno specifico software dedicato (Grilla della MICROMED S.p.a), conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME.

Di seguito viene descritto il procedimento ed espresse considerazioni relative al sito in esame in riferimento alla prova effettuata. Per i dettagli grafici e numerici relativi alle prova si rimanda alla consultazione dell'Allegato n. 2.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica⁴, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f=Vs/4h$ (formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato.

La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa

²detto anche *rumore sismico*, sono movimenti minimi (nell'ordine di 10^{-2} - 10^{-6} mm) del terreno presenti in qualsiasi punto della superficie terrestre, e consiste per lo più nelle onde di superficie (onde di Rayleigh e onde di Love) prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare, ma anche (alle frequenze più alte) da sorgenti di carattere antropico come ad esempio industrie e traffico veicolare.

³Il Tromino può essere utilizzato anche per applicazioni ingegneristiche su strutture quali analisi modali e analisi di vibrazioni

⁴Si ha risonanza stratigrafica quando si è in presenza di terreni di copertura con spessore superiore a tre metri su di un substrato rigido.

popolare da Nakamura (1989). Infatti e' proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale (cfr. Illustrazione n. 4) che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza⁵ significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).

La frequenza fondamentale del sito è generalmente identificata dal picco di maggiore ampiezza nel grafico H/V (cfr Illustrazione seguente), che nel caso del sito in esame è di 36,69 Hz, verosimilmente dovuto al passaggio tra il primo orizzonte (terreno agrario) e quello sottostante (ghiaie). Si segnala la presenza di un picco secondario a circa 5,5 Hz dovuto probabilmente ad un aumento di impedenza a circa 15 m di profondità (cfr. successiva interpretazione stratigrafico-sismica). Un ulteriore picco secondario a frequenza molto bassa (circa 0,5 Hz) potrebbe essere dovuto ad un cambiamento litologico ad oltre 200m di profondità (substrato litoide ?).

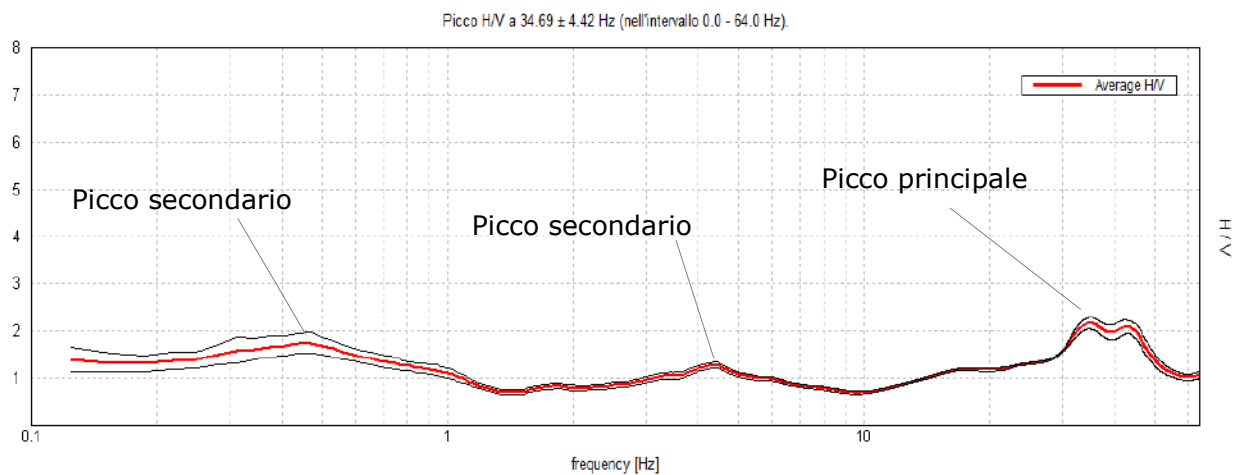


Illustrazione n.1 – Prova S1 – Rapporto spettrale orizzontale su verticale

La curva sperimentale HVSR è stata "fittata"⁶ con una curva teorica usando come vincolo lo spessore dello strato più superficiale (o altro orizzonte il cui picco H/V è individuabile sulla curva sperimentale) di sottosuolo (generalmente noto dalle indagini geotecniche necessarie per legge per ogni progettazione edilizia, che nel presente caso sono rappresentate dalla prova penetrometrica dinamica DPSH P1), basandosi sulla nota equazione che lega la frequenza di risonanza (f) allo spessore (h) dello strato e alla velocità delle onde di taglio (Vs): $f=Vs/4h$ (da cui $h=Vs/4f$)

Il fit della curve HVSR (cfr. Fig. 4 dell'Allegato 3) fornisce il modello stratigrafico-sismico (cfr. Fig. 5 dell'Allegato 2) dell'andamento di Vs con la profondità riassunto nella seguente tabella:

⁵ Rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso

⁶In gergo significa *adattare* approssimando il più possibile la curva del modello teorico con quella sperimentale (misurata)

Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità kN/mc
Terreno agrario	0.90	0.90	140	0.35	18
Ghiaie e sabbie	15.90	15.00	300	0.35	20
Ghiaie?	-	-	500	0.35	21

Da tale profilo è possibile ricavare il seguente valore del parametro $V_{s_{eq(0.0-30.0)}} = 354$ m/s attraverso la formula (media ponderata):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

Al valore riportato può essere attribuito un margine massimo di errore del +/- 30%.

3. CONSIDERAZIONI

Le prove penetrometriche eseguite, salvo possibili eteropie locali, indicano una sostanziale omogeneità nella stratigrafia dei terreni con la presenza di uno strato superficiale, da poco addensato a moderatamente addensato, che costituisce l'orizzonte agrario, verosimilmente composto da limi e/o limi argillosi con abbondante frazione ghiaiosa (visibile in superficie), dello spessore di circa 0,8m; segue un secondo orizzonte decisamente più competente, presumibilmente a frazione ghiaiosa prevalente (clasto sostenuto). Nello strato ghiaioso è possibile la presenza di orizzonti a granulometria più fine (limi o sabbie), come riscontrato in corrispondenza della prova penetrometrica P1.

All'interno dei fori delle prove, sino alla profondità di investigazione (max 8,00m) NON si è riscontrata la presenza di acqua libera.

Anche la prova di sismica passiva H/V confermerebbe l'assetto stratigrafico di cui sopra con un valore di $V_{s_{eq(0-30)}}$ di circa 350 m/sec.

Allegati:

1. ALLEGATO 1 – Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH
2. ALLEGATO 2 – Prova di sismica passiva a stazione singola H/V
3. ALLEGATO 3 - Tavole grafiche
 - Planimetria indagini
 - Documentazione fotografica

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

- Caratteristiche strumentali
- Tabulato della prova
- Grafico e stratigrafia presunta

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Descrizione: Realizzazione impianto fotovoltaico
Località: Comune di Alessandria, Fraz. Di Spinetta Marengo, loc. Doria

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: GeoDeepDrill DPSH 63,5 (Dynamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Angolo apertura punta	60°
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.20 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.504
Rivestimento/fanghi	No



PROVA P1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 09/11/2022

Profondita' prova 8,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

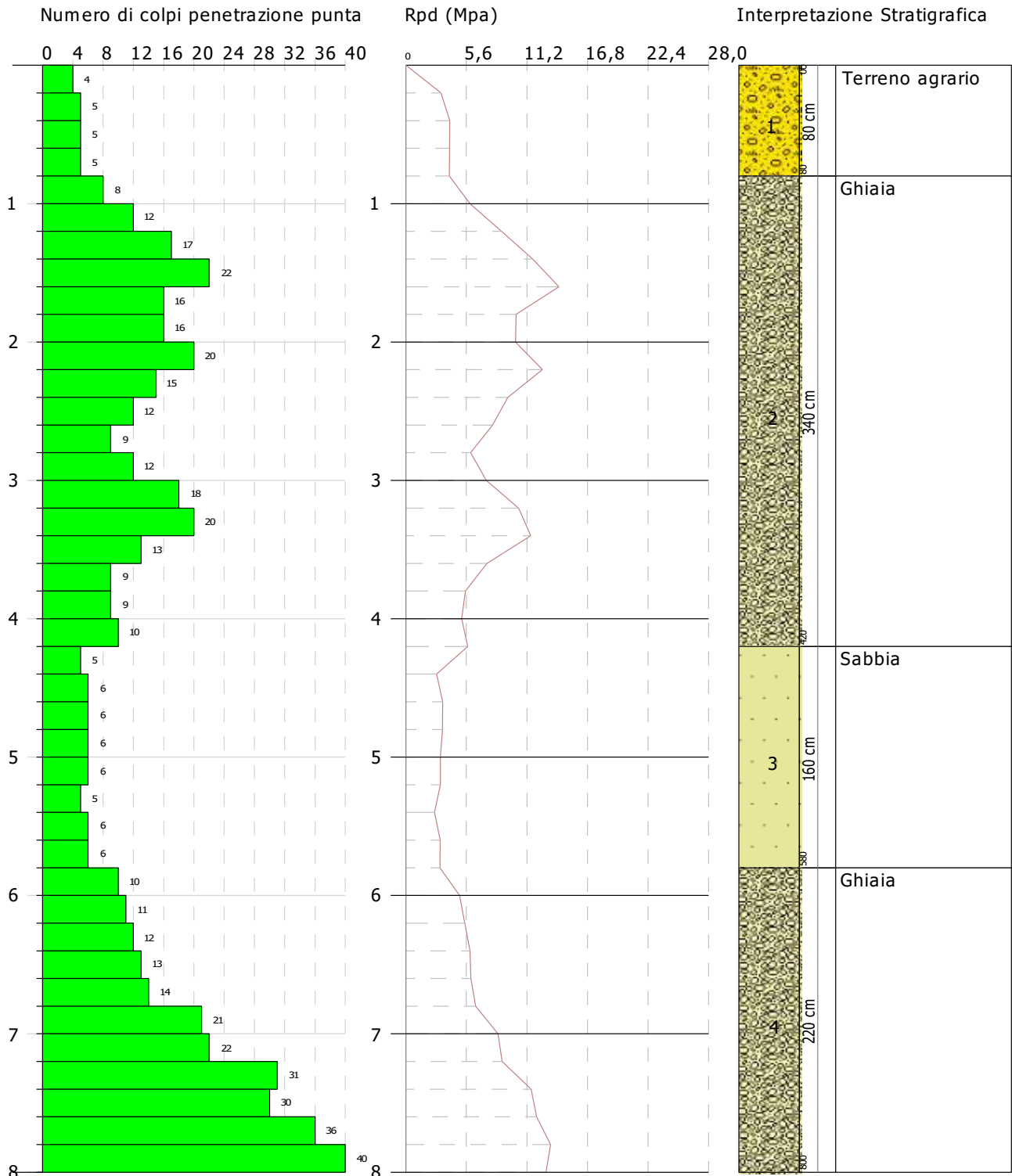
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	4	0,855	3,26	3,81	162,89	190,60
0,40	5	0,851	4,05	4,76	202,69	238,25
0,60	5	0,847	4,04	4,76	201,80	238,25
0,80	5	0,843	4,02	4,76	200,92	238,25
1,00	8	0,840	5,92	7,05	296,13	352,64
1,20	12	0,836	8,85	10,58	442,35	528,96
1,40	17	0,783	11,73	14,99	586,65	749,36
1,60	22	0,730	14,15	19,40	707,49	969,76
1,80	16	0,776	10,95	14,11	547,53	705,28
2,00	16	0,773	10,15	13,12	507,31	656,13
2,20	20	0,770	12,63	16,40	631,63	820,16
2,40	15	0,767	9,44	12,30	471,89	615,12
2,60	12	0,814	8,01	9,84	400,69	492,10
2,80	9	0,811	5,99	7,38	299,47	369,07
3,00	12	0,809	7,44	9,20	372,02	460,04
3,20	18	0,756	10,43	13,80	521,69	690,06
3,40	20	0,753	11,55	15,33	577,66	766,73
3,60	13	0,751	7,48	9,97	374,22	498,38
3,80	9	0,798	5,51	6,90	275,48	345,03
4,00	9	0,796	5,16	6,48	257,85	323,93
4,20	10	0,794	5,71	7,20	285,66	359,92
4,40	5	0,791	2,85	3,60	142,43	179,96
4,60	6	0,789	3,41	4,32	170,44	215,95
4,80	6	0,787	3,40	4,32	169,97	215,95
5,00	6	0,785	3,20	4,07	159,75	203,50
5,20	6	0,783	3,19	4,07	159,34	203,50
5,40	5	0,781	2,65	3,39	132,45	169,59
5,60	6	0,779	3,17	4,07	158,56	203,50
5,80	6	0,777	3,16	4,07	158,18	203,50
6,00	10	0,775	4,97	6,41	248,69	320,69
6,20	11	0,774	5,46	7,06	272,93	352,76
6,40	12	0,772	5,94	7,70	297,09	384,82
6,60	13	0,720	6,01	8,34	300,31	416,89
6,80	14	0,719	6,45	8,98	322,69	448,96
7,00	21	0,667	8,52	12,77	426,08	638,64
7,20	22	0,666	8,91	13,38	445,35	669,05
7,40	31	0,614	11,58	18,86	579,00	942,75
7,60	30	0,663	12,09	18,25	604,61	912,34
7,80	36	0,611	13,38	21,90	669,25	1094,81
8,00	40	0,560	12,95	23,13	647,64	1156,68

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: GEDIS Srl
 Descrizione: Realizzazione impianto fotovoltaico a terra
 Localita': Loc. Doria, Spinetta Marengo AL

09/11/2022

Scala 1:40



PROVA P2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 09/11/2022

Profondita' prova 4,20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

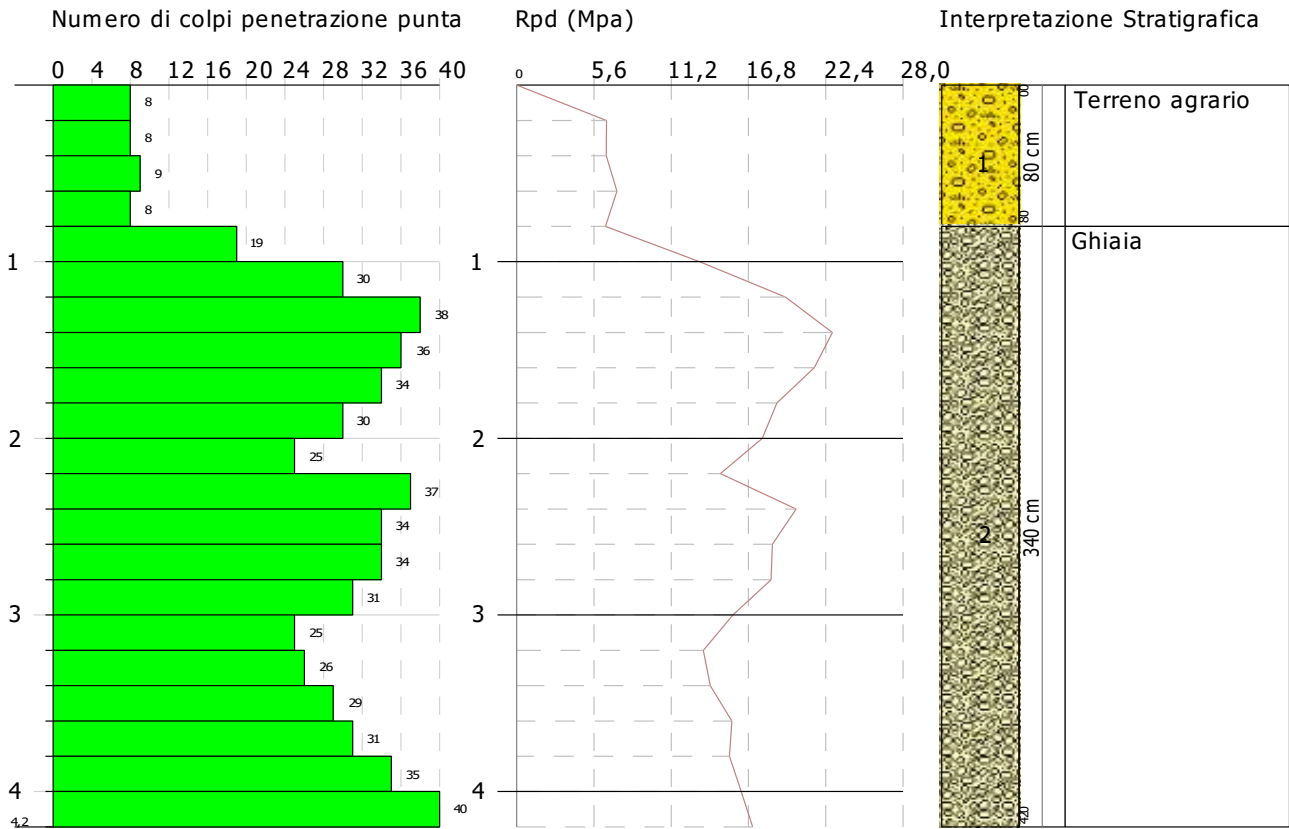
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	8	0,855	6,52	7,62	325,78	381,20
0,40	8	0,851	6,49	7,62	324,31	381,20
0,60	9	0,847	7,26	8,58	363,24	428,85
0,80	8	0,843	6,43	7,62	321,48	381,20
1,00	19	0,790	13,23	16,75	661,44	837,52
1,20	30	0,736	19,47	26,45	973,64	1322,41
1,40	38	0,683	22,88	33,50	1143,83	1675,05
1,60	36	0,680	21,57	31,74	1078,37	1586,89
1,80	34	0,676	20,27	29,97	1013,63	1498,73
2,00	30	0,723	17,79	24,60	889,69	1230,25
2,20	25	0,720	14,77	20,50	738,27	1025,21
2,40	37	0,667	20,25	30,35	1012,26	1517,30
2,60	34	0,664	18,52	27,89	926,14	1394,28
2,80	34	0,661	18,44	27,89	922,21	1394,28
3,00	31	0,659	15,66	23,77	782,79	1188,43
3,20	25	0,706	13,53	19,17	676,64	958,41
3,40	26	0,703	14,02	19,94	701,12	996,75
3,60	29	0,701	15,58	22,24	779,20	1111,76
3,80	31	0,648	15,41	23,77	770,60	1188,43
4,00	35	0,646	16,28	25,19	813,80	1259,71
4,20	40	0,594	17,09	28,79	854,73	1439,67

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: GEDIS Srl
 Descrizione: Realizzazione impianto fotovoltaico a terra
 Localita': Loc. Doria, Spinetta Marengo AL

09/11/2022

Scala 1:40



PROVA P3

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 09/11/2022

Profondita' prova 2,60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

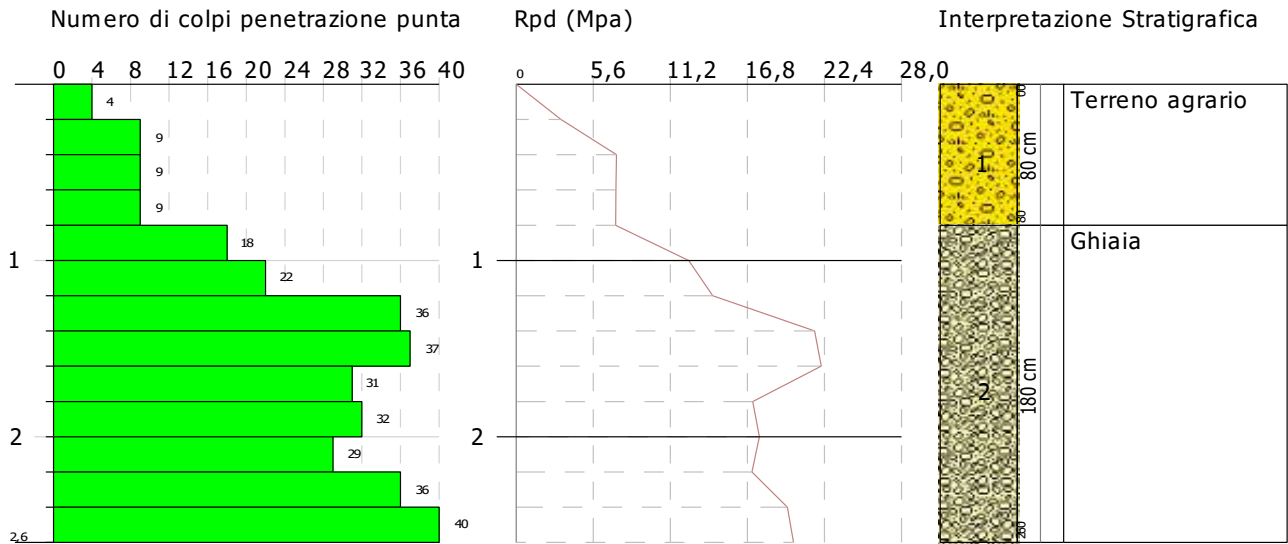
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	4	0,855	3,26	3,81	162,89	190,60
0,40	9	0,851	7,30	8,58	364,85	428,85
0,60	9	0,847	7,26	8,58	363,24	428,85
0,80	9	0,843	7,23	8,58	361,66	428,85
1,00	18	0,790	12,53	15,87	626,63	793,44
1,20	22	0,736	14,28	19,40	714,00	969,76
1,40	36	0,683	21,67	31,74	1083,63	1586,89
1,60	37	0,680	22,17	32,62	1108,33	1630,97
1,80	31	0,676	18,48	27,33	924,19	1366,49
2,00	32	0,673	17,67	26,25	883,39	1312,26
2,20	29	0,720	17,13	23,78	856,40	1189,24
2,40	36	0,667	19,70	29,53	984,90	1476,30
2,60	40	0,614	20,15	32,81	1007,56	1640,33

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: GEDIS Srl
 Descrizione: Realizzazione impianto fotovoltaico a terra
 Localita': Loc. Doria, Spinetta Marengo AL

09/11/2022

Scala 1:40



ALLEGATO n. 2

**PROVA DI SISMICA PASSIVA
A STAZIONE SINGOLA H/V**

GEDIS Srl
Comune di Alessandria, fraz. di Spinetta Marengo, Loc. Doria
Realizzazione impianto fotovoltaico

ANALISI DI MICROTREMORE AMBIENTALE A FINI STRATIGRAFICI

Prova H/V S1 – in prossimità della Prova penetrometrica P1

Strumento: TRZ-0130/01-10
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 09/11/2022 10:18:53 Fine registrazione: 09/11/2022 10:34:53
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dati GPS: Latitudine: 44°,9133 Long: 8°,7374 Quota (slm): 97,30 m
Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 20%

FIG. 1 - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

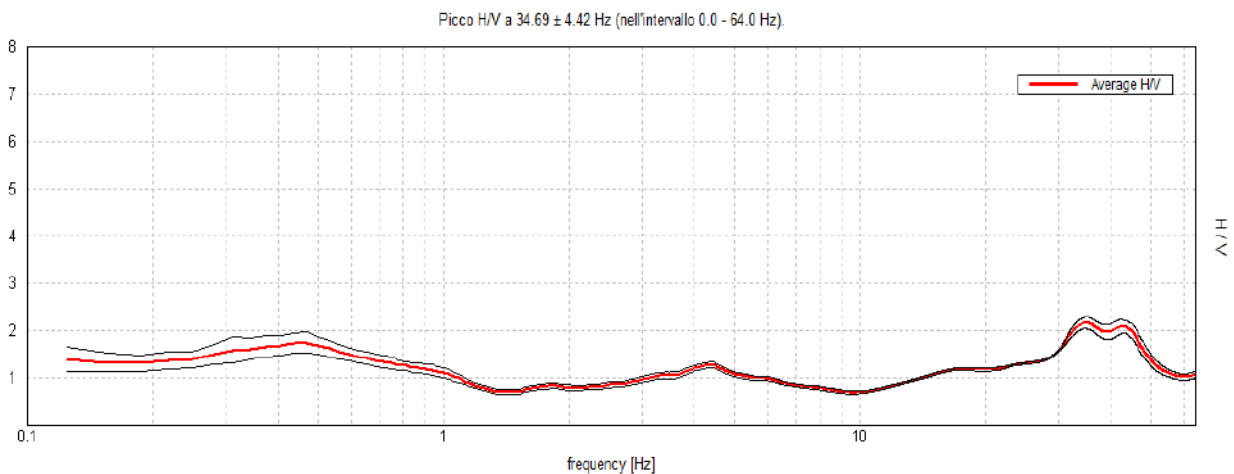


FIG. 2 - SERIE TEMPORALE H/V

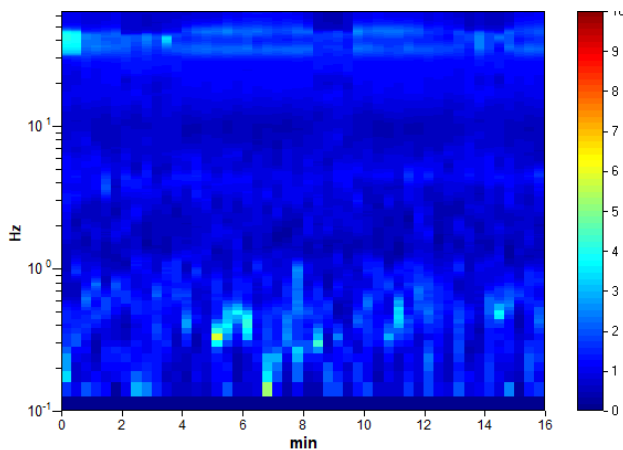
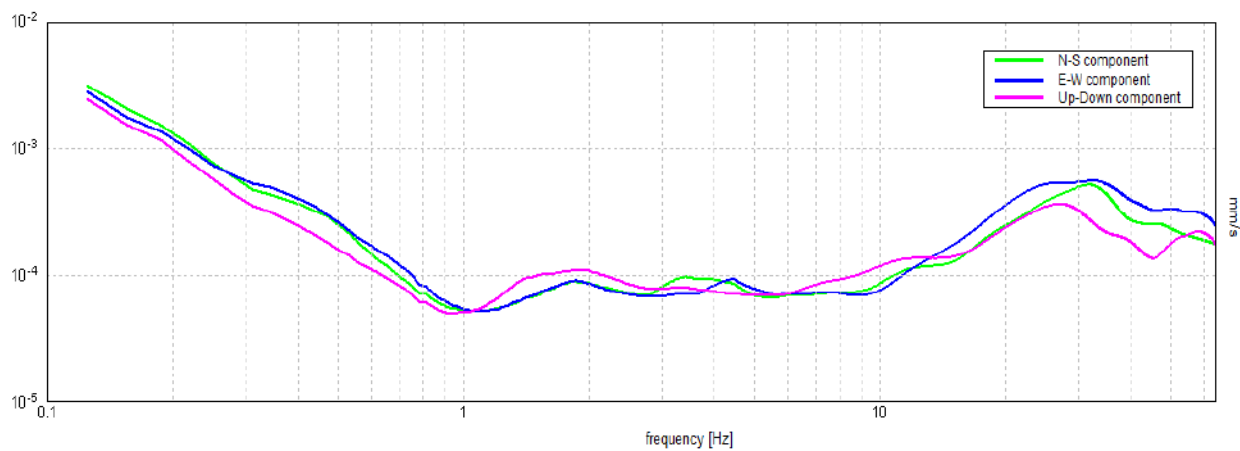
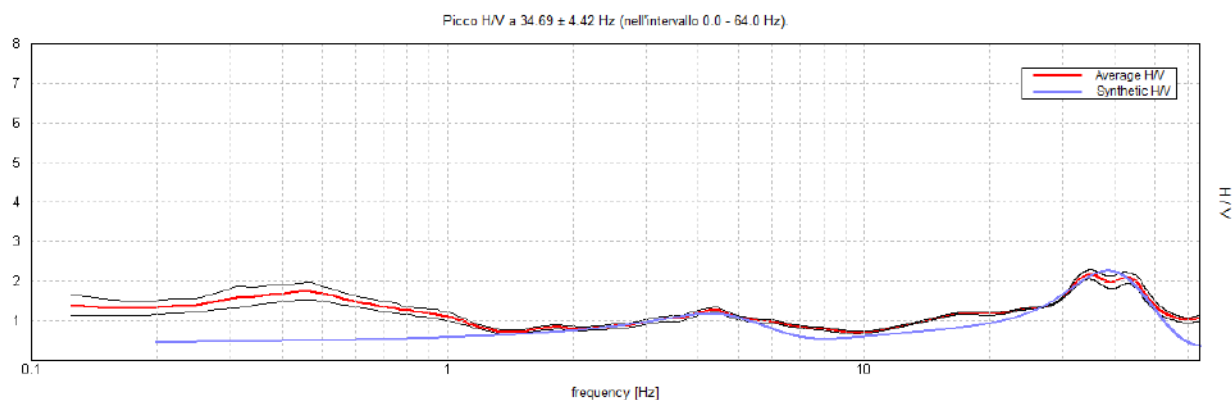


FIG. 3 - SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICO-SISMICA E STIMA PARAMETRO Vs30

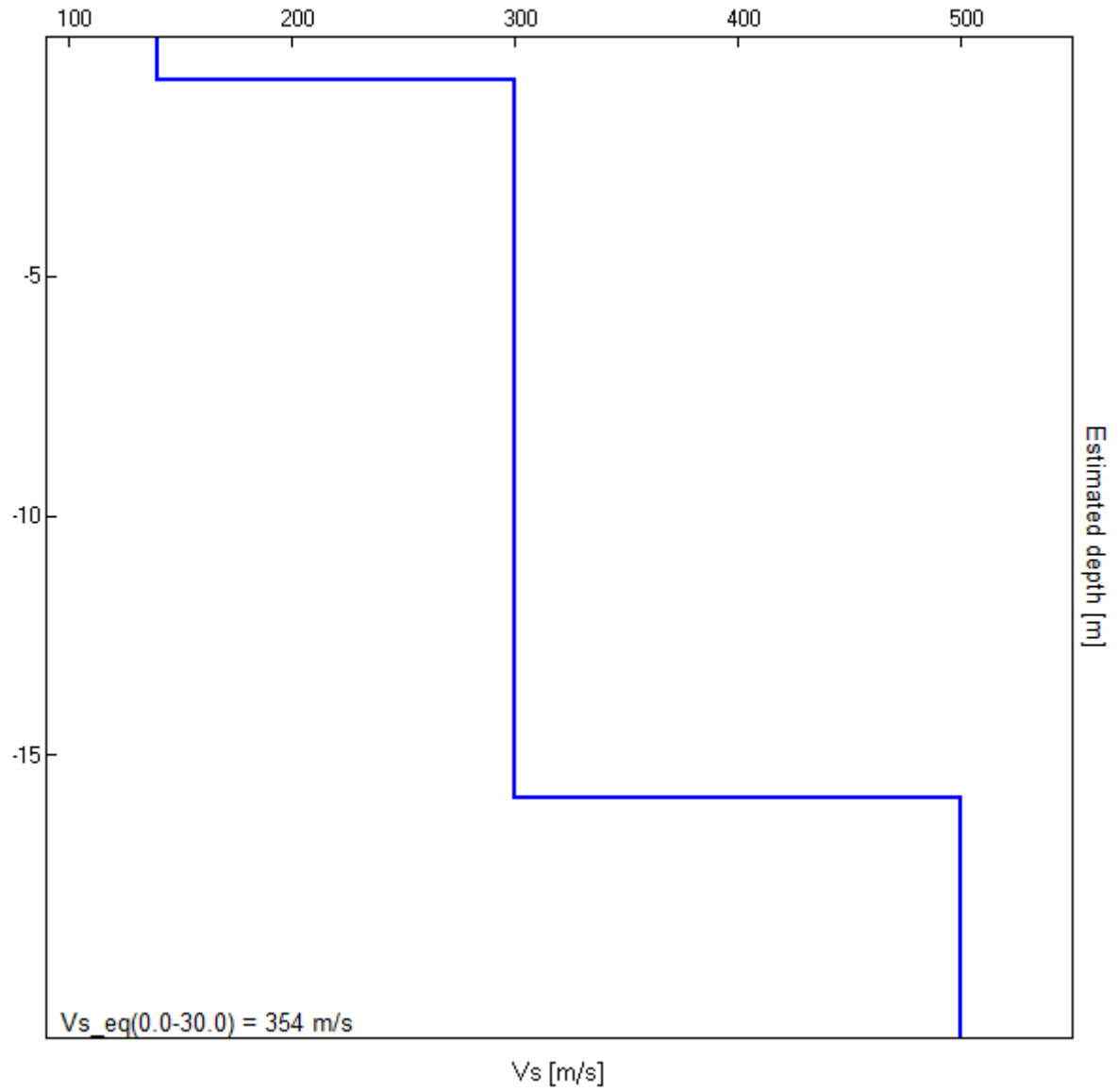
FIG. 4 - H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità kN/mc
Terreno agrario	0.90	0.90	140	0.35	18
Ghiaie e sabbie	15.90	15.00	300	0.35	20
Ghiaie?	-	-	500	0.35	21

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 354 \text{ m/s}$$

FIG. 5 - MODELLO STRATIGRAFICO-SISMICO



[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 34.69 ± 4.42 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$34.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$33300.0 > 200$	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 1494	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.031 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	55.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.17 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02734 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.41712 < 1.73438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1178 < 1.58$	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

TAVOLE GRAFICHE

- Planimetria indagini
- Documentazione fotografica

Scala 1:4.000

PLANIMETRIA INDAGINI - Scala 1:4.000



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n.1: Prova penetrometrica DPSH - P1



Foto n.2: Prova di sismica passiva H/V - S1, in prossimità della prova penetrometrica P1



Foto n.3: Prova penetrometrica dinamica DPSH - P2



Foto n.4: Prova penetrometrica DPSH - P3