



REGIONE PIEMONTE



COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO



COMUNE DI BOSCO MARENGO



PROVINCIA DI ALESSANDRIA

Oggetto:

**Impianto “Agrovoltaico Cascina Luna”  
con potenza di picco pari a 30,88 MWp – sistema di accumulo integrato da 15 MW  
Comune di Pozzolo Formigaro (AL)**

Committente:

**LUNA SOLAR s.r.l.**  
via sant’Orsola n°3  
20123 Milano



Progettazione:

**SF ARCHITETTI STUDIO FERRERA ARCHITETTI**

Corso Aurelio Saffi n° 15/1A - Genova  
www.studioferrera.com

info@studioferrera.com  
stefano.ferrera@archiworldpec.it

Arch. Stefano Ferrera

Arch. Strada - Arch. Bianconcini - Arch. Profumo - Arch. Riola - Arch. Costagiu – Arch. Minuto – Arch. Spalla

Progettisti Esterni:

Ing. Federico Micheli – Progettazione e coordinamento  
Dott. Delio Barbieri – Agronomia, botanica, faunistica  
Ing. Michele Pigiariu – Progettazione Elettrica  
CERVI E ASSOCIATI S.R.L. – Acustica  
Ing. Alberto Laudadio – Intervisibilità  
Ing. Massimiliano Poggini – Calcoli Strutturali  
Dott.ssa Valentina Brodasca – Archeologia  
Dott. Geol. Luca Sivori – Geologia



NOME ELABORATO:

**Relazione Geologica**

REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO	TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE	DATA	REV	CODICE ELABORATO
LS	FM	SF	IMPIANTO AGROVOLTAICO	DEFINITIVO	GIUGNO 2024	0	CL-REL06

RESPONSABILE COORDINAMENTO PROGETTO:  
**ARCH. STEFANO FERRERA**



Firma e timbro

COMMITTENTE:

Firma e timbro

## SOMMARIO

<b>1.0. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.0. INQUADRAMENTO NORMATIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>3.0. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO</b> .....	<b>3</b>
<b>4.0. INDAGINI IN SITO</b> .....	<b>5</b>
4.1. indagini pregresse .....	5
4.2. indagini eseguite.....	7
4.2.1. prove penetrometriche dinamiche .....	8
4.2.2. indagine sismica .....	8
<b>5.0. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA MEDIA</b> .....	<b>11</b>
5.1. terreno superficiale mediamente addensato .....	12
5.2. terreno addensato .....	12
<b>6.0. CAVIDOTTO</b> .....	<b>12</b>
<b>7.0. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO</b> .....	<b>14</b>
7.1. pericolosità sismica di base .....	14
7.2. effetti di sito e definizione categoria di suolo.....	15
7.3. esclusione alla verifica alla liquefazione.....	17
<b>8.0. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO</b> .....	<b>18</b>
<b>9.0. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITA'</b> .....	<b>19</b>

### ALLEGATI

<b>Allegato n.1</b>	Corografia dell'area d'impianto (estratto C.T.R.)
<b>Allegato n.2</b>	Estratti PAI e PRGC area d'impianto
<b>Allegato n.3</b>	Estratti cartografia uso del suolo area d'impianto
<b>Allegato n.4</b>	Carta Geologica area d'impianto
<b>Allegato n.5</b>	Planimetria dell'area d'impianto
<b>Allegato n.6</b>	Sezione stratigrafica
<b>Allegato n.7</b>	Log penetrometrici
<b>Allegato n.8</b>	Indagine sismica
<b>Allegato n.9</b>	Parametri sismici

### ALLEGATI FUORI TESTO

A.F.01	– Inquadramento cartografico (estratti C.T.R.)
A.F.02	– Estratti Carta del suolo
A.F.03	– Carta geologica
A.F.04	– Carta della permeabilità del suolo

## 1.0. PREMESSA

Su incarico della committenza, sono state effettuate le indagini geologiche sui terreni interessati dal progetto di cui all'oggetto, che riguarda la realizzazione di un impianto agrovoltaiico nei terreni di pertinenza di Cascina Luna, prospicienti la Statale dei Giovi, nel Comune di Pozzolo Formigaro (AL).

L'intervento è individuabile nella C.T.R. Sez. n.177140, il cui stralcio è riportato nell'allegata corografia (**All.1**).

Nello specifico, il progetto prevede l'installazione di un parco fotovoltaico nella posizione indicata in planimetria (**All.4**), completo di cabina tecnica e posa di linee sotterranee di collegamento. Le strutture di supporto dei pannelli saranno in carpenteria metallica infissa nel terreno .

I movimenti terra necessari risultano pertanto modesti e limitati alla realizzazione delle opere di fondazione delle cabine e delle linee interrato, con altezza massima di sterro pari a 1.10 m riferita alle opere fondazionali delle cabine. Si rimanda alla relazione di calcolo per tutte le analisi relative al dimensionamento geotecnico delle opere a progetto, comprensive delle verifiche agli stati limite tra la resistenza del terreno e la combinazione delle azioni, sia in condizioni statiche sia in campo dinamico.

## 2.0. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare al testo unico D.M. Infrastrutture 17.01.2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" e Circolare 21.01.2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni". Gli studi sono stati finalizzati alla definizione delle condizioni geologiche e idrogeologiche del sito d'intervento, delle caratteristiche dei materiali ricedenti nel volume geotecnico significativo dei manufatti e delle problematiche attese in fase esecutiva.

L'area d'intervento non rientra nelle zone sottoposte al vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D. n. 3267/1923 e L.R. n. 45/89 e s.m.i.

Con riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), in particolare alla *Tavola di delimitazione delle aree in dissesto*, si è constatato che non sono riportate criticità per l'area di stretto intervento (**All.2**).

Per quanto riguarda la "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*" allegata alla Indagine Geologica per il progetto del PRGC del Comune di Pozzolo Formigaro (**All.2**), l'area d'interesse ricade nella classe I, ovvero "*Porzioni di territorio dove le condizioni di*

*pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche”.*

Non sono rilevati quindi a livello normativo elementi ostativi all'intervento in oggetto; gli interventi sono conformi dal punto di vista geologico al P.A.I.-Fiume Po e al Piano Regolatore Comunale.

### 3.0. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

In ottemperanza a quanto indicato dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, nei paragrafi successivi viene esposta la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, che consiste nella ricostruzione delle peculiarità litologiche, stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche, geomorfologiche e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, in accordo con quanto evidenziato negli elaborati tematici consultati a livello di bacino ed a scala comunale. Sono di seguito riassunte tutte le risultanze conseguenti.

L'area di interesse si è sviluppata sulla parte meridionale della pianura alessandrina ad una quota media di circa 142 m s.l.m.m.

In accordo con la cartografia di riferimento ISPRA Carta Geologica d'Italia *Fg. 70 Alessandria (All.4, A.F.03)*, l'area in esame insiste sui sedimenti appartenenti alle *Fluviale recente f<sup>3</sup>*, costituiti da *alluvioni ghiaiose sabbiose e argillose*. Essi presentano una potenza rilevante, compresa tra 40 m e 50 m, sovrastano i depositi fluvio-lacustri più antichi e le formazioni plioceniche. Essi sono derivanti dal trasporto solido del T. Scrivia che ha formato un ampio conoide alluvionale che si estende fino alla confluenza del F. Bormida e F. Tanaro ed è delimitato a W dal T. Orba e a E dallo stesso T. Scrivia. I depositi risultano essere caratterizzati da una alterazione superficiale comportando una colorazione da bruno-rossastra a giallo oca.

Dal punto di vista tettonico, l'area su cui insiste il conoide di Pozzolo Formigaro, ricade nella sinclinale con asse orientato E-W, delimitata a S dall'arco preappenninico, a NW dalla Collina di Alessandria e Valenza e a E-NE dallo sperone di Tortona. Il substrato presenta l'immersione verso NE con inclinazione di circa 15°-20°.

La conformazione morfologica è attinente a quella dei terrazzi fluviali che si sono impostati in sinistra idrografica al T. Scrivia, sui depositi di conoide. I terrazzi decrescono in altezza verso valle e risulta essere difficile delimitarli. L'area è generalmente sub-pianeggiante, con pendenze inferiori al 5%.

La cartografia relativa *Tavola di delimitazione delle aree in dissesto* contenuta nel *“Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI)”* l'area di stretto intervento, ricade al di fuori delle perimetrazioni di pericolosità geo-idrologica (**All.2**).



Dal punto di vista idrogeologico il complesso superficiale di riferimento è costituito dai depositi prevalentemente ghiaiosi con alternanze di livelli limoso-argillosi. Facendo riferimento alla cartografia connessa agli studi e alla campagna d'indagine svolta nel 2002 su tutto il territorio della Regione Piemonte, l'area su cui si estendono i terreni di Cascina Luna, è compresa tra le isopiezometriche 135 e 125 con la soggiacenza della falda ad una profondità compresa tra 10.0 e 20.0 m dal p.c.. Durante la fase d'indagine è stata misurata la profondità della falda nel pozzo presente all'interno della proprietà, alla profondità di 11.75 m, in linea con la soggiacenza media.



Fig. 1. Misura freaticometrica nel pozzo di proprietà

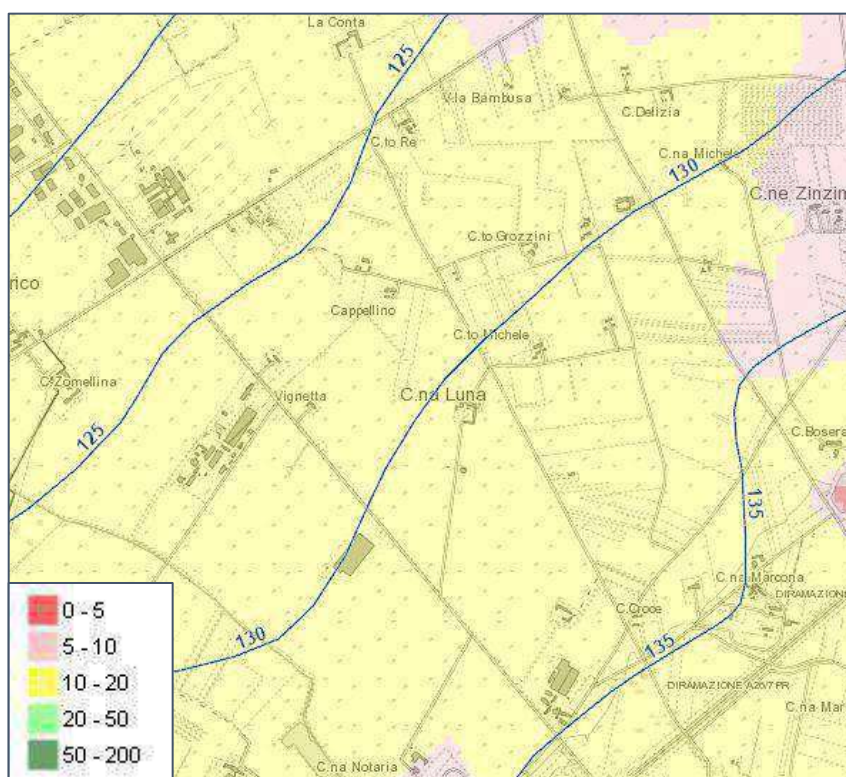


Fig. 2. Carta idrogeologica della Regione Piemonte, soggiacenza media compresa tra 10 m e 20 m

Dall'analisi di prove di permeabilità in sito eseguite nell'area limitrofa sono stati ottenuti valori del coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $10^{-4}$  e  $10^{-3}$  cm/s, dato coerente quanto riportato nella Carta della permeabilità prevalente di Regione Piemonte (**A.F.04**).

Le misure ottenute sono descritte nel paragrafo successivo.

Dal punto di vista dell'uso del suolo, l'area subpianeggiante ha permesso la coltivazione di colture erbacee da pieno campo quali, in particolar modo, cereali autunno-vernini, oleaginose (colza, girasole), prati permanenti o da vicenda e, più raramente, mais.

I processi pedogenetici che hanno agito sui depositi fluviali del T. Scrivia, hanno portato alla formazione di suoli evoluti denominati Alfisuoli (**AII.3, A.F.02**). Sono suoli caratterizzati da un abbondante scheletro e una tessitura franco-limoso. Superficialmente il suolo ha un'alterazione da molto bassa a molto alta, con livelli a elevata ferrettizzazione, caratterizzati da una colorazione rossastra.

Per la definizione della capacità d'uso dei suoli si è fatto riferimento alla cartografia specialistica edita da I.P.L.A. per i suoli del Piemonte che si basa sulla *Land Capability Classification* del Soil Conservation Service, Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti –1961. Sono state definite **VIII classi** di capacità d'uso in funzione della zona geografica, geomorfologia, caratteristiche pedologiche, attitudini agricole e forestali. L'area di impianto ricade nella classe 3, sottoclasse s1 (**AII.3, A.F.02**) "Suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta e la produzione delle colture agrarie - Limitazione di suolo: profondità utile per le radici delle piante"; l'approfondimento radicale è limitato proprio dalle caratteristiche granulometriche del suolo, caratterizzato da un'abbondante frazione ghiaiosa.



Fig.3. Suolo al piano campagna; da notare il colore rossastro e l'abbondanza di clasti

## 4.0. INDAGINI IN SITO

### 4.1. indagini pregresse

Facendo riferimento alla Banca dati delle indagini geognostiche di ARPA Piemonte si riportano i risultati derivanti dal sondaggio a carotaggio continuo identificato dal codice XA301A013 eseguito nel 2001 nell'area centrale del comparto di riferimento, a sostegno della progettazione ed esecuzioni dei lavori riguardanti la linea Alta Velocità/Alta Capacità Milano-Genova.

Di seguito viene riportata la stratigrafia semplificata.

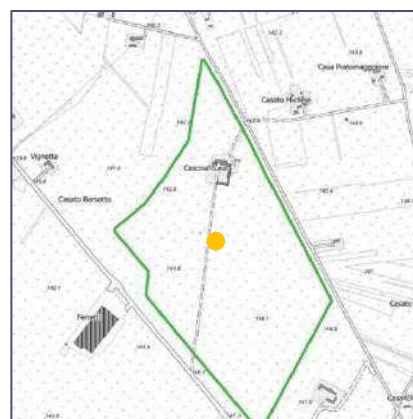


Fig.4. Ubicazione del sondaggio XA301A013 (in arancione) rispetto l'area d'impianto (in verde)

Profondità (m)	Descrizione
0.30	terreno vegetale
0.65	limo sabbioso molto consistente
6.50	ghiaia con sabbia in matrice limo sabbiosa da molto addensata a addensata
15.20	ghiaia poligenica in discreta matrice limo sabbiosa e limosa da addensata a molto addensata
15.90	limo debolmente sabbioso mediamente consistente
19.75	ghiaia poligenica in discreta matrice limo sabbiosa e limosa molto addensata
21.55	ghiaia poligenica in matrice limo sabbiosa e limo argillosa da addensata a molto addensata
21.65	sabbia grossolana
30.95	ghiaia poligenica in matrice limo sabbiosa e limo argillosa da addensata a molto addensata
31.40	limo sabbioso consistente
40.00	ghiaia poligenica in matrice limosa e limo argillosa

Tab.1. Stratigrafia semplificata del sondaggio XA301A013

Durante la perforazione sono state eseguite prove geotecniche in sito con strumentazione standard denominate S.P.T. (Standard Penetration Test) Di seguito si riportano i singoli valori rilevati:

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
104492	3.00	22	33	28	61
104492	6.00	15	18	21	39
104492	9.00	12	19	22	41
104492	12.00	22	27	-999	-999
104492	14.50	25	39	33	72
104492	18.00	28	31	25	56
104492	21.00	15	14	18	32
104492	24.00	23	27	30	57
104492	27.00	27	37	42	79
104492	30.00	-999	0	0	-999

**NOTA:** il valore -999 indica un rifiuto.

Tab.2. Risultati prove SPT

I terreni attraversati presentano valori di  $N_{SPT}$  alti anche nei livelli più superficiali, dove l'azione della pressione litostatica è meno influente. Ciò è dovuto da un alto grado di addensamento del terreno e dalla presenza di ciottoli di dimensioni pluricentriche.

Tali valori possono essere rielaborati attraverso le correlazioni empiriche più comuni tra  $N_{SPT}$ , densità relativa e angolo di resistenza al taglio dei terreni granulari sono impostate con i valori della resistenza penetrometrica in termini di  $N_{1,60}$ , valore normalizzato ad una pressione geostatica verticale di 1 bar tramite l'applicazione del coefficiente CN (Liao e Withman; 1986) e l'applicazione di diverse correzioni:



$$N_{1,60} = N_{SPT} \cdot C_E \cdot C_N \cdot C_R \cdot C_B \cdot C_S$$

$$C_N = (\text{Pa/s}'_v)^{1/2} \text{ (Liao e Withman 1986)}$$

$C_N$ : Coefficiente normalizzazione tensione litostatica

$C_E$ : Correzione rapporto energia

$C_R$ : Correzione lunghezza aste

$C_B$ : Correzione diametro foro

$C_S$ : Correzione metodo di campionamento

$E_R$ : Rendimento del sistema di battuta secondo la norma *ASTM D-4633-86*

La correlazione utilizzata per definire la Densità relativa  $D_r$  è quella proposta da Skempton (1986), mentre per l'angolo d'attrito interno efficace  $\Phi'$  è stata utilizzata la formulazione di Meyerhof (1965). Per quanto riguarda la stima del modulo elastico  $E$  è stata utilizzata la formula di Schmertmann (1970 – 1978).

Nella tabella seguente sono riportati i valori di  $N_{SPT}$  ottenuti durante la campagna geognostica, i corrispondenti termini normalizzati in funzione della litostatica e del sistema di sganciamento e i valori derivanti dalle correlazioni, in sintesi:

$N_{spt}$	$N_{1,60}$	$D_r$ (%)	$\Phi'$ (°)	$E$ (MPa)
61	75	111.80	32.70	60
39	36	77.46	36.44	28.8
41	38	79.58	36.70	30.4
72	52	93.09	37.12	41.6
56	37	78.53	36.58	29.6
32	20	57.74	32.70	16
57	34	75.28	36.14	27.2
79	46	87.56	37.22	36.8

Tab.3. Risultati dalle correlazioni

Per verificare il grado di permeabilità dei terreni, sono state approntate delle prove di permeabilità in foro LeFranc, i quali risultati mostrano coefficienti di permeabilità medio bassa.

Codice Perforazione	Profondità (m)	Unità Lugeon (UL)	Permeabilità (cm/s)	Tipologia di prova
104492	11.00	0.00000	0.0018200000	LEFRANC
104492	20.00	0.00000	0.0000500000	LEFRANC
104492	30.00	0.00000	0.0000000000	LEFRANC

Tab.4. Risultati dalle prove di permeabilità in foro (prova LeFranc)

#### 4.2. indagini eseguite

Al fine di una verifica dell'assetto stratigrafico e sismico dell'area di intervento, è stata condotta una campagna di indagini sull'area interessata dal progetto; in

particolare sono state effettuate: n. 10 prove penetrometriche dinamiche, denominate PP<sub>1-10</sub> mediante strumentazione medio-leggera tipo “Emilia”, seguendo le indicazioni sulle metodologie e standard di lavoro per le prove geotecniche in sito (Cestari, 1990); n.2 indagini di sismica passiva HVSR tramite strumento Tromino® (Moho S.r.l.), denominate Tr<sub>1</sub> e Tr<sub>2</sub>; n.1 stesa sismica tipo MASW.

L'ubicazione delle indagini è indicata in planimetria (**All.5**).

#### 4.2.1. prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche PP<sub>1-10</sub> hanno consentito l'infissione della batteria fino a profondità comprese tra 2.70 e 3.50 m da p.c. Il rifiuto strumentale delle prove è ascrivibile all'orizzonte francamente ghiaioso presente al di sotto dell'orizzonte superficiale che presenta per altro un grado di addensamento medio-elevato.

Il dettaglio dei log penetrometrici è riportato in **All.7**.

L'orizzonte sciolto più superficiale è ascrivibile alla copertura alluvionale rimaneggiata dalle attività agricole; risulta essere da poco a mediamente addensato con valori generalmente  $1 < N_{10} < 20$ , di spessore compreso tra 1.50 m e 2.20 m; l'andamento a picchi contrapposti indica una buona presenza di ciottoli immersi in una matrice sabbioso-limosa. A maggiore profondità i valori  $N_{10}$  risultano essere maggiori di 20, fino ad arrivare al rifiuto strumentale, indicando la presenza di un terreno molto addensato prevalentemente ghiaioso.



Fig.5. Prova penetrometrica PP6



Fig.6. Prova penetrometrica PP3

#### 4.2.2. indagine sismica

##### MISURE DI MICROTREMORE AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento Tromino (Moho S.r.l.), è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali, orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V e senza cavi esterni.

Il rumore sismico ambientale è stato acquisito ad una frequenza di campionamento di 128 Hz, amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti e registrato per 16 minuti. Lo strumento è stato posizionato sul terreno di fascia.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve H/V, ottenute col software Grilla in dotazione al tomografo Tromino®, con parametri:
- larghezza delle finestre d'analisi 20 sec;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione manuale dei transienti sulla serie temporale degli H/V.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

La ricerca dei picchi da interpretare è stata effettuata, congiuntamente, nel grafico H/V ed in quello degli spettri delle singole componenti. In particolare, i picchi H/V di origine stratigrafica sono quelli generati da un minimo nella componente verticale del moto, che significa minimo delle onde di Rayleigh alla frequenza di risonanza.

Le curve H/V sono state quindi invertite per ottenere il modello di sottosuolo (profilo di  $V_s$  medie) il cui corrispondente H/V teorico meglio approssima la curva H/V sperimentale. Tale modello è ottenuto dal fit vincolato della curva H/V secondo le procedure descritte in Castellaro e Mulargia (2009).

Dal profilo di  $V_s$  è stato ricavato il valore del parametro  $V_{seq}$ , valore che porta con sé un'incertezza stimata tipica dell'ordine del 20%.

Di seguito l'interpretazione della prova, mentre il dettaglio è riportato in allegato (**AII.8**).

**Tr<sub>1</sub>** – Sulla curva H/V considerate le caratteristiche stratigrafiche, non sono presenti picchi di ampiezza elevata e la modellizzazione del sottosuolo propone il passaggio da terreni da poco a mediamente addensati ( $V_s=270$  m/s) e gli orizzonti profondi maggiormente consistenti ( $V_s$  da 450 a 650 m/s). L'inversione vincolata della curva H/V indica il contatto tra i terreni a diversa consistenza ad una profondità di circa 1.50 m da p.c. La  $V_{seq}$  ricavata dalla prova è pari a 503 m/s.



Fig.7. Prova HVSR Tr<sub>1</sub>

**Tr<sub>2</sub>** - Sulla curva H/V considerate le caratteristiche stratigrafiche, non sono presenti picchi di ampiezza elevata e la modellizzazione del sottosuolo propone il passaggio da terreni da poco a mediamente addensati ( $V_s=270$  m/s) e gli orizzonti profondi maggiormente consistenti ( $V_s$  da 410 a 610 m/s). L'inversione vincolata della curva H/V indica il contatto tra i terreni a diversa consistenza ad una profondità di circa 1.20 m da p.c. La  $V_{seq}$  ricavata dalla prova è pari a 503 m/s.



Fig.8. Prova HVSR Tr<sub>2</sub>

#### STESA SISMICA MASW

È stata svolta n.1 prospezione di tipo MASW (M1) posizionata lungo la via d'accesso alla cascina, con spaziatura di 2 metri per una lunghezza della linea sismica di 22 m. Le energizzazioni sono state eseguite a 2 m e 3 m dal primo geofono.

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente di ricavare la velocità delle onde di taglio verticali ( $V_s$ ) dall'analisi delle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh).

La porzione che predomina nelle onde superficiali è infatti costituita dalle onde di Rayleigh, la cui velocità è correlata alla rigidità e ai parametri elastici dei suoli attraversati.



Fig.9. Stesa sismica MASW M1

È importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive: le alte frequenze (lunghezze d'onda corte) si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi.

Pertanto Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi.

Disposti i geofoni sul terreno ed energizzato il terreno, viene registrato l'accelerogramma che descrive come i treni d'onda attraversano il terreno con tempi di arrivo, frequenze e relative ampiezze caratteristiche.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza.

La procedura elaborativa, che prevede l'utilizzo di software dedicato (*Wave eq*) è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti:

- Acquisizione dei dati e trasformazione in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione (Encoding Field Geometry)
- Generazione dell'immagine di dispersione (Analysis Dispersion Overtone)
- Estrazione della curva di dispersione (Curve extraction)
- Inversione (Analysis inversion)
- Estrazione del profilo delle velocità in onde S (S-Velocity Vs Profile)

In generale i sistemi di elaborazione dati prevedono una prima azione in cui si esegue il calcolo delle velocità di fase apparente sperimentale (curva di dispersione).

Al termine della prima parte si passa al calcolo della velocità di fase apparente numerica corrispondente al modello di suolo assegnato attraverso una procedura manuale o automatica. Infine si estrapola il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

In allegato oltre all'ubicazione dello stendimento (**AII.5**), utile alla ricostruzione del profilo di velocità in onde S è fornita la curva di dispersione relativa (**AII.8**). Gli andamenti delle velocità di taglio Vs alle varie profondità investigate sono illustrati nell'apposito grafico.

L'indagine mostra nella porzione superficiale Vs comprese tra 138 e 265 m/s entro 2.50 m da p.c.; con l'aumentare della profondità le velocità, gradualmente si alzano fino a circa 625 m/s, alla profondità di 16.00 m, dove poi si registra il passaggio con il bedrock sismico con Vs pari a circa 1100 m/s.

La  $V_{s,eq}$  ottenuta è pari a 379 m/s.

## 5.0. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA MEDIA

Sulla base del rilevamento geologico di campagna, delle indagini in sito condotte come appena esposto, dall'abbondante letteratura tecnica legata alla ricerca di idrocarburi e da indagini eseguite nell'intorno, si può descrivere il seguente profilo stratigrafico medio.

L'assetto stratigrafico del sito d'intervento, rispetto al piano campagna naturale prevede la presenza di una potente copertura superficiale legata ai depositi alluvionali, che superficialmente prevedono un'alternanza di strati



prevalentemente ghiaiosi con livelli sabbiosi - limosi e/o limoso-argillosi. Tutti gli elementi emersi nel corso delle indagini hanno permesso l'elaborazione della sezione stratigrafica (**AII.6**), sulla base della sezione fornita dal Progettista.

Sono di seguito attribuiti i parametri geotecnici, desunti dalle prove eseguite e consultate nell'intorno e dal confronto con prove di laboratorio condotte su terreni simili.

### 5.1. terreno superficiale mediamente addensato

In superficie è presente uno strato di terreno mediamente addensato con uno spessore medio compreso tra 2.00 e 3.00 m. È costituito da termini prevalentemente ghiaio-sabbiosi con frazione fine variabile, rimaneggiati dalle attività agricole. Utilizzando la nomenclatura USCS si può classificare come "GP = ghiaie poco assortite", "SP = sabbie poco assortite".

A questi materiali possono essere attribuiti i seguenti parametri medi:

- *angolo d'attrito interno efficace*  $\phi' = 30^\circ\text{-}32^\circ$
- *coesione efficace*  $c' = 2\text{-}4 \text{ kPa}$
- *peso di volume naturale*  $\gamma = 18.5 \text{ KN/m}^3$

### 5.2. terreno addensato

È presente in continuità sul comparto con potenza stratigrafica rilevante, fino al raggiungimento del livello pliocenico, ad una profondità stimata superiore ai 40 m. È costituito da termini prevalentemente ghiaiosi addensati. Utilizzando la nomenclatura USCS si può classificare come "GP = ghiaie poco assortite", "GM = ghiaie con fine a bassa plasticità".

A questi materiali possono essere attribuiti i seguenti parametri medi:

- *angolo d'attrito interno efficace*  $\phi' = 35^\circ\text{-}37^\circ$
- *coesione efficace*  $c' = 2\text{-}4 \text{ kPa}$
- *peso di volume naturale*  $\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$

## 6.0. CAVIDOTTO

L'impianto agrovoltaiico sarà allacciato alla rete di distribuzione nazionale, attraverso un cavidotto che collegherà la cabina MT di trasformazione con una stazione elettrica di nuova realizzazione, posta nel territorio del Comune di Bosco Marengo (AL). Lo sviluppo lineare del cavidotto rispetto l'area d'impianto e la stazione elettrica è riportata in **A.F.01**.

Dal punto di vista del modello geologico, l'elettrodotto attraversa i terreni alluvionali, dapprima quelli afferenti al *Fluviale recente*  $f^3$  costituiti da alluvioni prevalentemente ghiaiose, e poi quelli relativi al *Fluviale medio*  $f^2$ , caratterizzati da sedimenti sabbioso-argillosi (**A.F.03**)

Dal punto di vista della pericolosità geomorfologica, si fa riferimento alla *Tavola di delimitazione delle aree in dissesto del Piano d'Assetto Idrogeologico – Fiume Po*.

Il cavidotto comporta l'attraversamento di un corso d'acqua denominato Rio Lovassina, che da cartografia ricade nella classificazione EeL, ovvero *Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata*. Facendo riferimento alla *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* dei PRGC dei Comuni di Pozzolo Formigaro e di Bosco Marengo, il cavidotto attraversa in un primo momento l'area classificata in Classe I "*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche*" e successivamente in Classe II "*Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate a livello locale*". In entrambe le classi non sono previste limitazioni negli interventi possibili.

Secondo le Norme d'Attuazione del *Piano d'Assetto Idrogeologico – Fiume Po* in queste aree sono consentite *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti.*

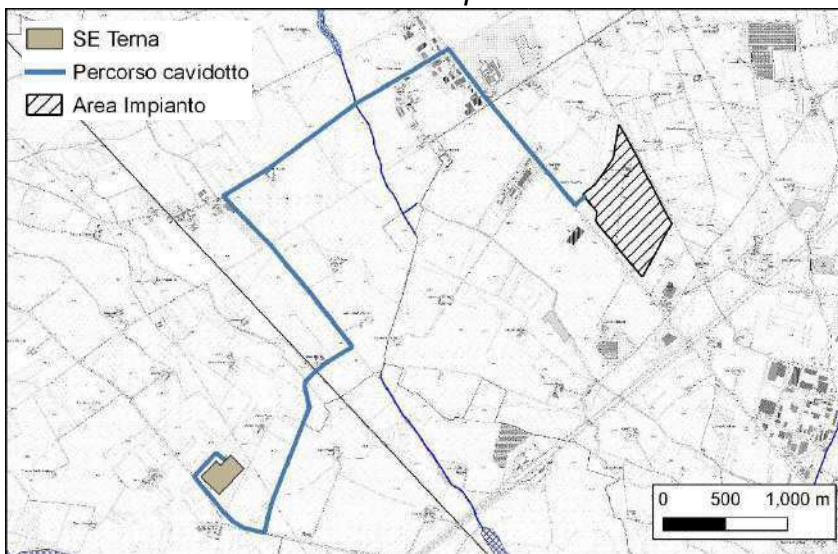


Fig.10. PAI AdPO – Carte delle delimitazione delle aree in dissesto

EeL, Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata



Fig.11. PRGC Comuni di Bosco Marengo e Pozzolo Formigaro

CLASSE I  
CLASSE II

## 7.0. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO

### 7.1. pericolosità sismica di base

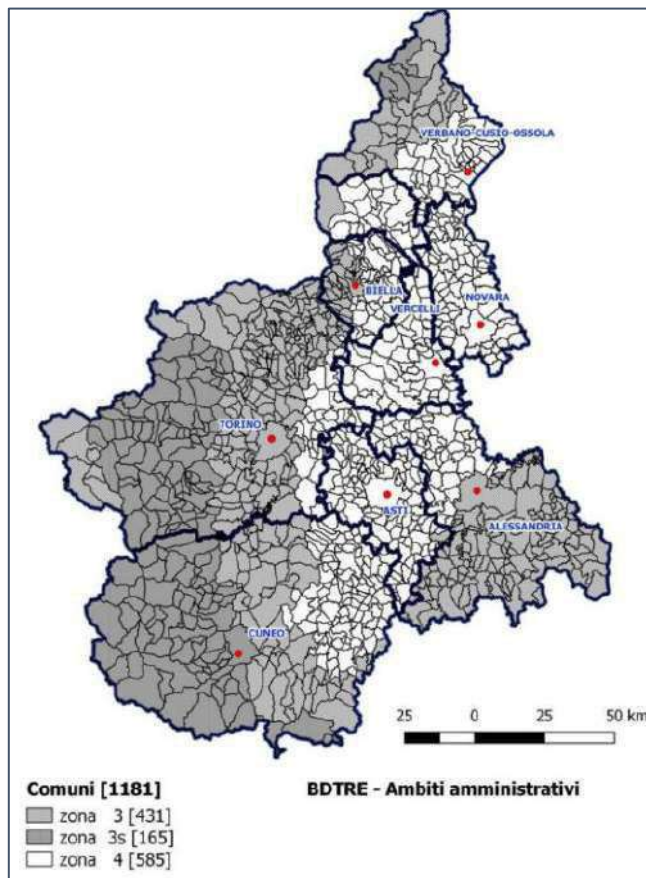


Fig.12. Zonazione sismica Regione Piemonte

La “pericolosità sismica di base”, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i fabbricati produttivi.

Per quel che concerne la Normativa inerente la “classificazione sismica del territorio” (D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019) è risultato che l’area di interesse, sita nel Comune di Pozzolo Formigaro rientra in **ZONA 3** alla quale è associato un valore di riferimento di  $a_g$  (accelerazione orizzontale di picco al suolo con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni)  $0,05 \leq a_g < 0,125g$ .

L’attuale classificazione sismica è stata definita dall’Università di Genova - Dipartimento di Scienze della Terra dell’Ambiente e della Vita (DISTAV). Lo studio è stato condotto utilizzando la griglia di nodi di riferimento nazionale.

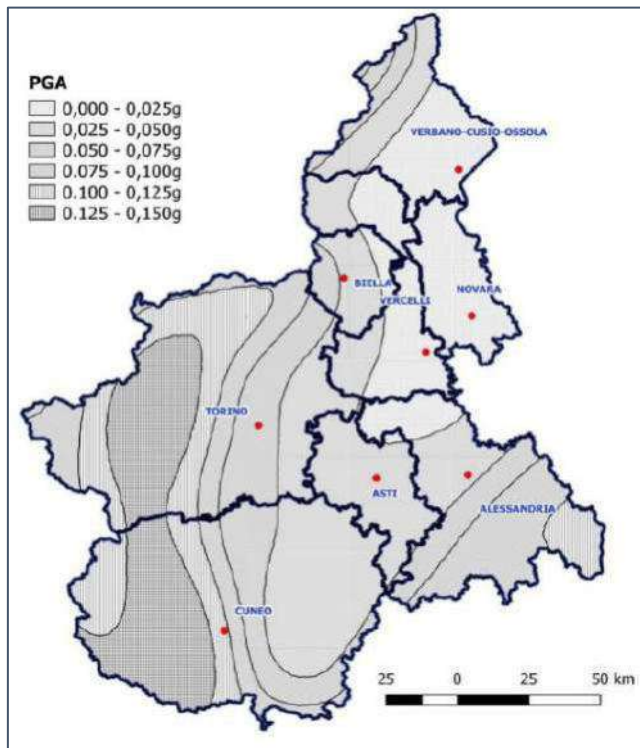


Fig. 13. Distribuzione delle accelerazioni di picco del terreno (PGA) nel territorio piemontese, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Secondo quanto contenuto dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, a livello progettuale risulta necessario controllare il grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che si possono verificare nel sito in oggetto e valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, attraverso la definizione dell'entità e delle caratteristiche dell'azione sismica.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini della presente normativa, le

forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri:  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno;  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T^*c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri sismici dipendono in particolare dalle coordinate geografiche del sito, pertanto, al fine di ricavare i valori dei parametri a partire dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno (**Fig. 9**), sono di seguito riportate le coordinate geografiche medie dell'area d'intervento (Ultrasoft 3D, 2009): Lat. 44.821521 N, Long. 8.759276 E

## 7.2. effetti di sito e definizione categoria di suolo

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S dal piano di posa fondazionale ( $V_{s,eq}$ ) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

Utilizzando le velocità ottenute durante le indagini eseguite è stato possibile definire la categoria del sottosuolo attraverso il calcolo del parametro  $V_{s,eq}$ , come definito dal D.M. Infrastrutture 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche

per le costruzioni". Rispetto alle normative precedenti, sono state ridefinite le categorie di sottosuolo dell'approccio semplificato escludendo le categorie S1 e S2.

Il parametro  $V_{s,eq}$  deriva dalla seguente espressione:

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

Dove:

$h_i$  = spessore dello stato i-esimo

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

Quindi la "velocità equivalente" riguarda esclusivamente gli orizzonti di terreno soprastanti il bedrock rigido con  $V_s > 800$  m/s e coincide con il "vecchio" parametro  $V_{s30}$  solo in caso di presenza di depositi di potenza superiore a 30 m oppure se la  $V_{s,max}$  è inferiore a 800 m/s.

Sviluppando l'equazione sulla base delle sole velocità misurate, utilizzando l'assetto stratigrafico accertato, tramite le indagini precedentemente descritte, viene di seguito riportato il parametro  $V_{s,eq}$  per ogni indagine sismica effettuata:

- $V_{s,eq} Tr_1 = 503$  m/s
- $V_{s,eq} Tr_2 = 503$  m/s
- $V_{s,eq} M_1 = 379$  m/s

con riferimento al profilo stratigrafico proposto nel presente documento e dalle indagini di sismica passiva e attiva eseguite, si può ritenere valida una categoria di sottosuolo di tipo B che comprende *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.*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia del sito di edificazione è stata associata alla categoria T1 (aree pianeggianti).

I parametri necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni sismiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo e riassunti nella **Fig.9**, imponendo, in assenza di specificazioni da parte del Progettista, una vita



nominale dell'opera di 50 anni (opere ordinarie) ed una classe II (affollamento normale).

### 7.3. esclusione alla verifica alla liquefazione

Per liquefazione s'intende un processo d'incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo (sabbia, ghiaia, limo non plastico), la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide.

Una volta che un terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità. 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 d'interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Le NTC ed. 2018 richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Si definisce pertanto liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante un sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli. Ciò può avvenire nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero.

Di seguito si riportano le condizioni di **esclusione** dalla verifica di liquefazione così come indicate sulle NTC '18, ovvero quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura a lato nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

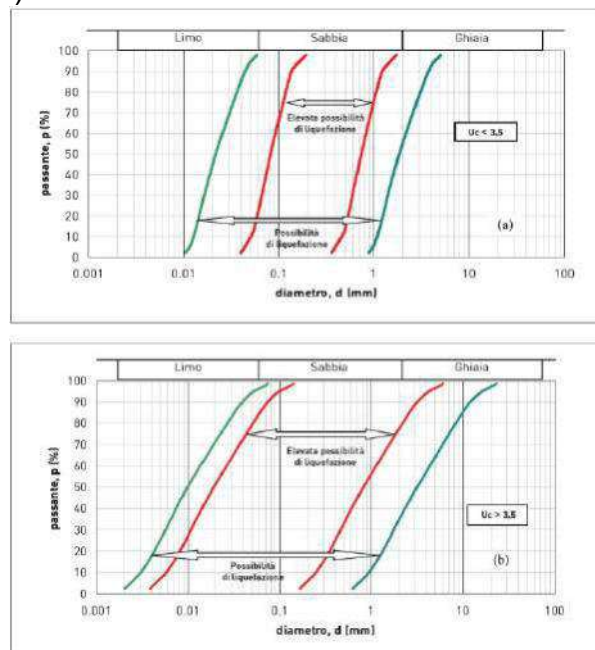


Fig. 14. Fasce granulometriche per la valutazione della suscettività alla liquefazione secondo i due coefficienti di uniformità di riferimento D.M. 17.01.2018

Nel caso in oggetto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (SLV) sono pari  $a_g = 0,069$  g quindi  $< 0,1$  g. La coltre è costituita principalmente da ghiaia con sabbia. Il valore medio di  $(N_1)_{60}$  è stimato tra 40 e 43.

Essendo verificate almeno due delle quattro condizioni di esclusione, **NON** si rientra nella categoria dei terreni suscettibili di fenomeni di liquefazione.

## 8.0. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Relativamente alla gestione dei materiali connessi ai movimenti terra, è previsto il riutilizzo dei materiali per i reinterri. Facendo riferimento al D.P.R. 13.06.2017 n. 120, si ricorda che è obbligo del Proponente effettuare indagini e analisi atte a integrare i dati disponibili e a supportare le valutazioni in ordine alla sussistenza dei requisiti di non contaminazione delle terre movimentate, in modo da poterne consentire il loro riutilizzo in cantiere.

Nel caso in cui si intendesse riutilizzare il materiale di scavo in un altro sito, occorre predisporre una comunicazione ad ARPA Piemonte secondo le modalità indicate nel D.P.R. n. 120/2017, mentre in alternativa il materiale di risulta dovrà essere trattato come rifiuto e conferito in idoneo sito di recupero o smaltimento.

## 9.0. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ

Sulla base di quanto emerso nel corso delle indagini, la porzione di territorio in esame può ritenersi idonea sotto il profilo geologico ed idrogeologico ad ospitare l'opera a progetto.

Le strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici, avranno come parte integrante delle fondazioni profonde, di lunghezza tale da raggiungere il terreno maggiormente addensato; durante la successiva fase esecutiva si consiglia l'esecuzione di prove sugli elementi infissi nel terreno tipo trazione, sfilamento e di carico.

L'intervento a progetto, non altera quindi l'assetto geomorfologico dei luoghi e non comporta interferenza con i manufatti limitrofi:

Tenendo conto della ricostruzione dei caratteri di pericolosità geologica del territorio, analizzati nel presente elaborato tecnico, si esprime quindi un giudizio positivo in merito alla compatibilità geologica degli interventi a progetto in relazione agli strumenti di pianificazione del territorio vigenti a scala comunale e di bacino.

Genova, maggio 2024

Geol. Luca Sivori





## **ALLEGATI**

**Allegato n.1** Corografia dell'area d'impianto (estratto C.T.R.)

**Allegato n.2** Estratti PAI e PRGC area d'impianto

**Allegato n.3** Estratti cartografia uso del suolo area d'impianto

**Allegato n.4** Carta Geologica area d'impianto

**Allegato n.5** Planimetria dell'area d'impianto

**Allegato n.6** Sezione stratigrafica

**Allegato n.7** Log penetrometrici

**Allegato n.8** Indagine sismica

**Allegato n.9** Parametri sismici

## **ALLEGATI FUORI TESTO**

A.F.01 – Inquadramento cartografico (estratti C.T.R.)

A.F.02 – Estratti Carta del suolo

A.F.03 – Carta geologica

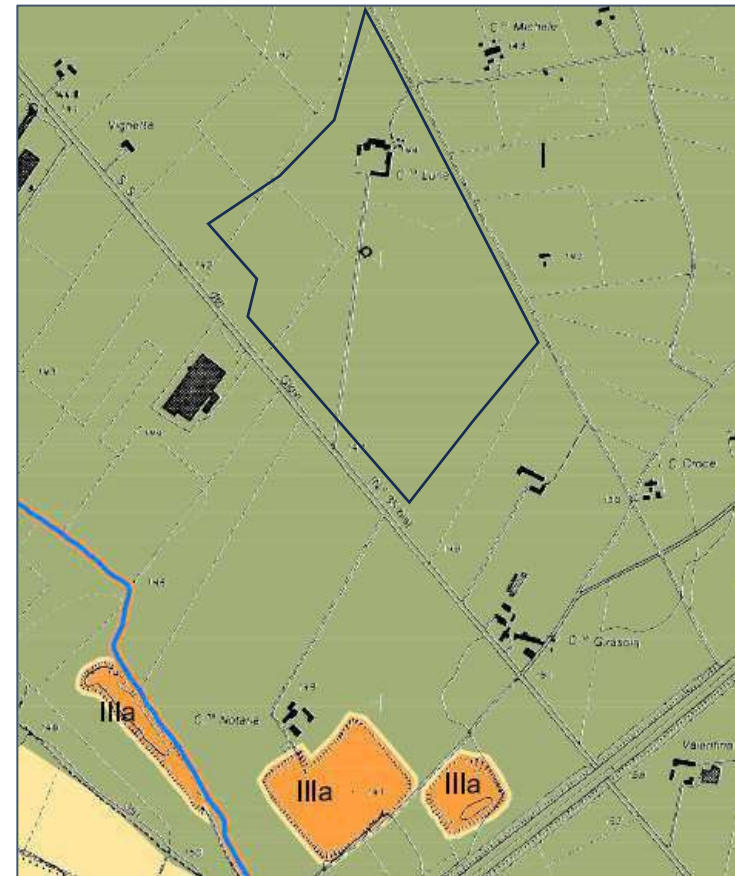
A.F.04 – Carta della permeabilità del suolo

---





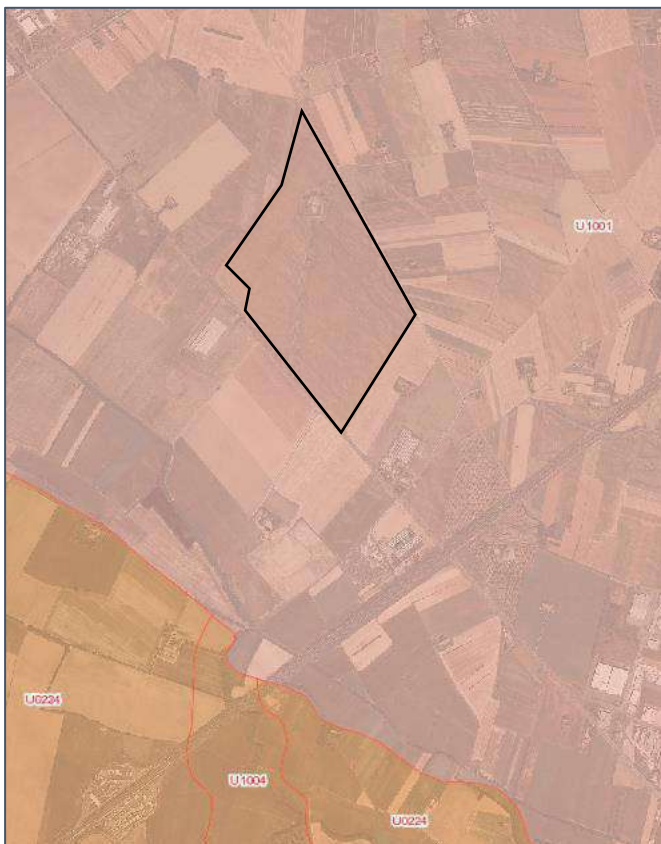
PAI – Delimitazione aree in dissesto: nessuna perimetrazione



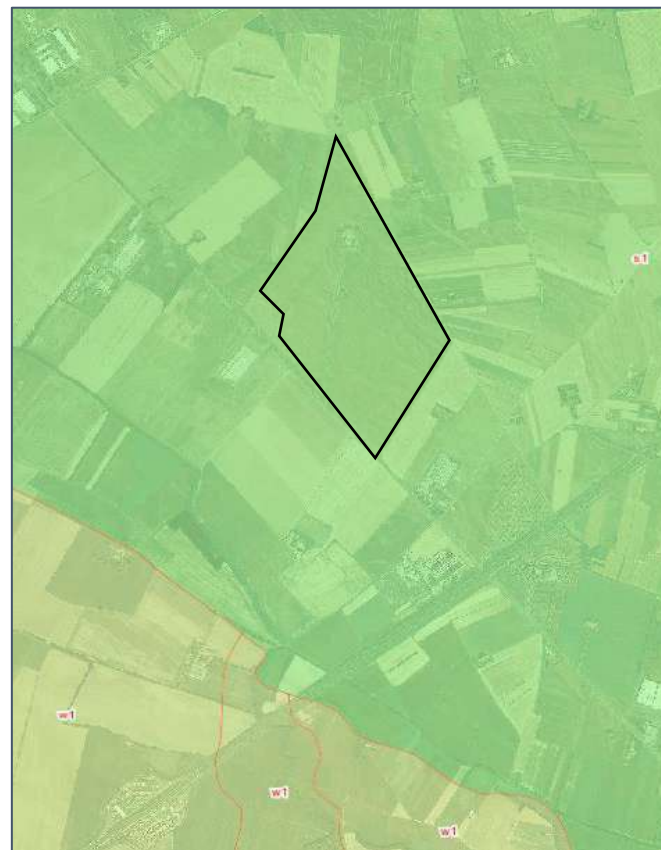
PRGC - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica: Classe I

2	Estratti PAI-PRGC area d'impianto
n.	figura
\\	Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.
scala	committente



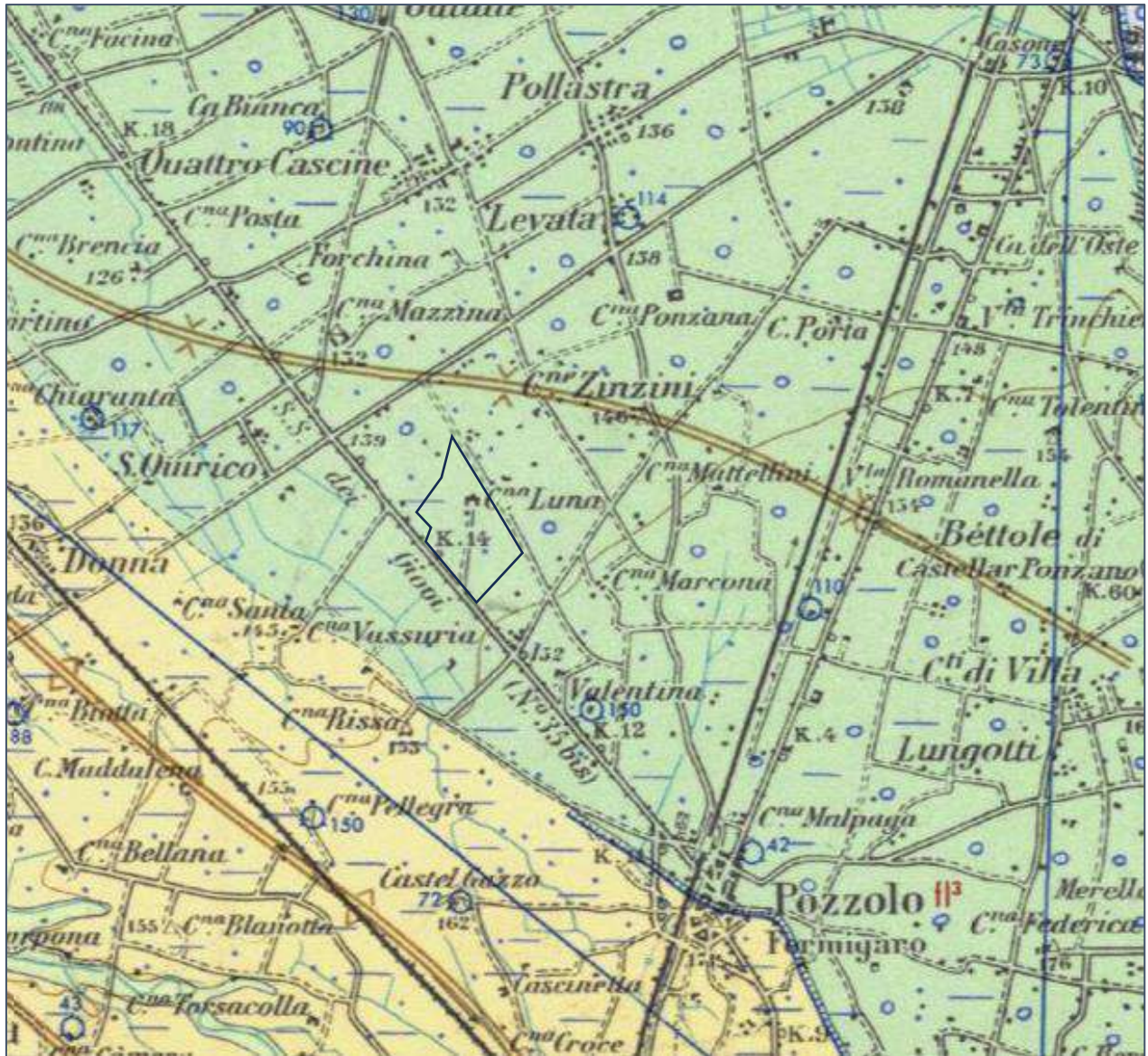


Reg. Piemonte – Carta dell'uso del suolo: Alfisuoli di pianura ghiaiosi



Reg. Piemonte – Carta della capacità d'uso del suolo: Classe 3s1

3	Estratti cart. Uso del suolo area d'impianto
n.	figura
\\	Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.
scala	committente



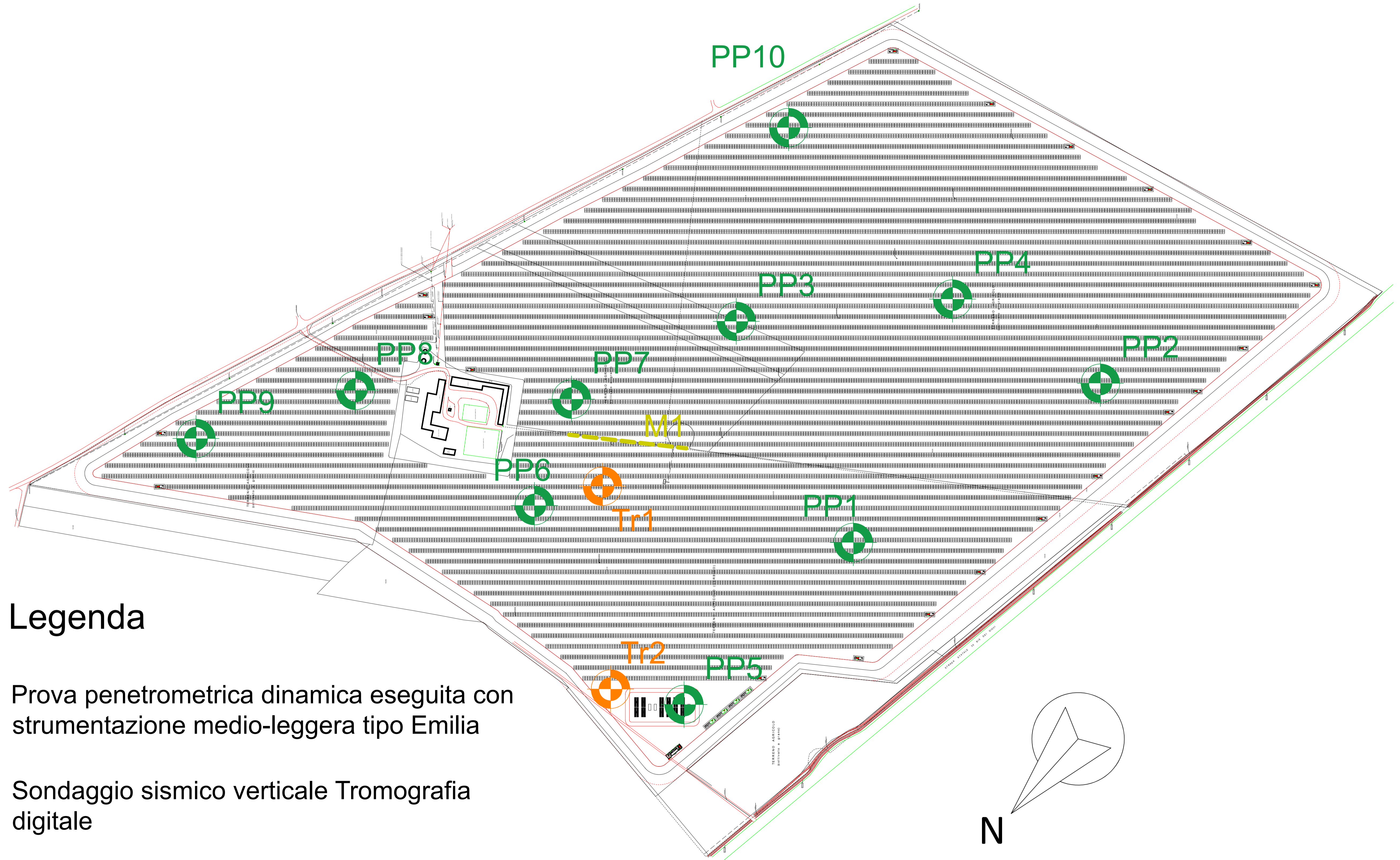
ISPRA Carta Geologica - Foglio 70 - Alessandria






fi<sup>3</sup> Fluviale recente

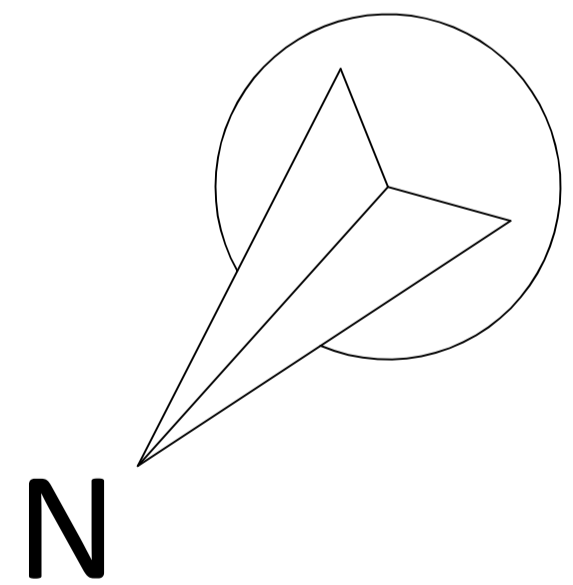
4	Carta geologica area d'impianto
n.	figura
\\	Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.
scala	committente





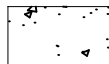
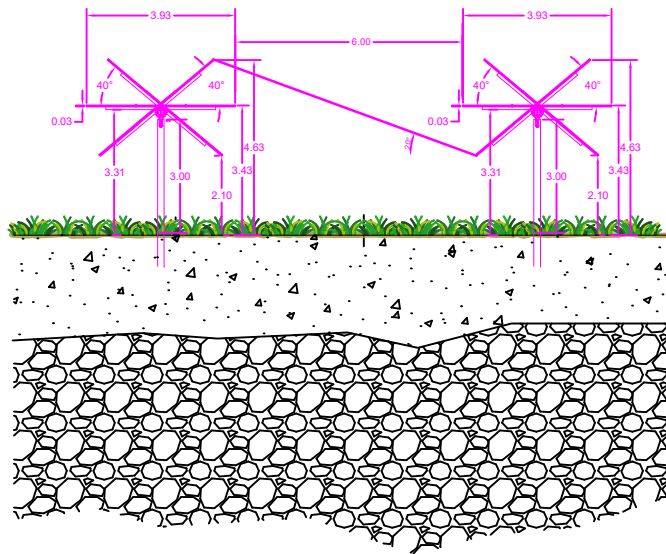
### Legenda

-  PP1  
Prova penetrometrica dinamica eseguita con strumentazione medio-leggera tipo Emilia
-  Tr1  
Sondaggio sismico verticale Tromografia digitale
-  M1  
Stesa sismica MASW



5	Planimetria dell'area d'impianto
	figura
2000	Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.
scala	committente

Sezione tipo



Terreno superficiale, ghiaia sabbiosa, sabbia ghiaiosa



Terreno addensato, ghiaia sabbiosa

6

Sezione stratigrafica

figura

200

scala

Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.

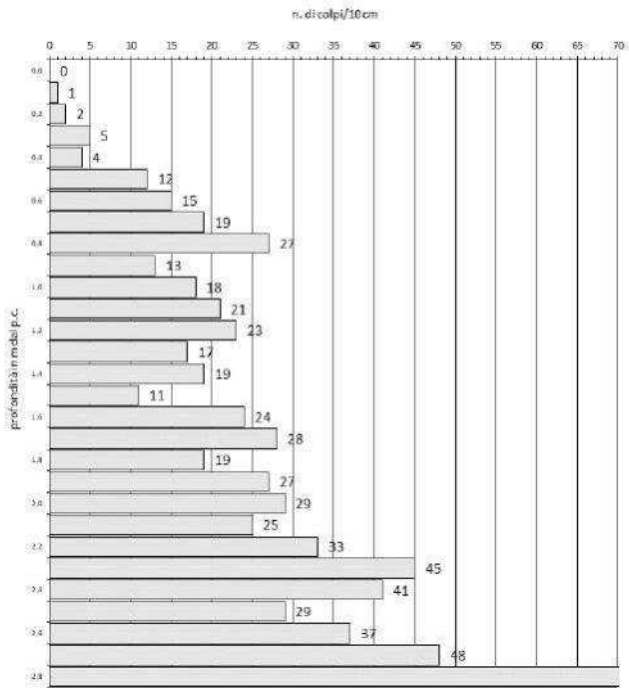
committente

7	Log penetrometrici
n.	figura
\\	Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.
scala	committente

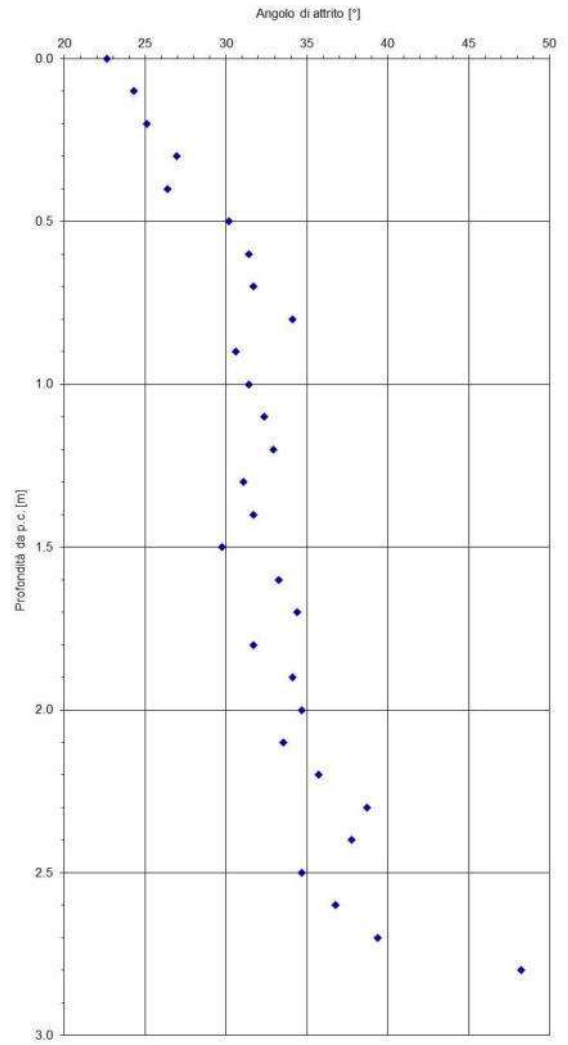
---



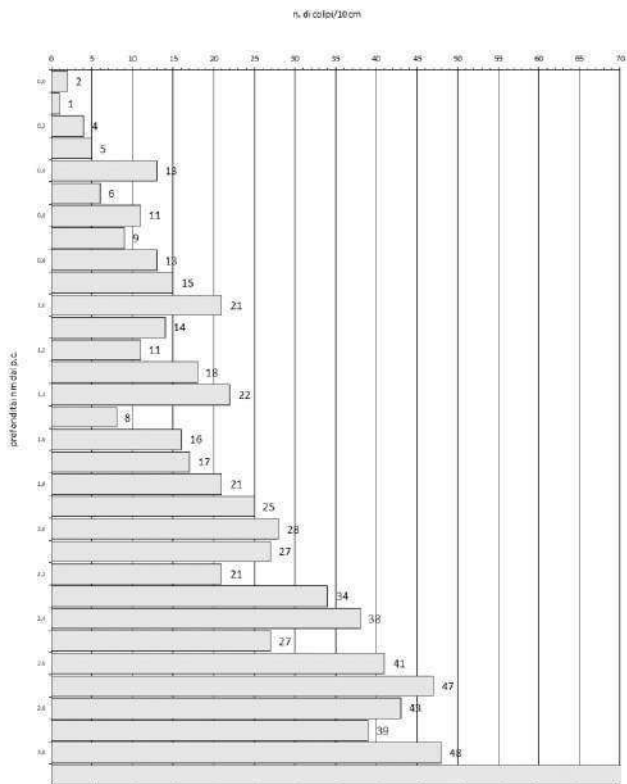
### Prova penetrometrica dinamica n.1



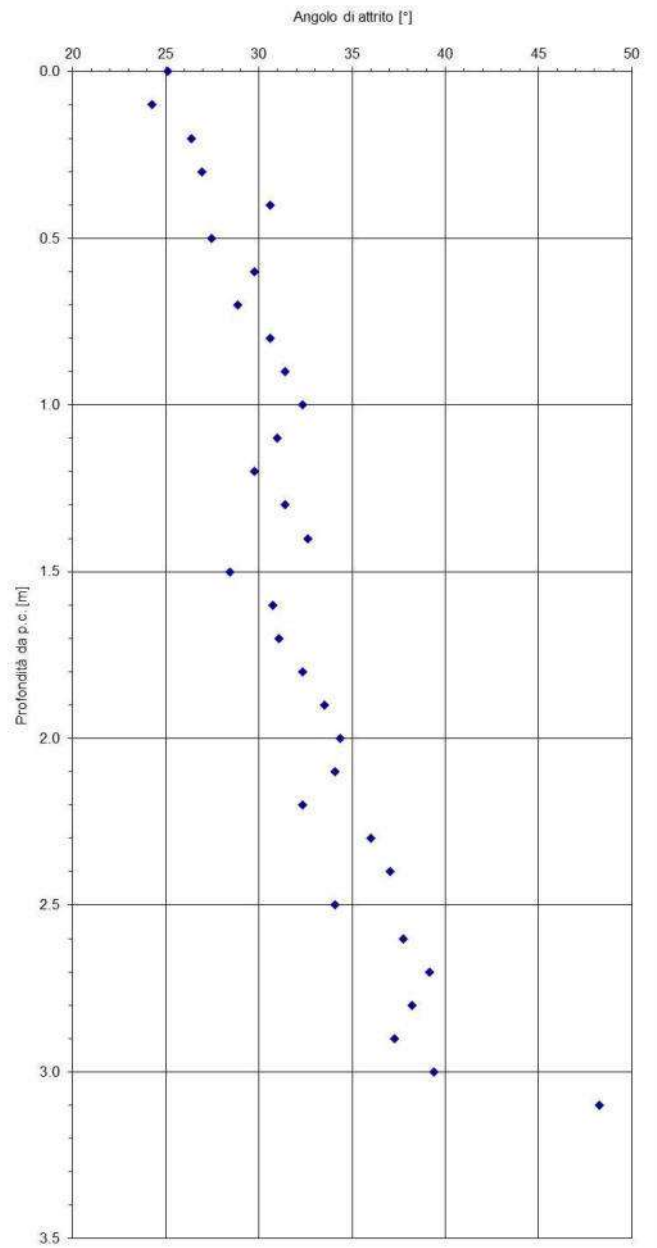
### Andamento dell'angolo di attrito con la profondità (Prova penetrometrica n.1)



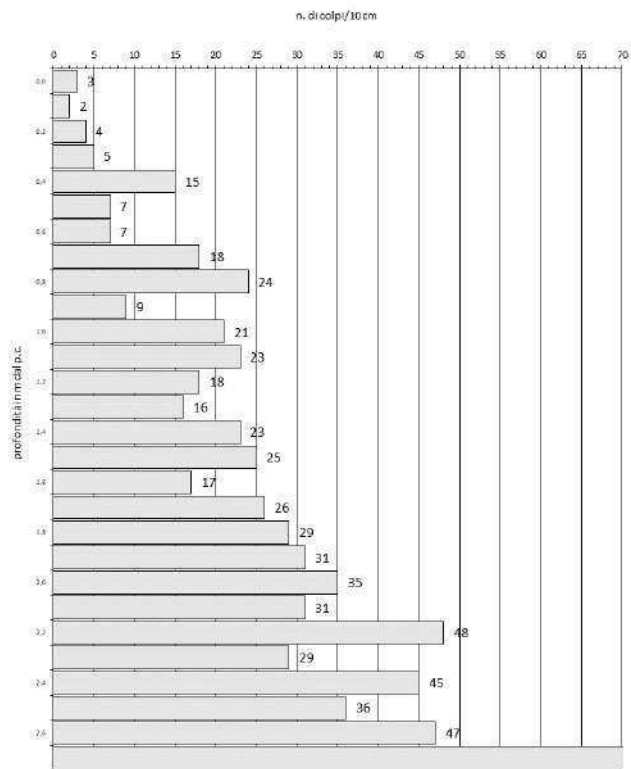
### Prova penetrometrica dinamica n.2



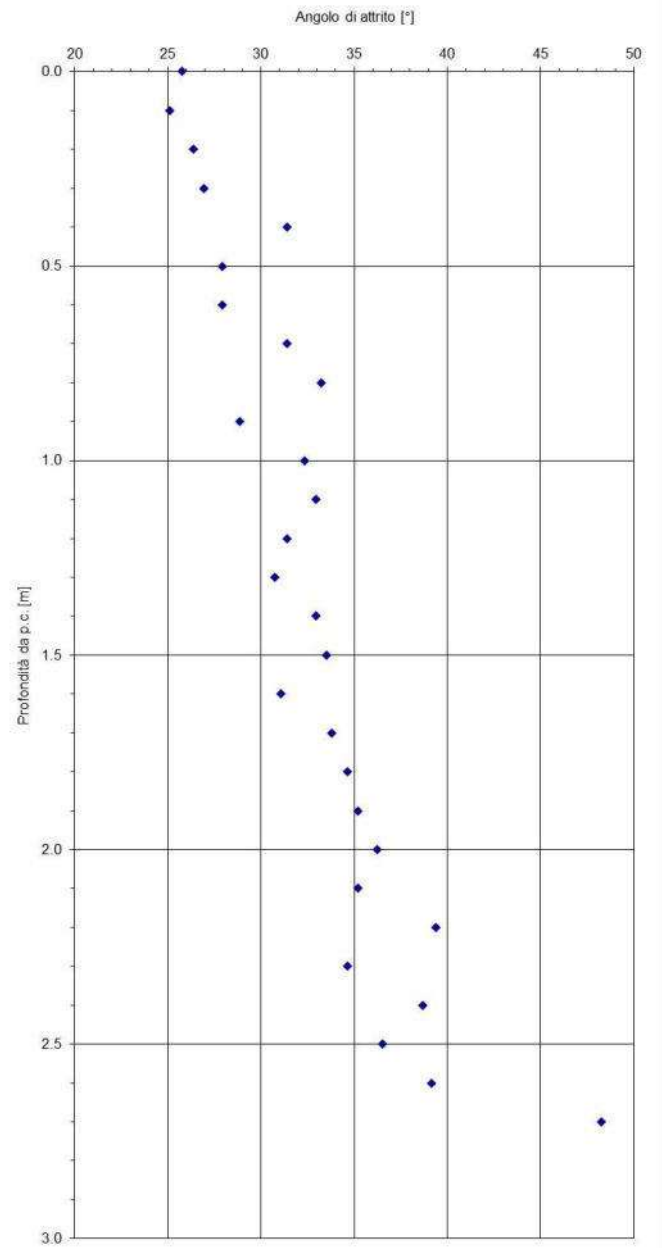
### Andamento dell'angolo di attrito con la profondità (Prova penetrometrica n.2)

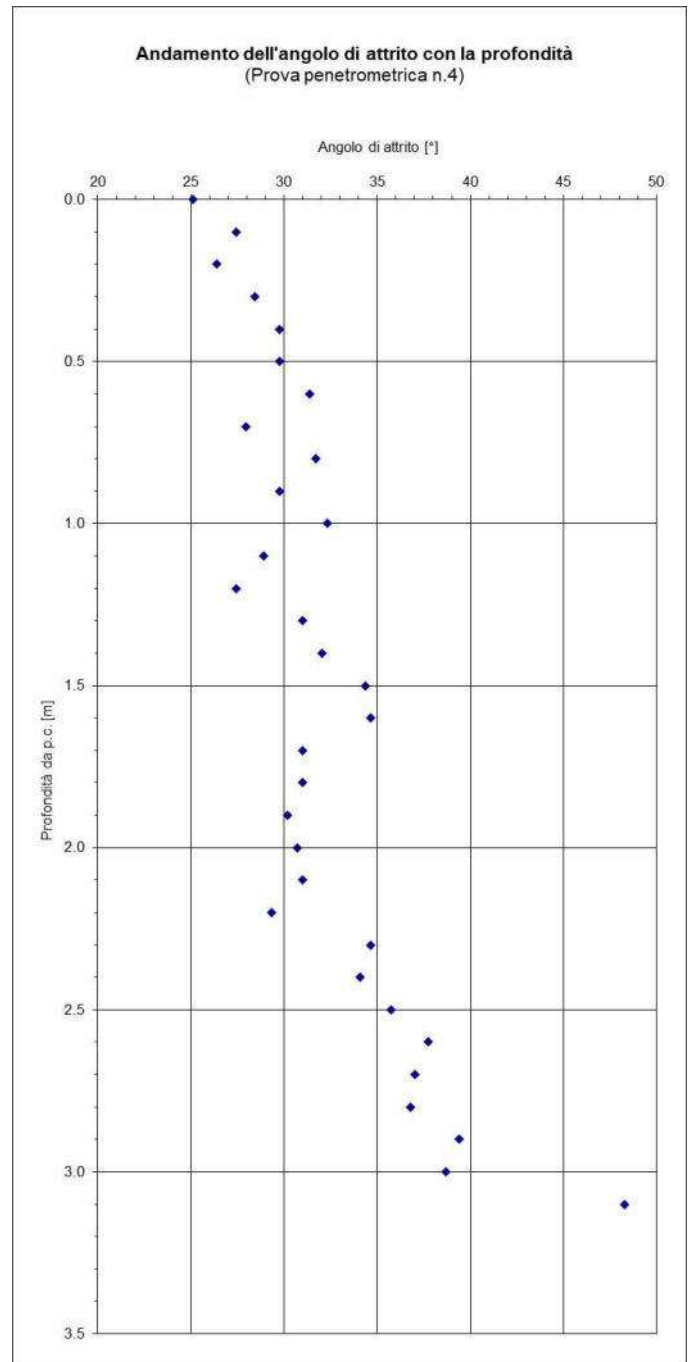
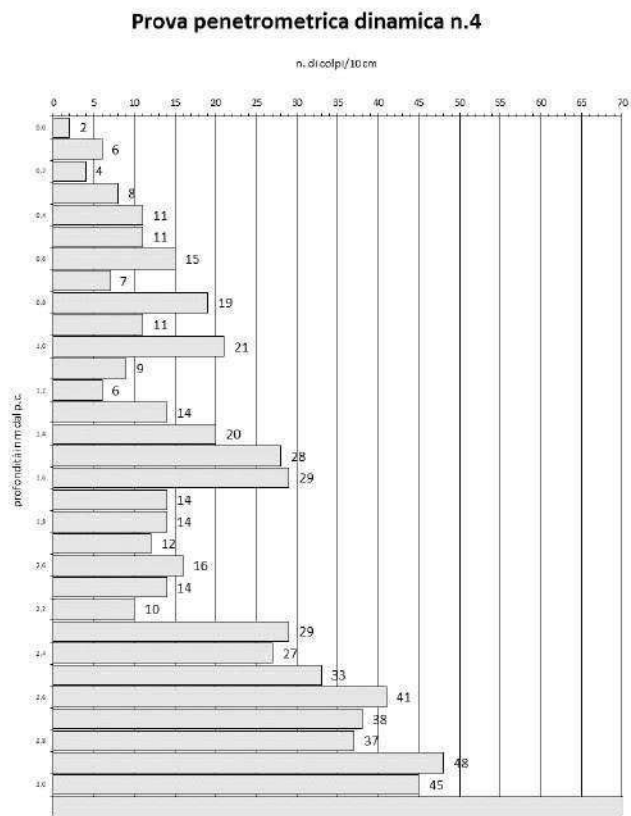


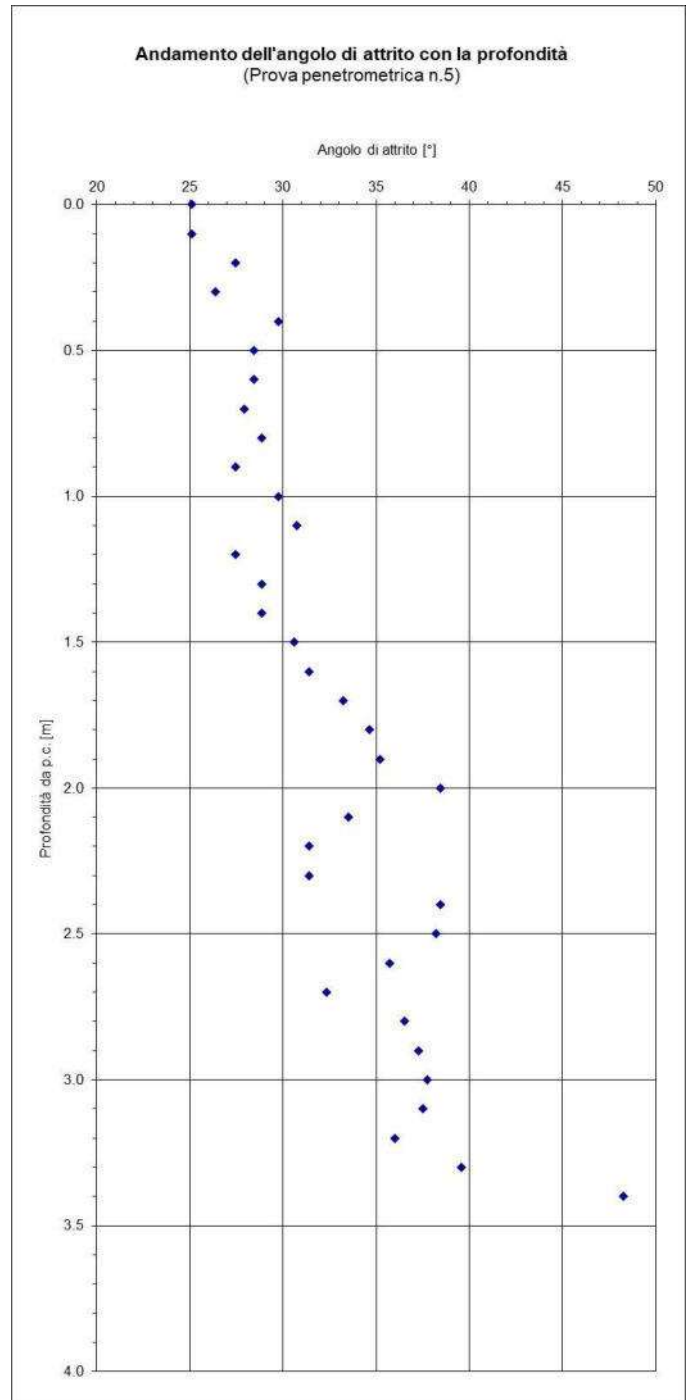
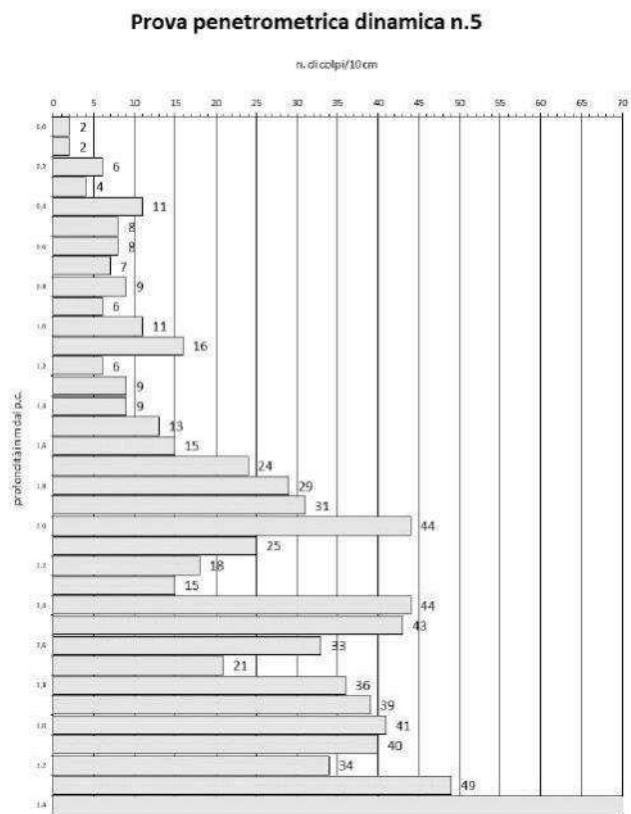
### Prova penetrometrica dinamica n.3

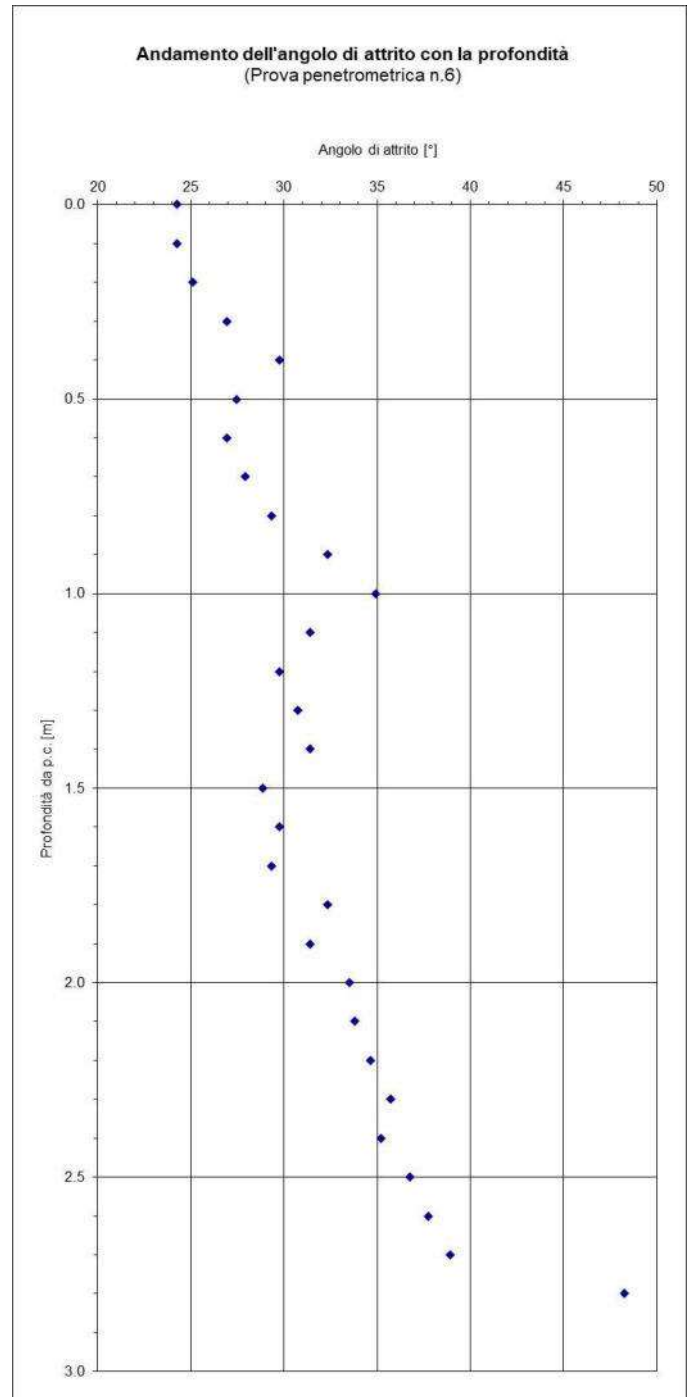
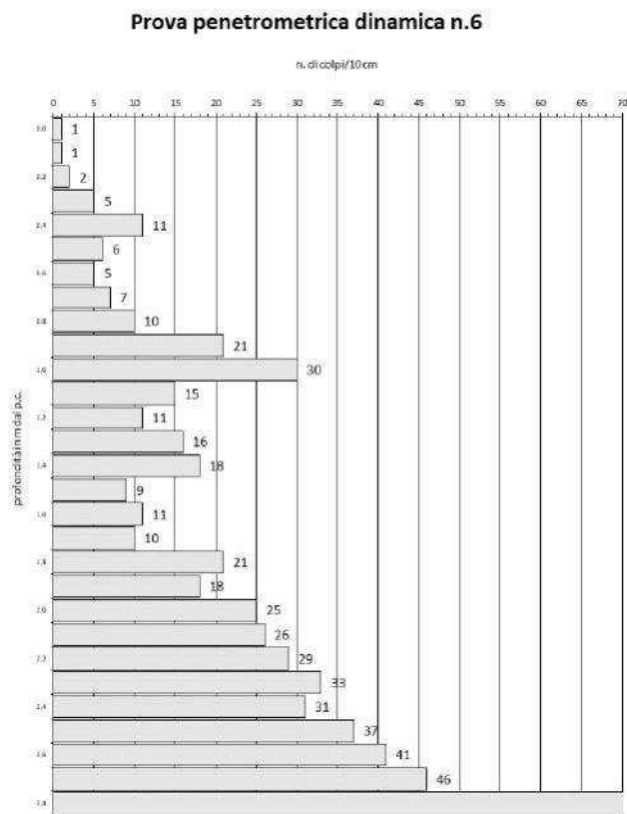


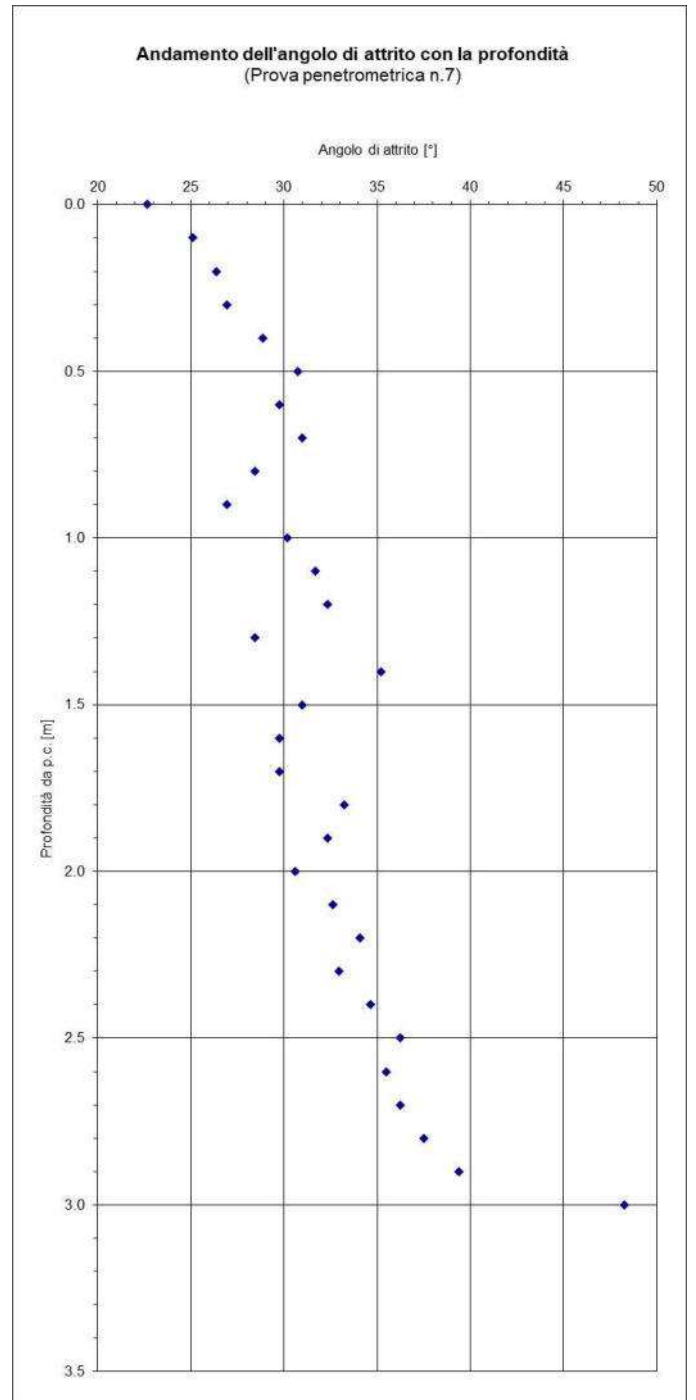
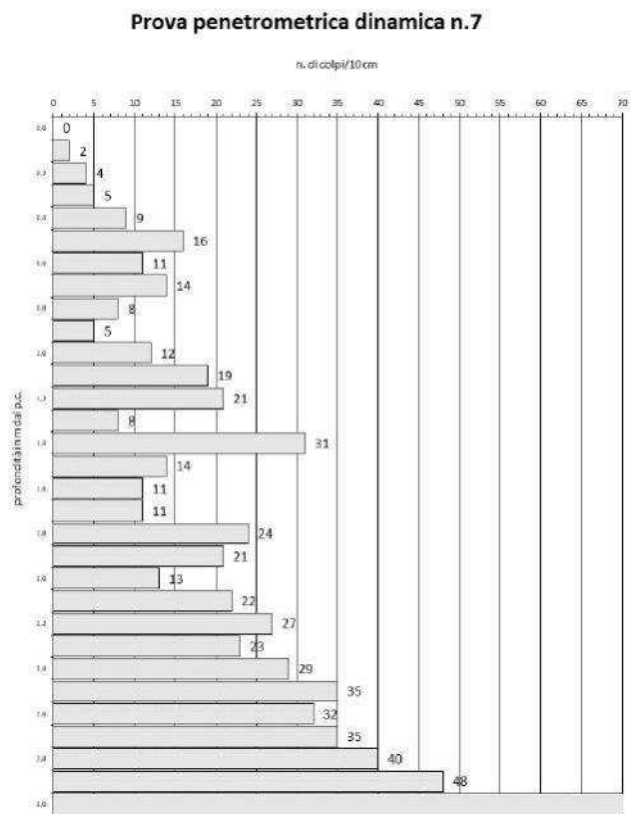
### Andamento dell'angolo di attrito con la profondità (Prova penetrometrica n.3)



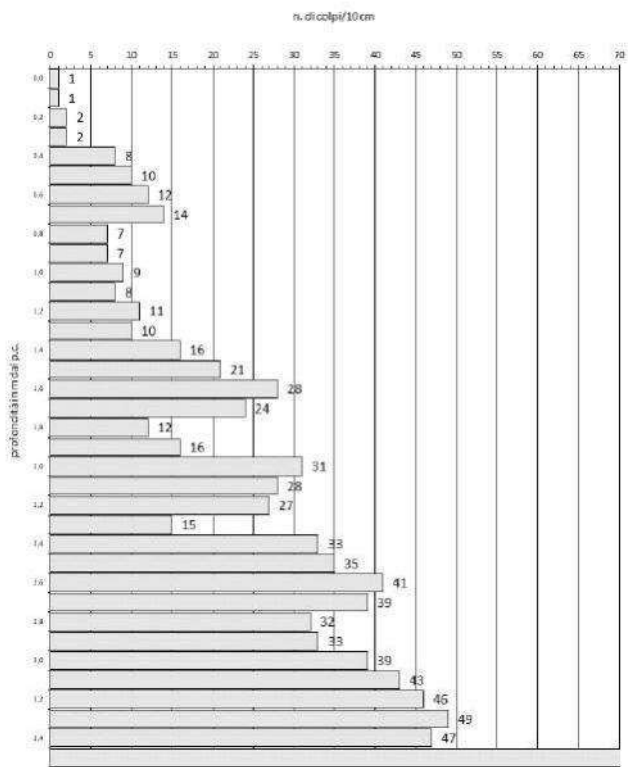




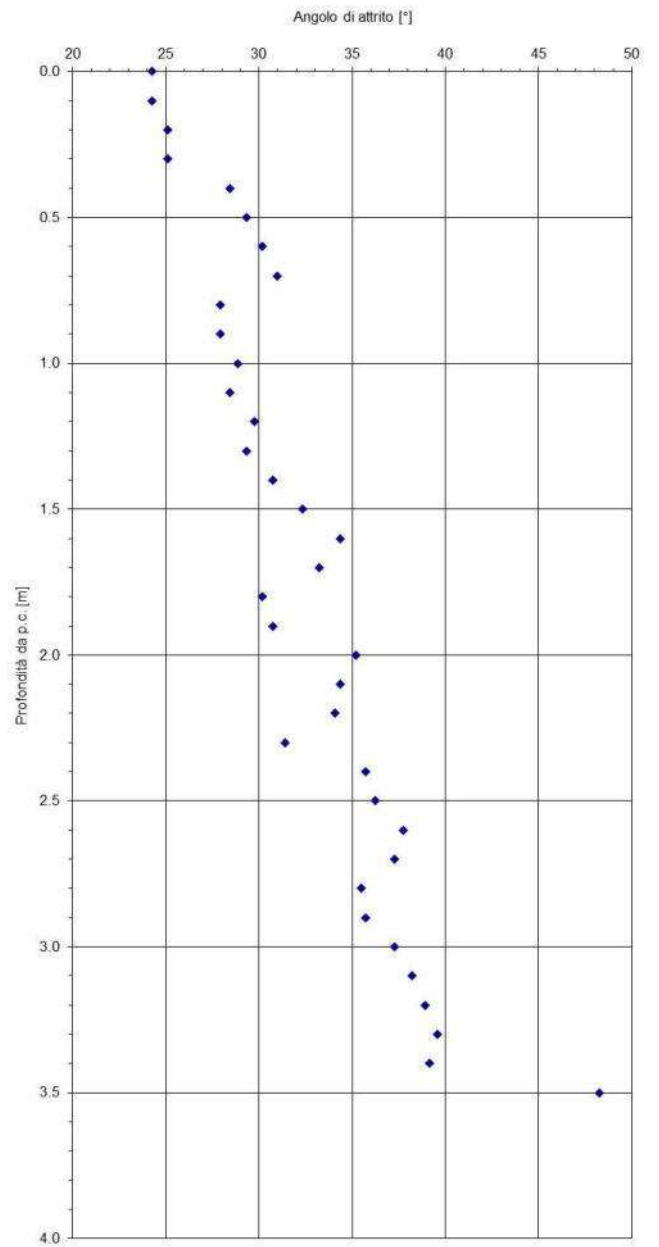




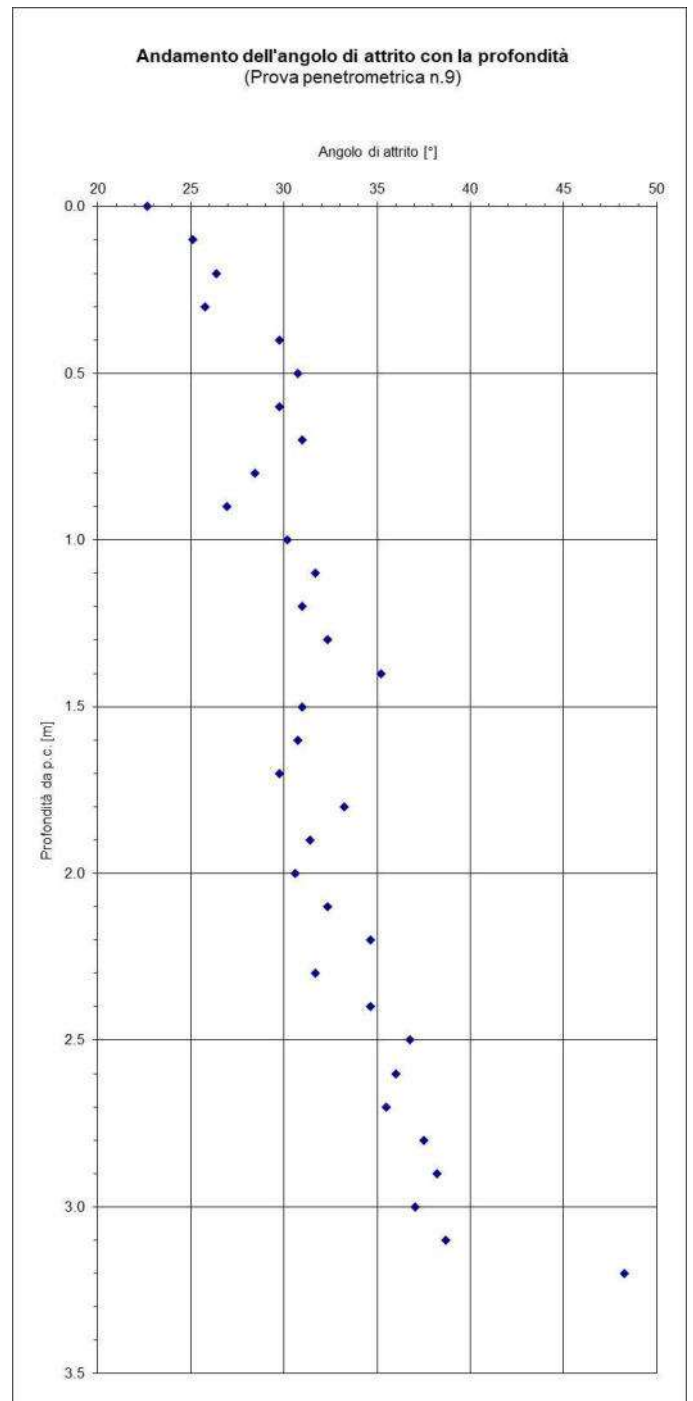
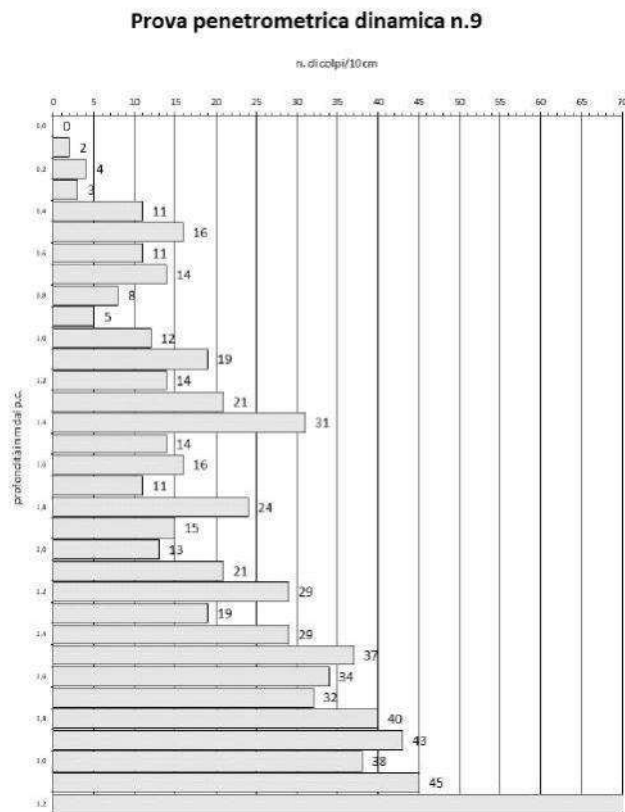
### Prova penetrometrica dinamica n.8



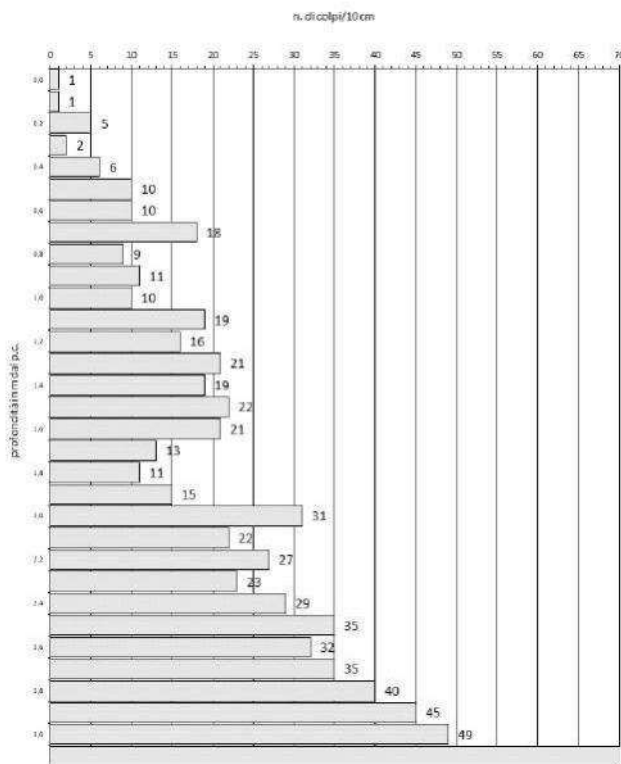
### Andamento dell'angolo di attrito con la profondità (Prova penetrometrica n.8)



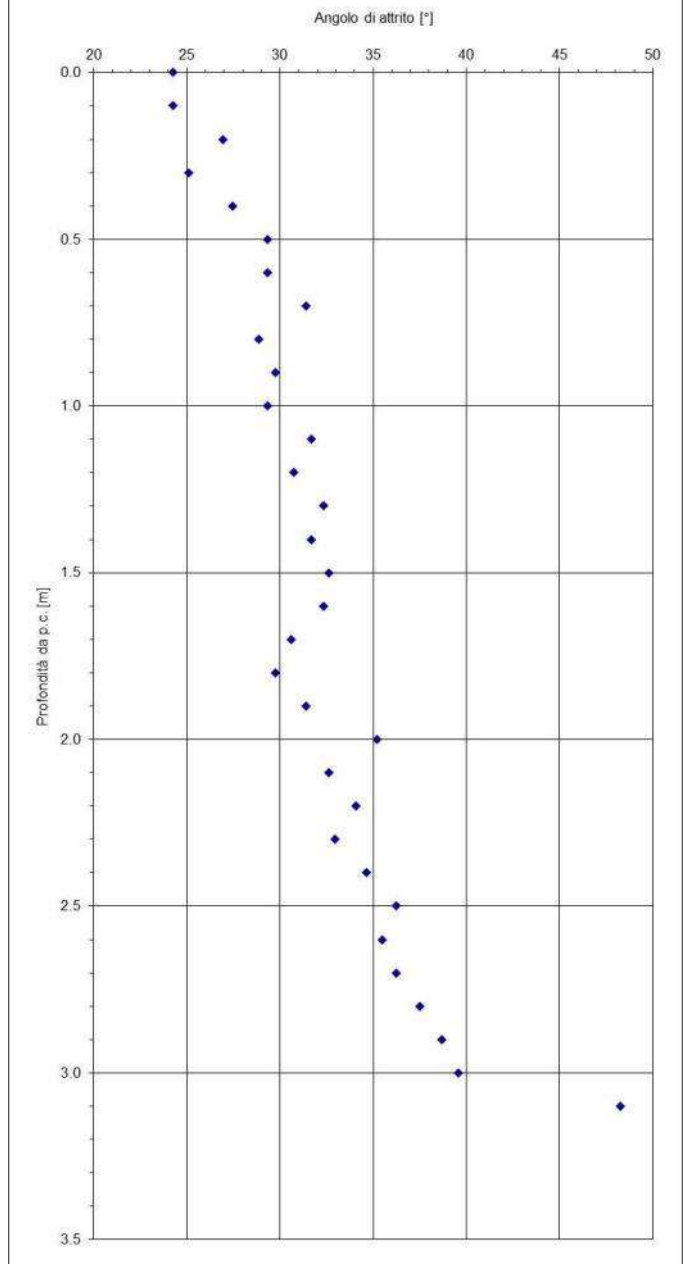




### Prova penetrometrica dinamica n.10



### Andamento dell'angolo di attrito con la profondità (Prova penetrometrica n.10)



8	Indagine sismica
n.	figura
\\	Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.
scala	committente

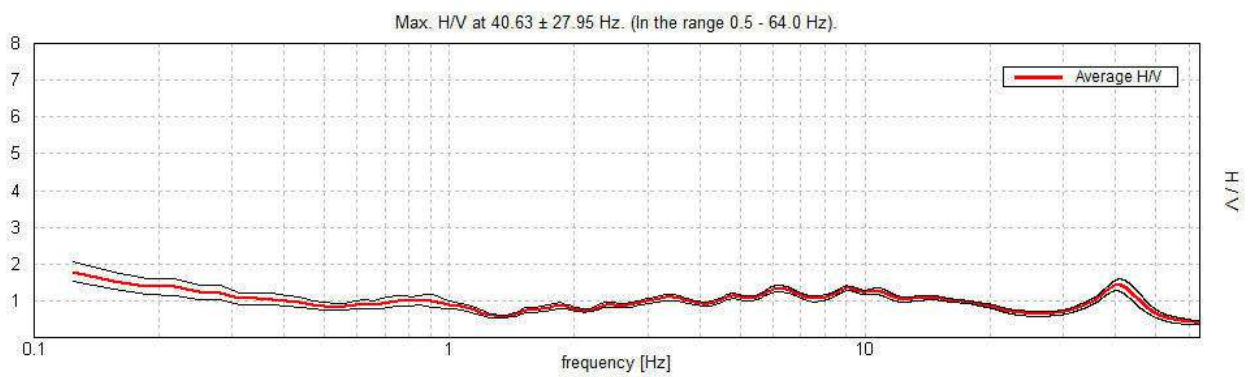
---

## POZZOLO FORMIGARO, CASCINA LUNA TR1

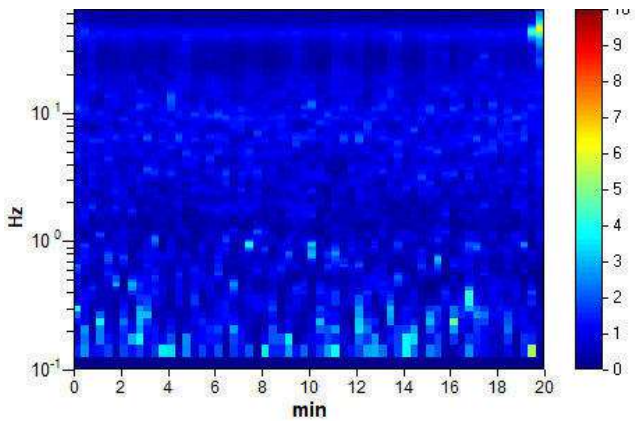
Instrument: TZB-0163/02-22  
 Data format: 32 bit  
 Full scale [mV]: 89  
 Start recording: 14/03/2024 10:41:12 End recording: 14/03/2024 11:01:12  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

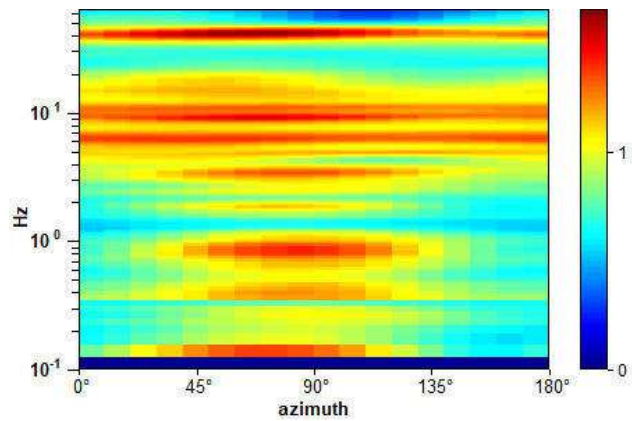
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



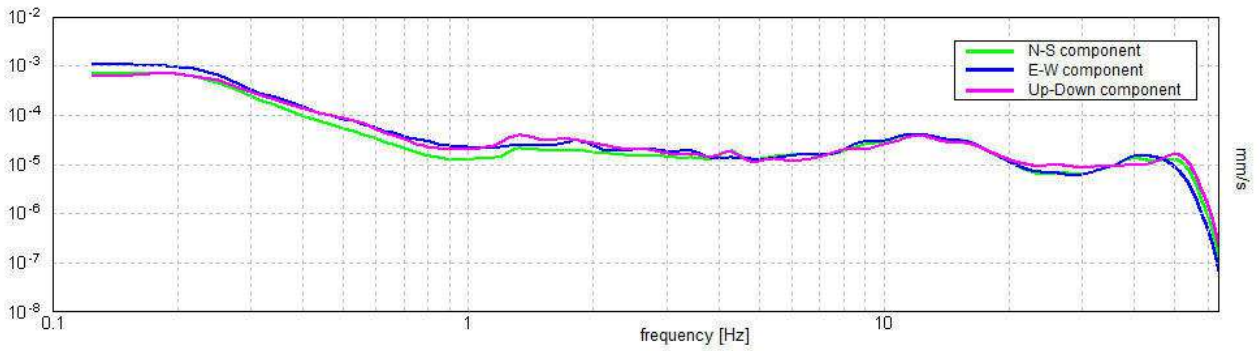
### H/V TIME HISTORY



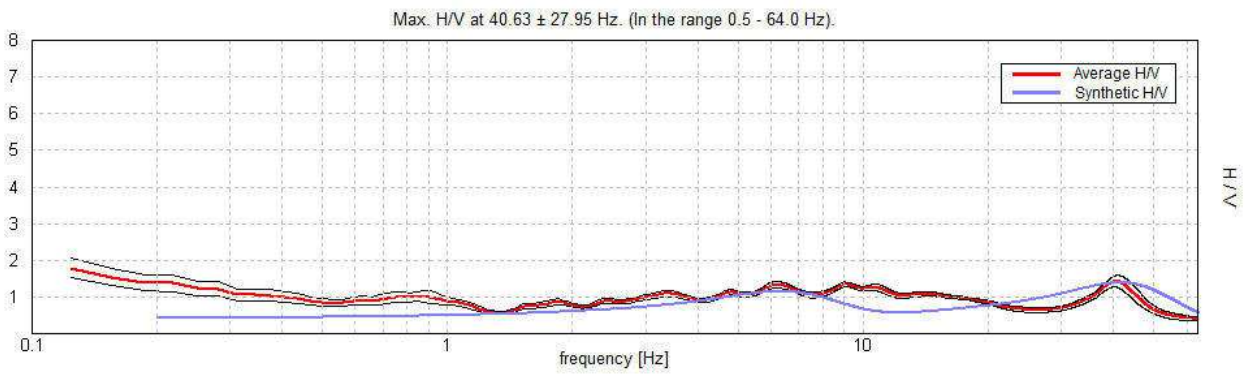
### DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

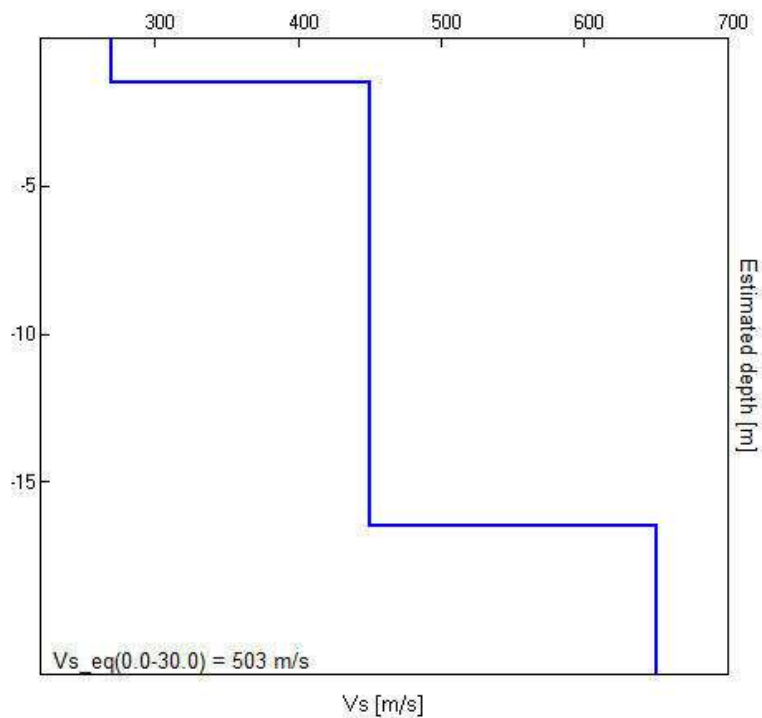


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	270	0.42
16.50	15.00	450	0.42
inf.	inf.	650	0.42

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 503 \text{ m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $40.63 \pm 27.95$  Hz (in the range 0.5 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$40.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$48750.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1399 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	30.469 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	49.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.44 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.68806  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$27.95254 < 2.03125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1593 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

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



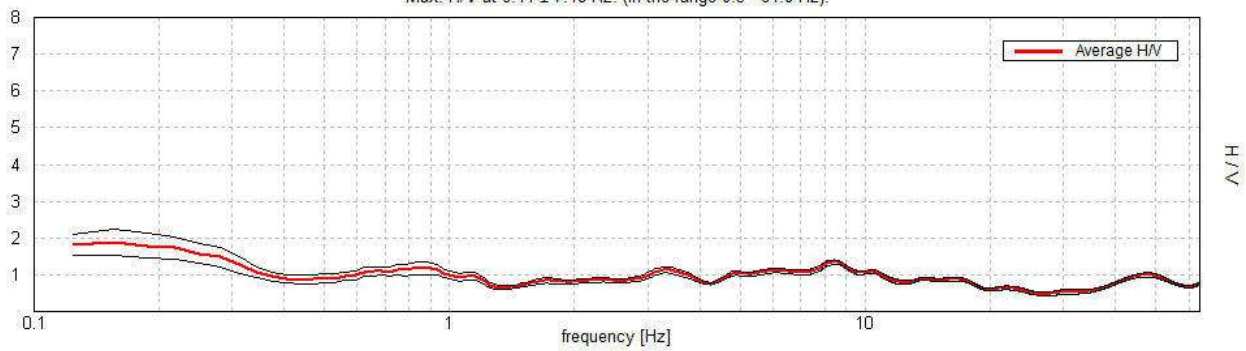
## POZZOLO FORMIGARO, CASCINA LUNA TR2

Instrument: TZB-0163/02-22  
Data format: 32 bit  
Full scale [mV]: 89  
Start recording: 14/03/2024 11:33:26 End recording: 14/03/2024 11:53:26  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

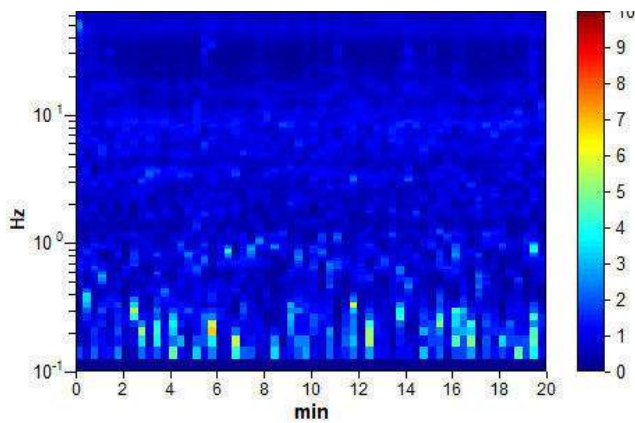
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

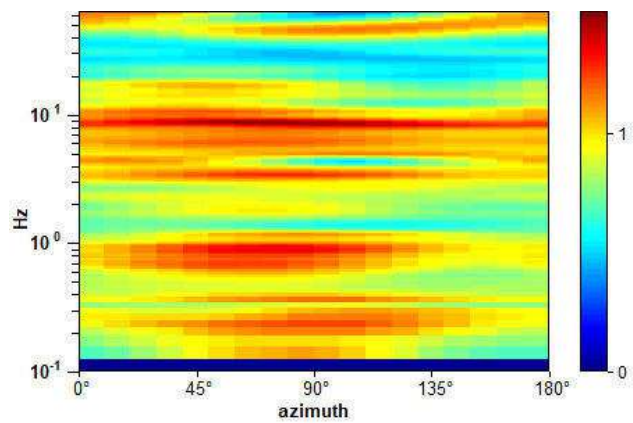
Max. H/V at  $8.44 \pm 7.48$  Hz. (In the range 0.5 - 64.0 Hz).



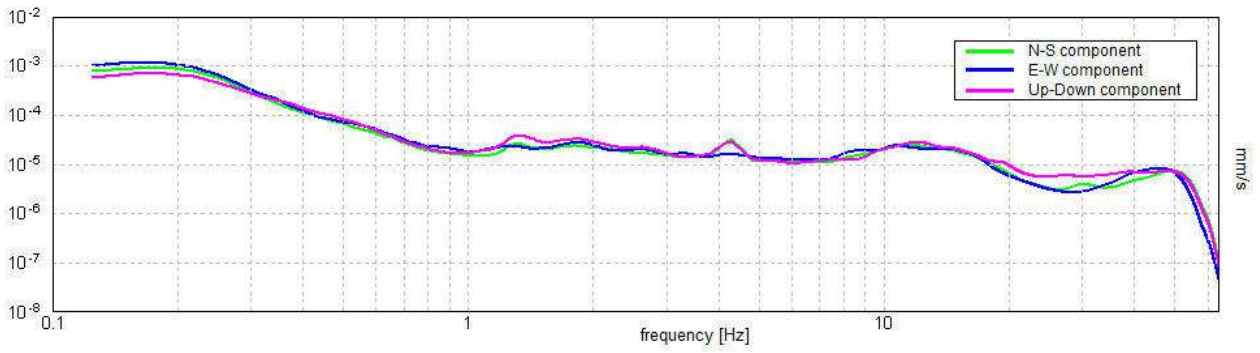
### H/V TIME HISTORY



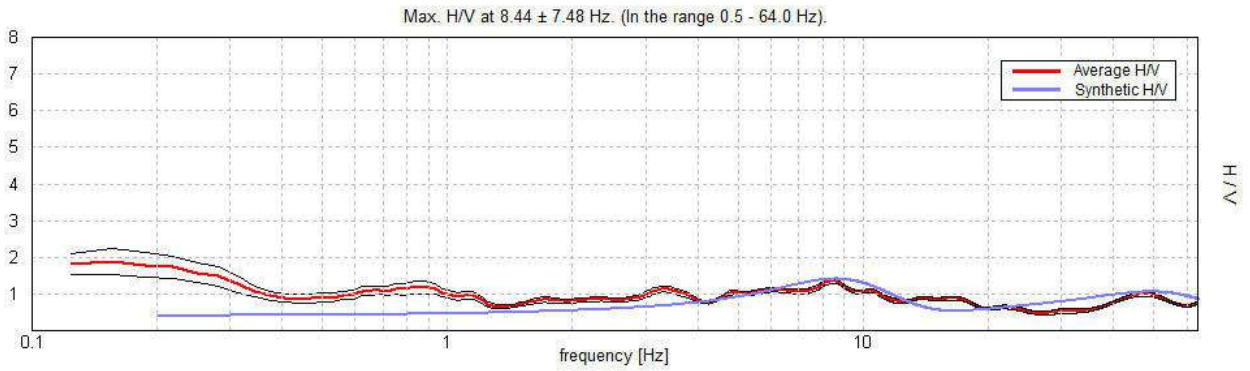
### DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

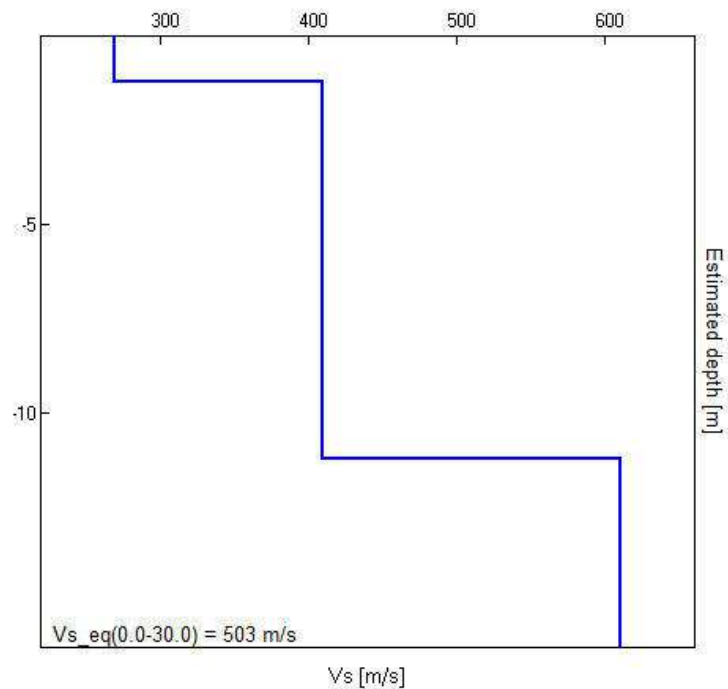


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	270	0.45
11.20	10.00	410	0.45
inf.	inf.	610	0.45

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 503 \text{ m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 8.44 ± 7.48 Hz (in the range 0.5 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	8.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 406 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.36 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.88676  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.48201 < 0.42188		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0576 < 1.58	OK	

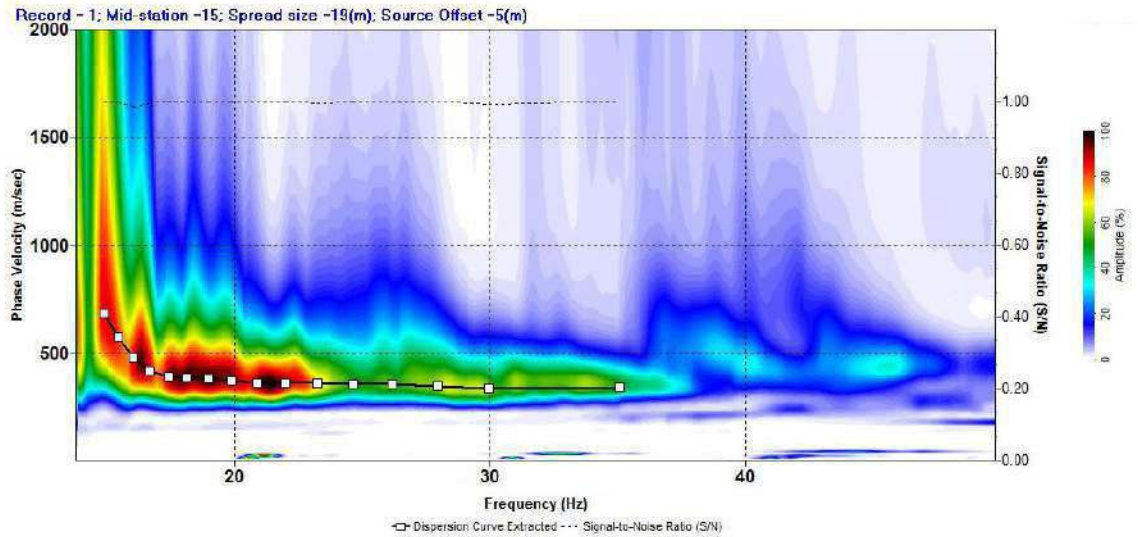
$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

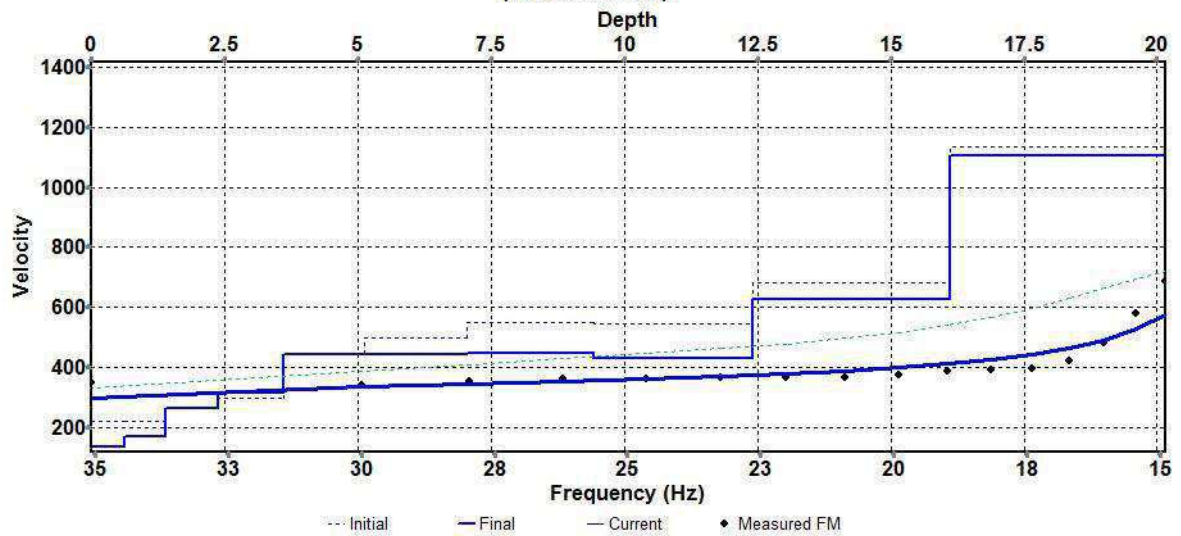
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Profilo	Tipo	Lg [m]	Geof.	Int.g [m]	Shot
<b>M1</b>	MASW	22	12	2	2

dove  $L_g$  lunghezza della stesa coperta dai geofoni - *Geof.* numero di canali (geofoni) utilizzati -  $Int_g$  spaziatura tra i geofoni - *Shot* numero delle energizzazioni effettuate.



10-LAYER VELOCITY MODEL(Record = 1)  
(Mid-Station = 15)



Profondità di interfaccia (m dal p.c.)	Velocità Vs (m/s)
-0.625	138.391
-1.406	172.610
-2.383	265.668
-3.604	314.047
-5.130	441.840
-7.037	442.269
-9.421	448.845
-12.401	433.041
-16.126	625.021
-20.157	1103.328

**Sito in esame.**

latitudine: 44,822475 [°]

longitudine: 8,760333 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Siti di riferimento**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	14917	44,838820	8,697162	5302,8
Sito 2	14918	44,841620	8,767435	2201,3
Sito 3	15140	44,791700	8,771332	3530,3
Sito 4	15139	44,788900	8,701067	5983,3

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,021	2,512	0,184
Danno (SLD)	63	50	0,029	2,485	0,205
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,081	2,451	0,271
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,109	2,439	0,275

**Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,540	1,000	0,005	0,003	0,249	0,200
SLD	1,200	1,510	1,000	0,007	0,003	0,339	0,200
SLV	1,200	1,430	1,000	0,019	0,010	0,948	0,200
SLC	1,200	1,420	1,000	0,031	0,016	1,286	0,240

9

Parametri sismici

n.

figura

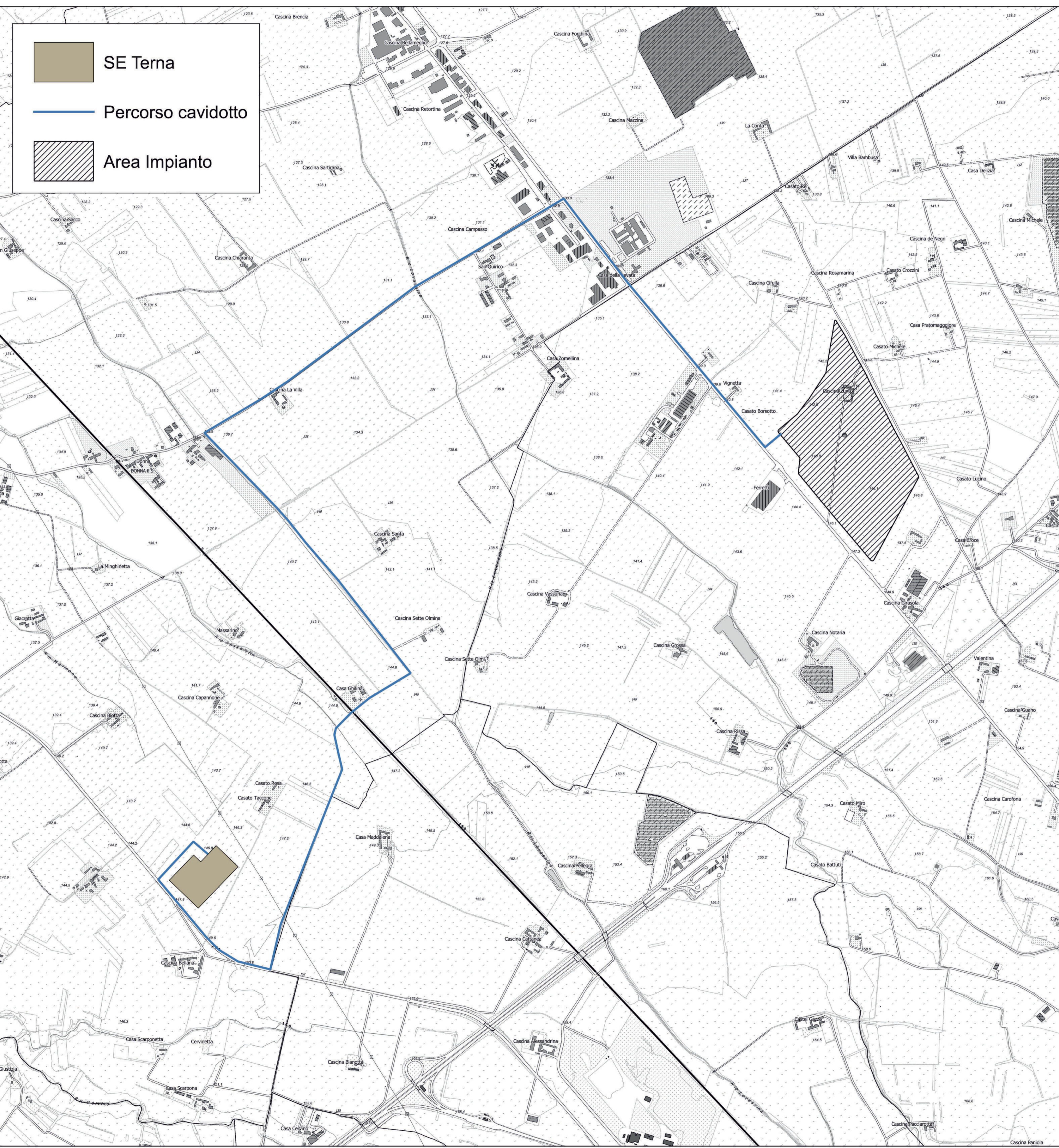
\|

Spett.le LUNA SOLAR s.r.l.

scala

committente





Unione C.T.R. DB Topografico Regione Piemonte Sez. n. 177110; 177140; 195010; 195020.






**Oggetto:** Impianto "Agrovoltaico Cascina Luna"  
Comune di Pozzolo Formigaro (AL)

**Committente:** LUNA SOLAR s.r.l.  
via sant'Orsola n° 3  
20123 Milano



**Progettazione:**  
**SE STUDIO FERRERA ARCHITETTI**  
CORSO AURELIO SAFFI N° 15/1A - GENOVA INFO@STUDIOFERRERA.COM  
WWW.STUDIOFERRERA.COM STEFANO.FERRERA@ARCHWORLDPEICIT

**Progettisti Esterni:**  
Ing. Federico Micheli – Progettazione e coordinamento  
Dott. Dello Barbieri – Agronomia, botanica, faunistica  
Ing. Michele Figliaru – Progettazione Elettrica  
Ing. Cesare Cervi – Acustica  
Ing. Alberto Laudadio – Intervisibilità  
Ing. Massimiliano Poggini – Calcoli Strutturali  
Dott.ssa Valentina Brodasca – Archeologia  
Dott. Geol. Luca Sivori – Geologia



**Nome Elaborato:** A.F.01 - Inquadramento cartografico

SCALA 1:10.000	CODICE ELABORATO	TIPOLOGIA IMPIANTO AGROVOLTAICO	FASE PROGETTUALE DEFINITIVO
FORMATO A1			
PROG N° 550	REVISIONE 0	DATA MAGGIO 2024	REDATTO LS
ARCH N°		CONTROLLATO FM	AUTORIZZATO SF

**RESPONSABILE COORDINAMENTO PROGETTO:**  
**ARCH. STEFANO FERRERA**

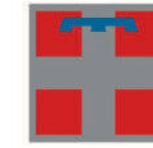
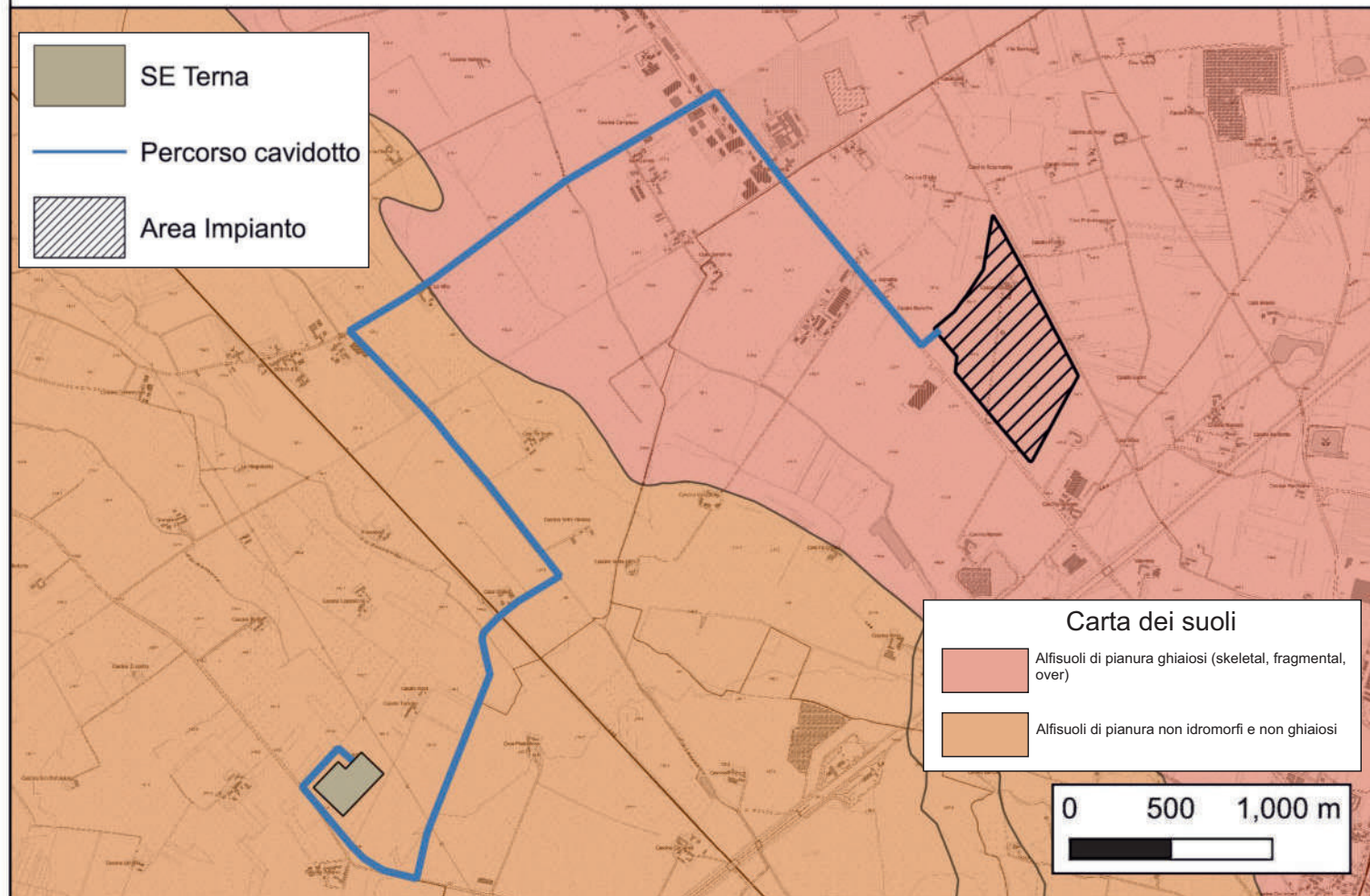
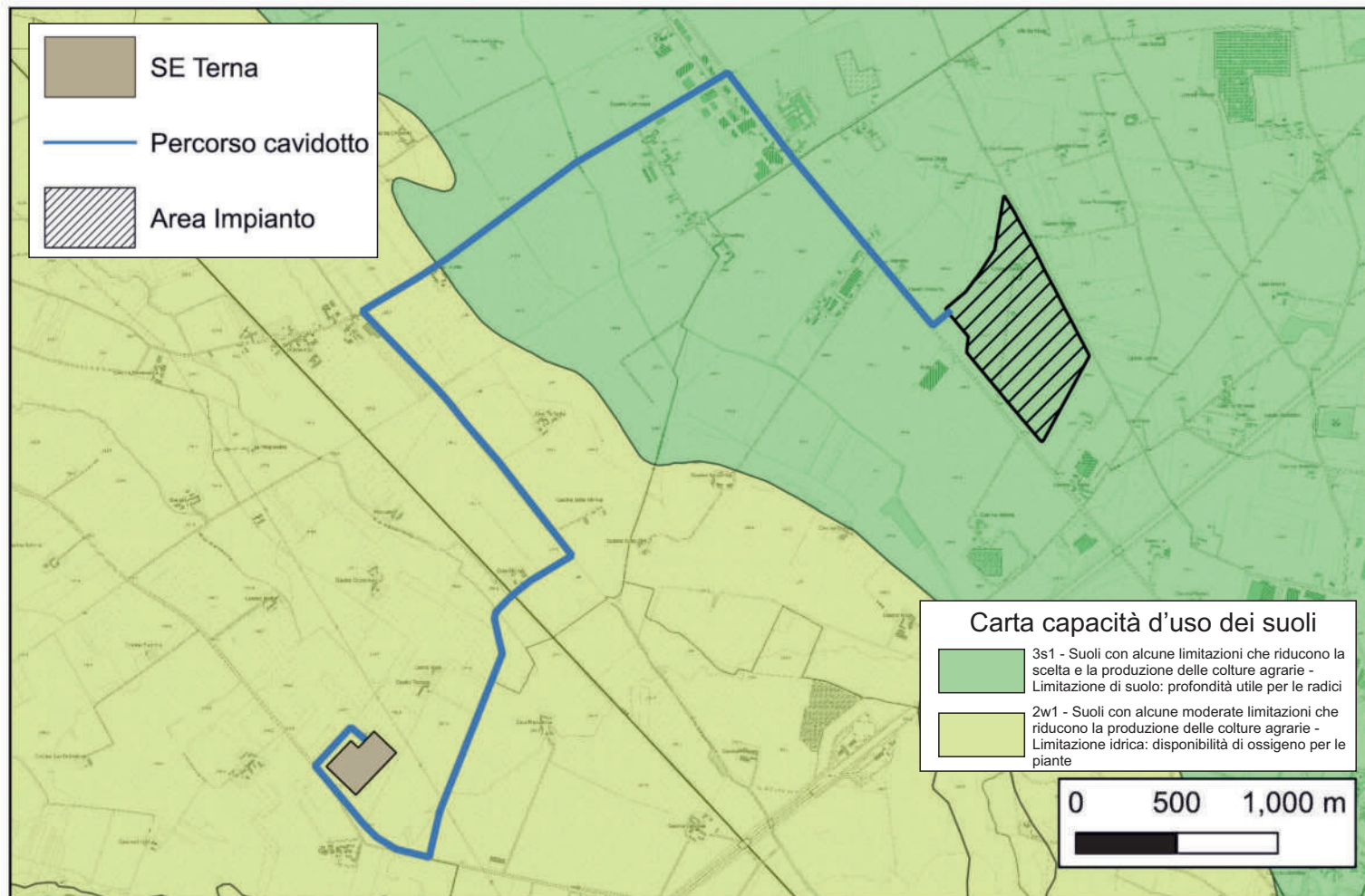



Firma e timbro

**COMMITTENTE:**

Firma e timbro





REGIONE PIEMONTE



COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO



COMUNE DI BOSCO MARENGO



PROVINCIA DI ALESSANDRIA

**Oggetto:** **Impianto "Agrovoltaico Cascina Luna"**  
**Comune di Pozzolo Formigaro (AL)**

**Committente:**  
**LUNA SOLAR s.r.l.**  
via sant'Orsola n° 3  
20123 Milano



**Progettazione:**  
**STUDIO FERRERA ARCHITETTI**

CORSO AURELIO SAFFI N° 15/1A - GENOVA  
WWW.STUDIOFERRERA.COM

INFO@STUDIOFERRERA.COM  
STEFANO.FERRERA@ARCHIWORLDPEC.IT

ARCH. STEFANO FERRERA  
ARCH. STRADA - ARCH. BIANCONCINI - ARCH. PROFUMO - ARCH. COSTAGGIU - ARCH. MINUTO - ARCH. SPALLA

**Progettisti Esterni:**

Ing. Federico Micheli – Progettazione e coordinamento  
Dott. Delio Barbieri – Agronomia, botanica, faunistica  
Ing. Michele Pigiariu – Progettazione Elettrica  
Ing. Cesare Cervi – Acustica  
Ing. Alberto Laudadio – Intervisibilità  
Ing. Massimiliano Poggini – Calcoli Strutturali  
Dott.ssa Valentina Brodasca – Archeologia  
Dott. Geol. Luca Sivori – Geologia



**Nome Elaborato:**  
**A.F.02 - Estratti Carta dei suoli**

SCALA	CODICE ELABORATO		TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE		
//			IMPIANTO AGROVOLTAICO	DEFINITIVO		
FORMATO	PROG N°	REVISIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO
A3	550	0	MAGGIO 2024	LS	FM	SF
ARCH N°						

**RESPONSABILE COORDINAMENTO PROGETTO:**  
**ARCH. STEFANO FERRERA**



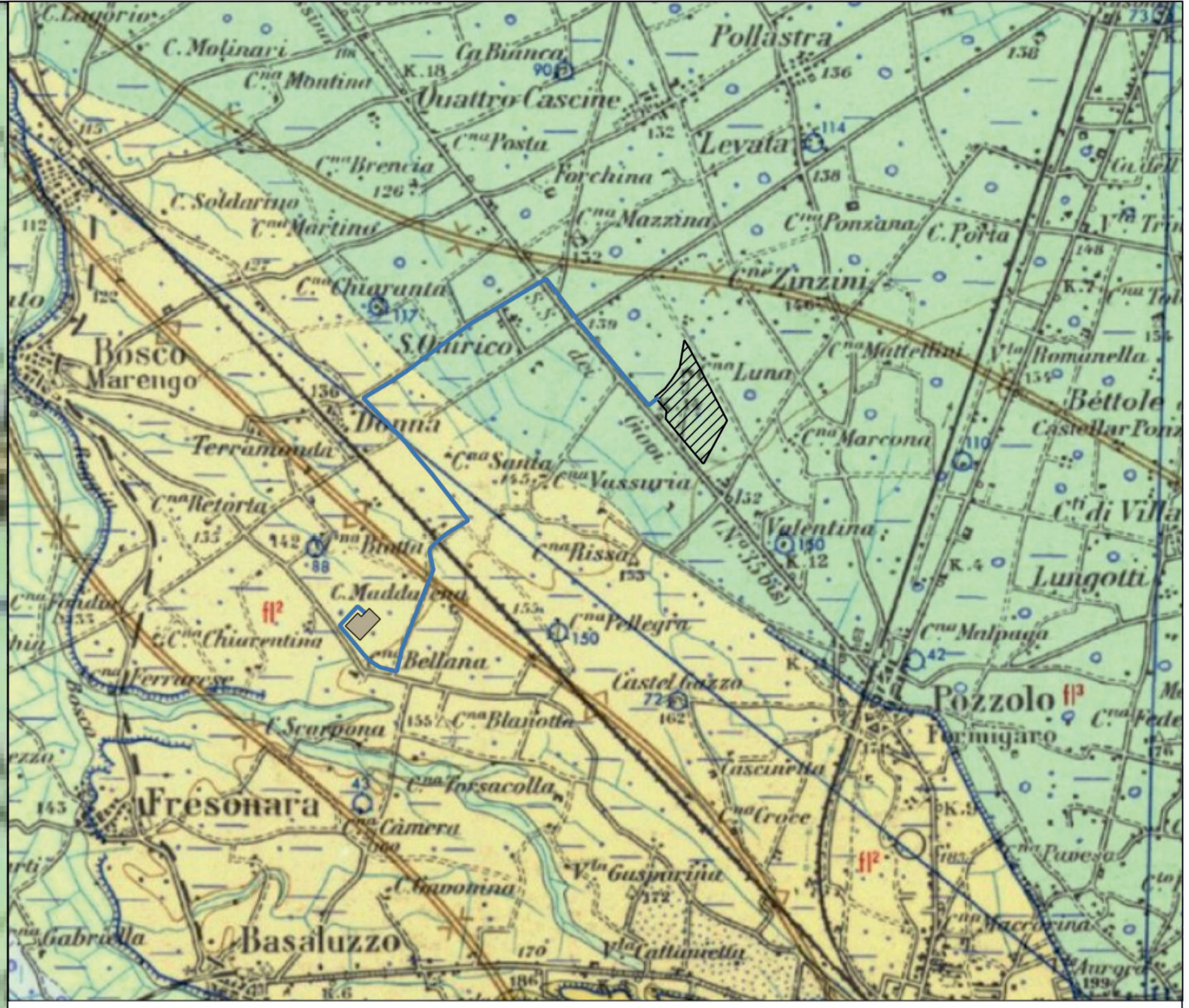
*Stefano Ferrera*

Firma e timbro

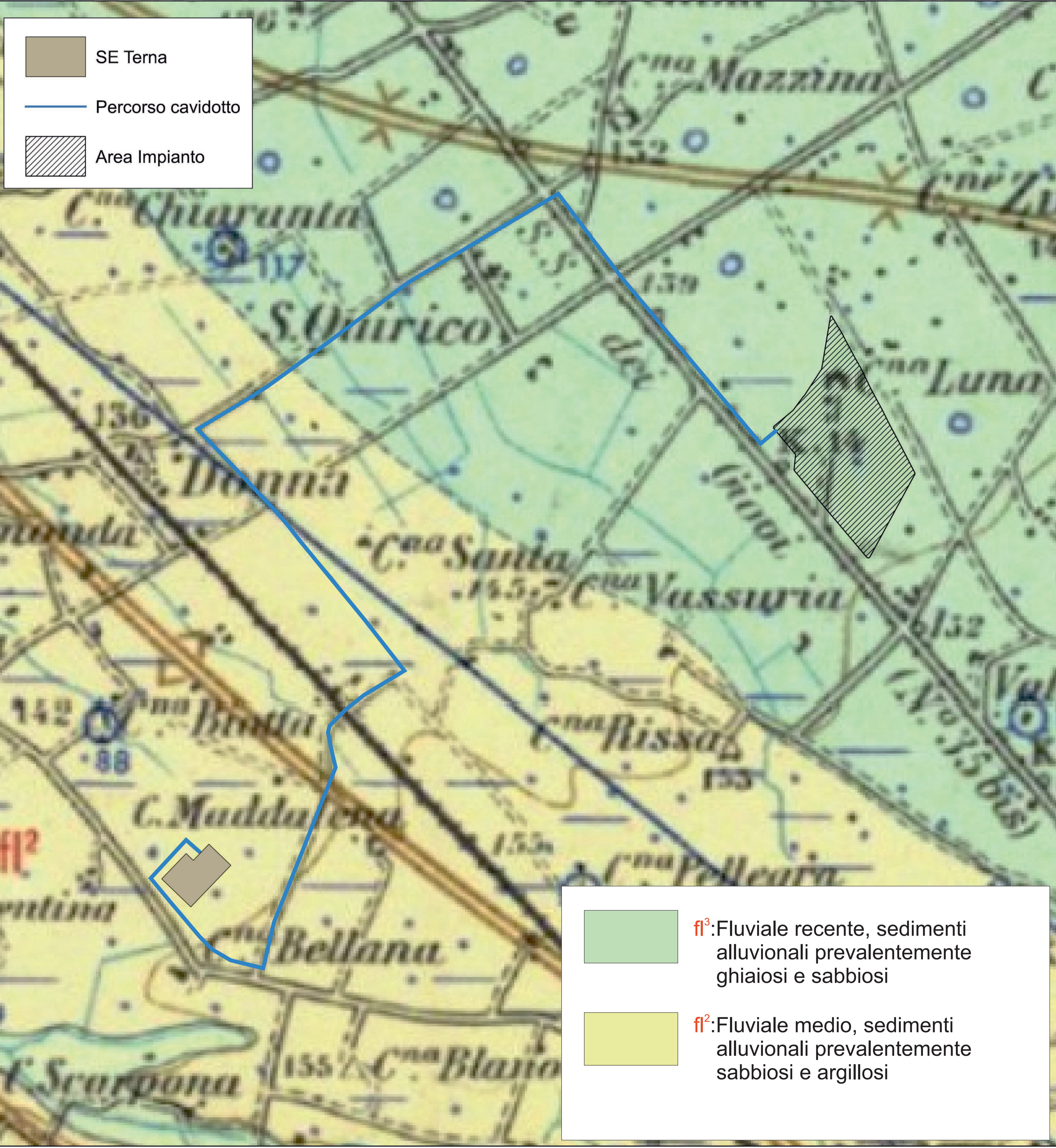
**COMMITTENTE:**

Firma e timbro





ISPRA Carta Geologica d'Italia Fg. 70 Alessandria



**Oggetto:** Impianto "Agrovoltaico Cascina Luna" Comune di Pozzolo Formigaro (AL)

**Committente:** LUNA SOLAR s.r.l. via sant'Orsola n° 3 20123 Milano

**Progettazione:** STUDIO FERRERA ARCHITETTI

**Progettisti Esterni:** Ing. Federico Micheli - Progettazione e coordinamento; Dott. Dello Barbieri - Agronomia, botanica, faunistica; Ing. Michele Figliari - Progettazione Elettrica; Ing. Cesare Cervi - Acustica; Ing. Alberto Laudadio - Intervisibilità; Ing. Massimiliano Poggini - Calcoli Strutturali; Dott.ssa Valentina Brodasca - Archeologia; Dott. Geol. Luca Sivori - Geologia

**Nome Elaborato:** A.F.3 - Carta geologica

SCALA 1:10.000	CODICE ELABORATO	TIPOLOGIA IMPIANTO AGROVOLTAICO	FASE PROGETTUALE DEFINITIVO
FORMATO A1			
PROG N° 550	REVISIONE 0	DATA MAGGIO 2024	REDATTO LS
ARCH N°			CONTROLLATO FM
			AUTORIZZATO SF

**RESPONSABILE COORDINAMENTO PROGETTO:** ARCH. STEFANO FERRERA

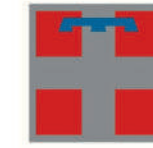
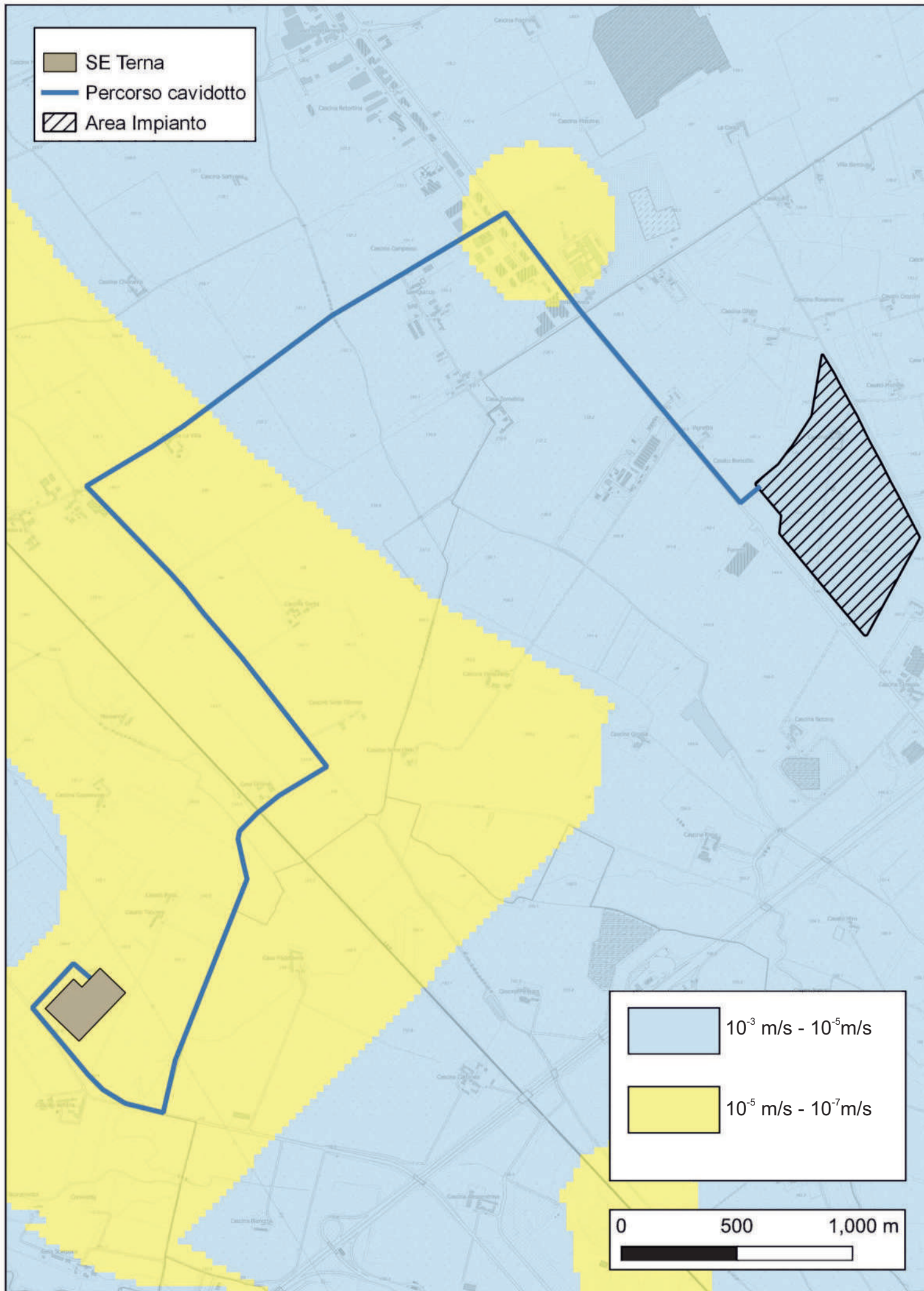
COMMITTENTE:



Firma e timbro

Firma e timbro





REGIONE PIEMONTE



COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO



COMUNE DI BOSCO MARENGO



PROVINCIA DI ALESSANDRIA

Oggetto:

## Impianto "Agrovoltaico Cascina Luna" Comune di Pozzolo Formigaro (AL)

Committente:

**LUNA SOLAR s.r.l.**

via sant'Orsola n° 3  
20123 Milano



Progettazione:

**STUDIO FERRERA ARCHITETTI**

CORSO AURELIO SAFFI N° 15/1A - GENOVA  
WWW.STUDIOFERRERA.COM

INFO@STUDIOFERRERA.COM  
STEFANO.FERRERA@ARCHIWORLDPEC.IT

ARCH. STEFANO FERRERA  
ARCH. STRADA - ARCH. BIANCONCINI - ARCH. PROFUMO - ARCH. COSTAGGIU - ARCH. MINUTO - ARCH. SPALLA

Progettisti Esterni:

Ing. Federico Micheli – Progettazione e coordinamento  
Dott. Delio Barbieri – Agronomia, botanica, faunistica  
Ing. Michele Pigiariu – Progettazione Elettrica  
Ing. Cesare Cervi – Acustica  
Ing. Alberto Laudadio – Intervisibilità  
Ing. Massimiliano Poggini – Calcoli Strutturali  
Dott.ssa Valentina Brodasca – Archeologia  
Dott. Geol. Luca Sivori – Geologia



Nome Elaborato:

### A.F.04 - Carta della permeabilità del suolo

SCALA	CODICE ELABORATO		TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE	
//			IMPIANTO AGROVOLTAICO	DEFINITIVO	
FORMATO A3					
PROG N°	REVISIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO
550	0	MAGGIO 2024	LS	FM	SF
ARCH N°					

RESPONSABILE COORDINAMENTO PROGETTO:  
**ARCH. STEFANO FERRERA**



*Stefano Ferrera*

Firma e timbro

COMMITTENTE:

Firma e timbro