

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE  
**"ENERGIA DELL'OLIO DI SEGEZIA"**  
 da 224,599 MWp a Troia (FG)



**GR02**  
 PROGETTO DEFINITIVO

**R.01**  
 RELAZIONE GEOTECNICA



**Proponente**  
**Peridot Solar Green S.r.l.**  
 Via Alberico Albricci, 7 - 20122 Milano (MI)



**Investitore agricolo superintensivo**  
**OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.**  
 Via A. Bertani, 6 - 20154 (MI)



**Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione**  
*Progettista:* Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Arch. Alessandro Visalli  
*Coordinamento:* Arch. Riccardo Festa  
*Collaboratori:* Urb. Daniela Marrone, Urb. Patrizia Ruggero, Arch. Anna Manzo, Arch. Paola Ferraioli, Arch. Ilaria Garzillo, Agr. Giuseppe Maria Massa, Agr. Francesco Palombo



**Progettazione elettrica e civile**  
*Progettista:* Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto  
*Collaboratori:* Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini



**Progettazione oliveto superintensivo**  
*Progettista:* Agron. Giuseppe Rutiliano

**Consulenza geologia** / **Consulenza archeologia**  
 Geol. Gaetano Ciccarelli / ARS archeologia & restauro  
 via O. Marchione n. 24, 81031 Aversa (CE)



	rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
06 ● 2023	00	Prima consegna	A4	Carmine Perna	Gaetano Ciccarelli	Fabrizio Cembalo Sambiasi
01 ● 2024	01	Integr. MASE	A4	Carmine Perna	Gaetano Ciccarelli	Gaetano Ciccarelli
	02					
	03					
	04					
	05					
	06					
	07					

**CG Associati s.r.l.s**  
 architettura ingegneria geologia  
 Sede Legale: Corso Umberto I, 154 - 80138 NAPOLI  
 Sede Operativa: Via Alfredo Rocco, 29 - 80128 NAPOLI  
 Tel. +39 0815609190 - Fax +39 1782236929  
 Codice Fiscale e Partita I.V.A. 091653112  
 AMMINISTRATORE UNICO  
 Arch. Antonella Giardino

SOMMARIO

1. Premessa .....	2
2. Scopo del documento .....	3
3. Normativa e documenti di riferimento .....	3
4. Localizzazione geografica .....	4
5. Inquadramento geostrutturale del territorio .....	4
5.1. Assetto geologico generale.....	4
5.1.1. Unità stratigrafiche.....	5
5.2. Assetto geologico locale .....	7
5.2.1. Alluvioni terrazzate Qt3 (Olocene): .....	7
5.2.2. Ciottolame con elementi di media e grandi dimensioni, a volte cementati Qc1 (Pleistocene): .....	7
5.2.3. Sabbie giallastre sciolte, talora con accenno di stratificazione PQs (Pliocene-Calabriano): .....	8
6. Lineamenti geomorfologici.....	8
7. Campagna di indagini geognostica.....	9
7.1. Prova penetrometrica dinamica .....	10
7.2. Profilo di sismica a rifrazione .....	10
7.3. Indagine MASW .....	12
8. Indagini di riferimento .....	12
9. Caratterizzazione sismica del sito.....	15
9.1. Analisi della storia sismica .....	17
9.2. Suscettività alla liquefazione .....	20
9.2.1. Potenziale di liquefazione .....	21
10. Conclusioni.....	0

## 1. Premessa

La presente versione della relazione viene fornita come integrazione del progetto protocollato il 26 luglio 2023, codice procedura ID\_VIP/ID\_MATTM 10090. Detta integrazione risponde alle richieste della Commissione Tecnica PNRR-PNIEC prot. MASE\_2024-0008422.

Richiesta MASE			G_R01 - pag.000
codice	Testo richiesta	commento	Posizione risposta
2.4	Atteso che nei documenti di progetto non si evince chiaramente se esiste o meno la falda nell'area dell'impianto, si chiede di identificare la presenza della falda e nel caso le sue caratteristiche in termini di soggiacenza, direzione del flusso, portata sia nell'area di impianto che dei cavidotti MT. Nel caso si evidenzino interferenze tra la falda e l'impianto dovranno essere individuate opportune misure di mitigazione e sviluppato uno specifico piano di monitoraggio.	Nell'integrazione sono stati chiariti gli aspetti riguardanti la falda e le sue caratteristiche.	G_R01 - pag. 18 G_R01 - pag. 26 G_R02 - pag. 08 a pag. 11 G_R03 - pag. 06 a 08
3.1	Atteso che nella G_R02_Relazione geotecnica.pdf viene indicato che sono state svolte 2 prove penetrometriche ed 1 prova MASW, non sono tuttavia indicati quali sono i punti dove sono state svolte le indagini e non sono riportate le modalità di prova. Fornire maggiori chiarimenti indicando rispetto a quali punti e quali aree di impianto sono state svolte le prove. Si fa presente che in un territorio così vasto è necessario svolgere un numero di prove almeno pari al numero di lotti (piastre) previste in progetto. I risultati andranno riportati anche in forma tabellare per cui per ogni prova andranno indicate: le coordinate di riferimento, l'area di impianto di riferimento (piastra), la	Oltre che a specificare e chiarire l'ubicazione delle prove di riferimento il progetto è stato integrato con diverse prove eseguite in loco sufficienti a caratterizzare i lotti sotto il profilo geotecnico e sismico	G_R02 - pag. 08 a 13

	profondità di esecuzione; andrà inoltre dato riscontro dell'eventuale presenza della falda, delle caratteristiche stratigrafiche, della permeabilità dei terreni dell'area di impianto, ecc.		
--	--	--	--

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica di un impianto agrivoltaico denominato "Energia dall'Olio di Segezia" da realizzarsi nel Comune di Troia (FG).

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti sia da fonti bibliografiche che indagini eseguite nell'area in esame.

A tal proposito, le indagini integrate ed eseguite sono:

- n. 6 sondaggi penetrometrici dinamici leggeri (S.C.P.T.) per valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati, fino alla profondità massima di circa 5 m;
- n. 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P per determinare le caratteristiche geometriche ed elastomeccaniche delle unità litostratigrafiche presenti nel sottosuolo;
- n. 1 acquisizione MASW lungo lo stesso allineamento della sismica a rifrazione per definire il parametro  $V_{seq}$  e, di conseguenza, classificare il suolo di fondazione secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003, successivi aggiornamenti e le NTC18.

In sintesi, nei paragrafi seguenti, verranno approfondite le seguenti tematiche:

- Inquadramento Geografico;
- Inquadramento generale dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici e geomorfologici;
- Elaborazione ed analisi delle indagini geotecniche eseguite;
- Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica di riferimento e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio liquefazione;

## 2.Scopo del documento

Le presenti note contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico e sono state redatte secondo gli standard metodologici più diffusi in ambito scientifico.

## 3.Normativa e documenti di riferimento

Dal punto di vista normativo sono stati presi in riferimento

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- Circ. Min. Il.TT. 21/01/2019 n. 7, "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17/01/2018".

## 4. Localizzazione geografica

L'area oggetto di studio è localizzata in corrispondenza della frazione Borgo Segezia situata a est del centro abitato del Comune di Troia. L'intero territorio comunale è caratterizzato da un'area agricola, essenzialmente pianeggiante o con versanti a bassa pendenza. L'elevazione altimetrica varia da poco oltre i 210 m.s.l.m. nella parte più a sud dell'area dell'impianto ad arrivare a poco oltre i 150 m.s.l.m. nella sua porzione più a nord. Per quanto riguarda la localizzazione cartografica, il territorio dell'area di progetto è compreso all'interno del Foglio 163 "Lucera" e 164 "Foggia" della Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, C.T.R. Puglia 421021 e 421024.

Geograficamente l'area è individuata dalle seguenti coordinate:

- latitudine 41.377306°
- longitudine 15.462878°



Figura 1 Ubicazione dell'area di progetto (da Google Earth).

## 5. Inquadramento geostrutturale del territorio

### 5.1. Assetto geologico generale

L'area indagata ricade geologicamente a ridosso del margine orientale della Fossa Bradanica al limite con il margine esterno dell'Appennino Dauno.

Nell'area della Fossa Bradanica sono presenti terreni sedimentatisi dal Pliocene al Pleistocene. I depositi pliocenici sono posti al contatto con i depositi fliscioidi appenninici in posizione trasgressiva e caratterizzati da una successione prevalentemente conglomeratica e sabbiosa.

Questi depositi, affioranti in tutta l'area di indagine, sono ben identificati da una successione regressiva rappresentati dal basso verso l'alto da argille e sabbie e conglomerati.

La Fossa Bradanica nell'area foggiana coincide con il Tavoliere. È paleogeograficamente individuata come una depressione allungata da NO a SE, compresa fra le Murge e gli Appennini, colmata da depositi clastici prevalentemente argillosi, al di sopra di una potente serie carbonatica di età mesozoica costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie.

L'ampio ed esteso bacino di sedimentazione si è formato nel Pliocene, durante le ultime fasi dell'orogenesi appenninica, in seguito alla subsidenza del margine interno dell'Avampaese Apulo. È stato colmato durante tutto il Pliocene, nella porzione depocentrale, da sedimenti prevalentemente argillosi per uno spessore superiore ai 2000 metri. La sedimentazione ha avuto termine alla fine del Pleistocene con l'emersione dell'intera area di fossa.



Figura 2 Distinzione dei domini geologici (Bruno G. et alii, 2006).

Lungo i bordi del bacino si sono depositati, sul lato appenninico, depositi costieri conglomeratico - arenacei mentre sul lato orientale depositi costieri carbonatici. Nel primo caso i terreni sono rappresentati dalle argille grigio azzurre della Formazione delle Argille subappennine, mentre negli altri due casi si tratta di sabbie e conglomerati, sul bordo occidentale, e prevalentemente calcareniti, su quello orientale.

### 5.1.1. Unità stratigrafiche

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione

appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

In particolare, si è fatto riferimento per quanto riguarda la geologica riferita all'area in esame si è fatto riferimento al Foglio 163 Lucera e 164 Foggia della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

## DEPOSITI QUATERNARI

### Olocene

-**Q**: Alluvioni recenti e attuali.

-**Qer**: Crostoni calcarei, **Qp**: terre nere di fondi palustri

-**Qt**: Depositi fluviali terrazzati a quote superiori ai 7 m sull'alveo del fiume; superfici spianate, spesso ricoperte da terreni eluviali (**Qe**)

-**Qt3**: Alluvioni terrazzate recenti, poso superiori agli alvei attuali, di ciottoli, sabbie e subordinatamente argille sabbiose. Talora con crostoni calcarei evaporitici.

### Pleistocene

-**Qc1**: Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni a volte cementati, di rocce derivanti dai terreni dell'Appennino, talora con intercalazioni sabbiose. Il complesso poggia generalmente sulla superficie erosa della serie Pliopleistocenica.

### PLIOCENE-CALABRIANO

-**PQs**: Sabbie giallastre, sciolte, talora con accenno di stratificazione con *Uvigerina peregrina* e *Bulimina marginata*.

-**PQa**: Argille scistose, argille marnose grigio-azzurrognole, sabbie argillose con frequenti associazione di *Bulimina*, *Bolivina*, *Cassidulina*.

### MIOCENE

-**bcD**: Formazione della Daunia, breccie e brecciole calcareo-organogene, a luoghi con lenti di selce, alternanti a marne ed argille varicolori; argille e marne siltose; calcari compatti o farinosi biancastri; arenarie di vario tipo; puddinghe poligeniche, briozoi e molluschi miocenici associati a foraminiferi del Paleogene e del Miocene.

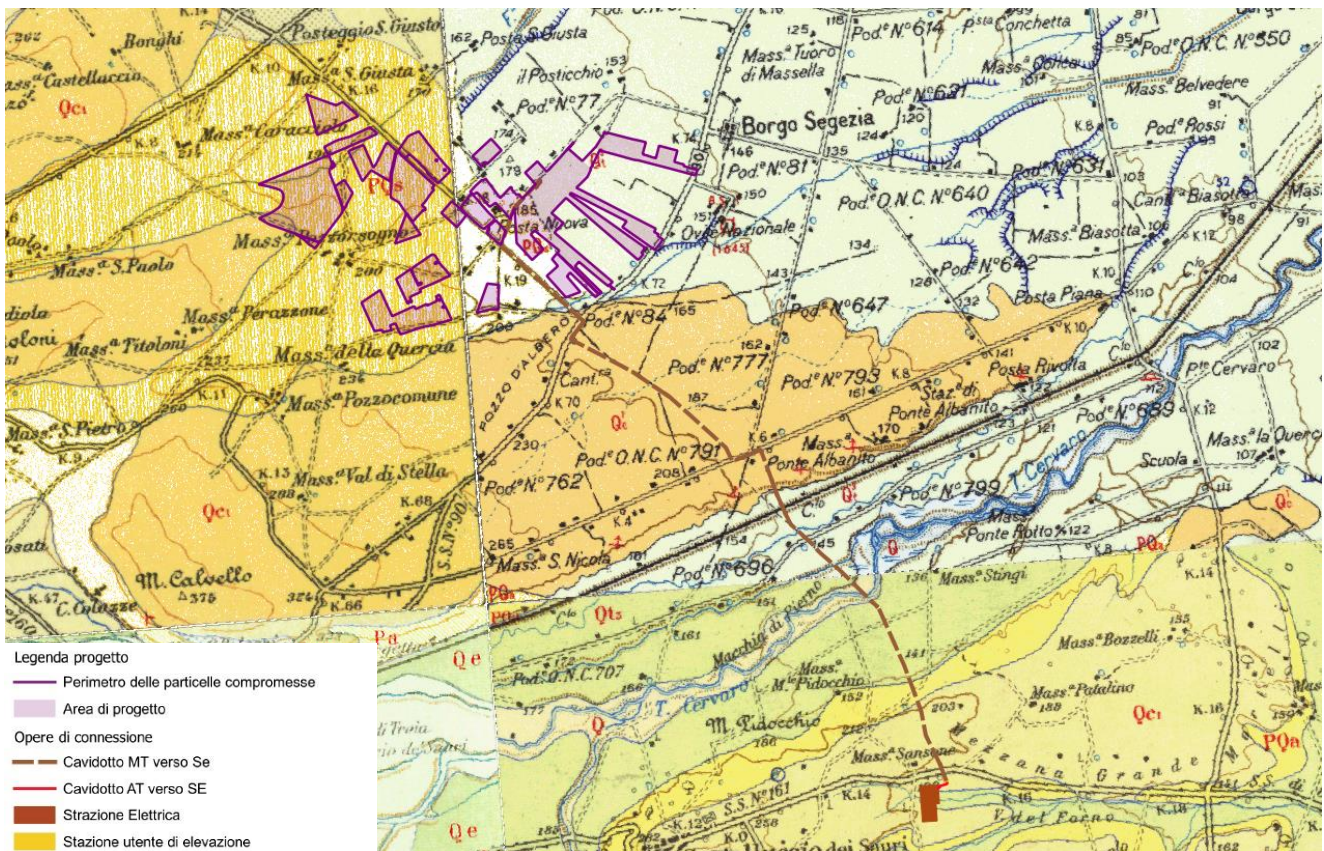


Figura 3 Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 foglio n.163 Lucera e 164 Foggia (non in scala).

## 5.2. Assetto geologico locale

Le unità geologiche che interessano esclusivamente l'area oggetto di studio, cartografate nella Carta Geologica d'Italia (Foglio 163 e 164, scala 1:100.000) vengono descritte secondo la bibliografia relativa alle note illustrative del foglio sopracitato.

### 5.2.1. Alluvioni terrazzate Qt3 (Olocene):

Formate in prevalenza da sedimenti sabbioso-argillosi, subordinatamente ciottolosi, presentano frequentemente terre nere e incrostazioni calcaree. Tali alluvioni terrazzate assumono una certa importanza lungo i corsi dei tre torrenti principali: Candelaro, Cervaro e Carapelle.

### 5.2.2. Ciottolame con elementi di media e grandi dimensioni, a volte cementati Qc1 (Pleistocene):

I depositi distinti con questa sigla sono composti da ciottolame misto a sabbie sciolte o in puddinga, costituito da elementi di arenaria e di calcare detritico derivanti dal flysch, di dimensioni media tra 10 e 30 cm di diametro, alternato con sabbie ad andamento lenticolare e talora a stratificazione incrociata. Superiormente si presentano con concrezioni e crostoni calcarei. Questo complesso raggiunge una potenza di 50 m e forma le superfici spianate dei terrazzi più alti del Tavoliere, fino a 400 m di quota s.l.m. (presso Troia).

Esso poggia con lieve discordanza sui sedimenti sottostanti, ma taluni affioramenti nei pressi di Troia mostrano continuità con le sottostanti sabbie marine attribuite al Calabriano. Questi depositi vengono interpretati come accumuli deltizi formati in corrispondenza di fasi pluviali durante le quali le capacità di trasporto dei corsi d'acqua



ed i processi di denudamento sarebbero stati straordinariamente attivi. Circa la loro età si ritiene probabile che essi corrispondano alla fine dell'oscillazione eustatica calabriana.

### 5.2.3. Sabbie giallastre sciolte, talora con accenno di stratificazione PQs (Pliocene-Calabriano):

Nella porzione di area rilevata e cioè ad oriente di Troia, il complesso passa superiormente a sabbie gialle, nelle quali solo raramente è possibile riconoscere tracce di stratificazione. Esse contengono *Uvigerina peregrina* e *Bulimina marginata* e rappresentano il termine più alto dell'intera serie pliocenico-calabriana

## 6. Lineamenti geomorfologici

L'area di studio si sviluppa a est del centro abitato di Troia e ricopre un'area a ridosso di una zona collinare del margine occidentale del Tavoliere foggiano. Questa unità morfologica delimita una vasta pianura che si estende da un confine all'altro della provincia foggiana ed è delimitata verso sud dalle alture della Murgia barese e verso nord - ovest dal margine esterno dell'Appennino Dauno. La fascia collinare è caratterizzata, pertanto, da morfologie che degradano da ovest verso est, passando da quote di 440 m ad una quota medie di circa 280 m verso est. Dominano ampie superfici suborizzontali delimitate da versanti con basse pendenze con inclinazione inferiore ai 10°. Queste superfici possono essere rappresentate o da piane alluvionali, presenti nelle depressioni morfologiche, o da terrazzi di regressione marina, in corrispondenza degli alti morfologici. Vi affiorano terreni recenti con conglomerati, sabbie e argille plio-pleistoceniche, ben evidenti lungo i principali fossi presenti nei dintorni nell'area di studio.

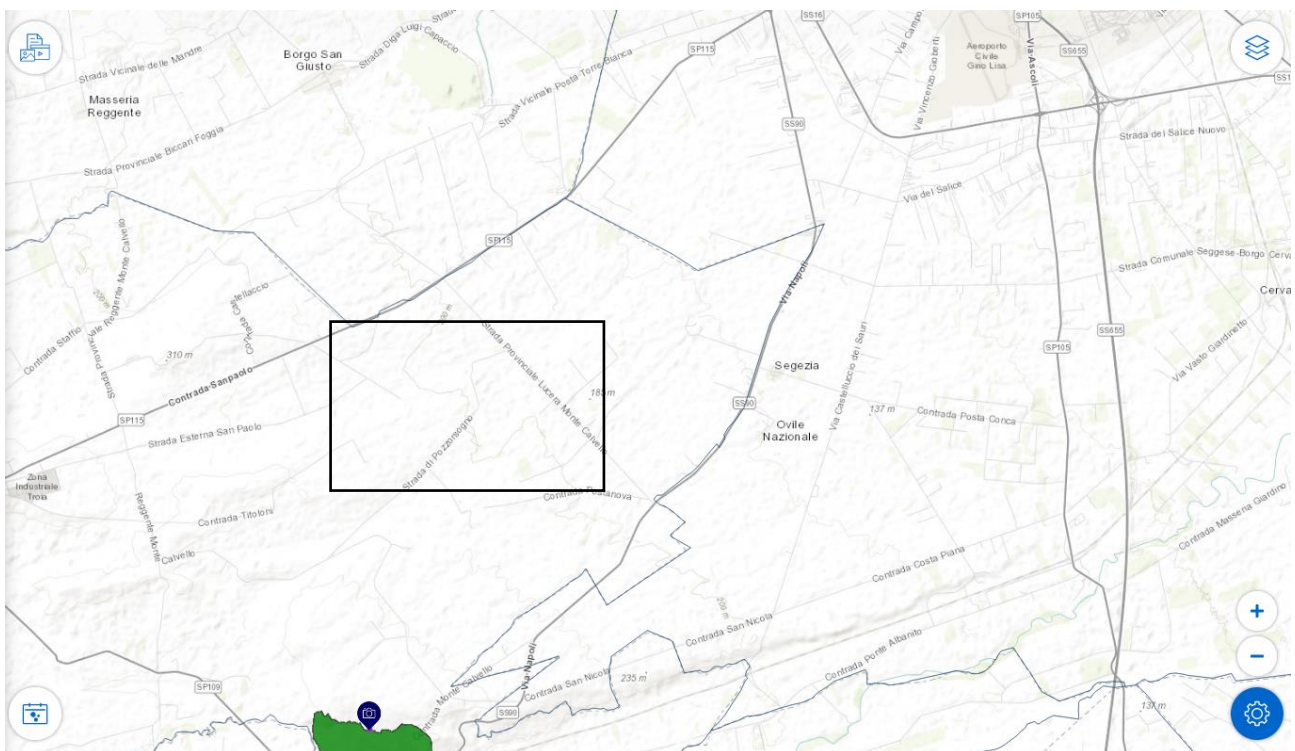


Figura 4 Stralcio della Carta delle frane del Progetto IFFI  
(portale <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi?>)

## 7. Campagna di indagini geognostica

Per la redazione del presente studio e con lo scopo di approfondire le conoscenze sulle caratteristiche geologiche e geotecniche del sottosuolo dell'area di progetto è stata realizzata una campagna indagini integrativa. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente data l'omogeneità dei terreni nell'area di studio, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Le indagini compiute sono:

- Sei prove penetrometriche dinamiche leggere continue;
- Una sismica a rifrazione;
- Una acquisizione MASW.

Di seguito si espone una sintesi dei risultati ottenuti. Per maggiori dettagli si rimanda all'appendice del presente documento. Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite all'interno dell'area occupata dall'impianto fotovoltaico.

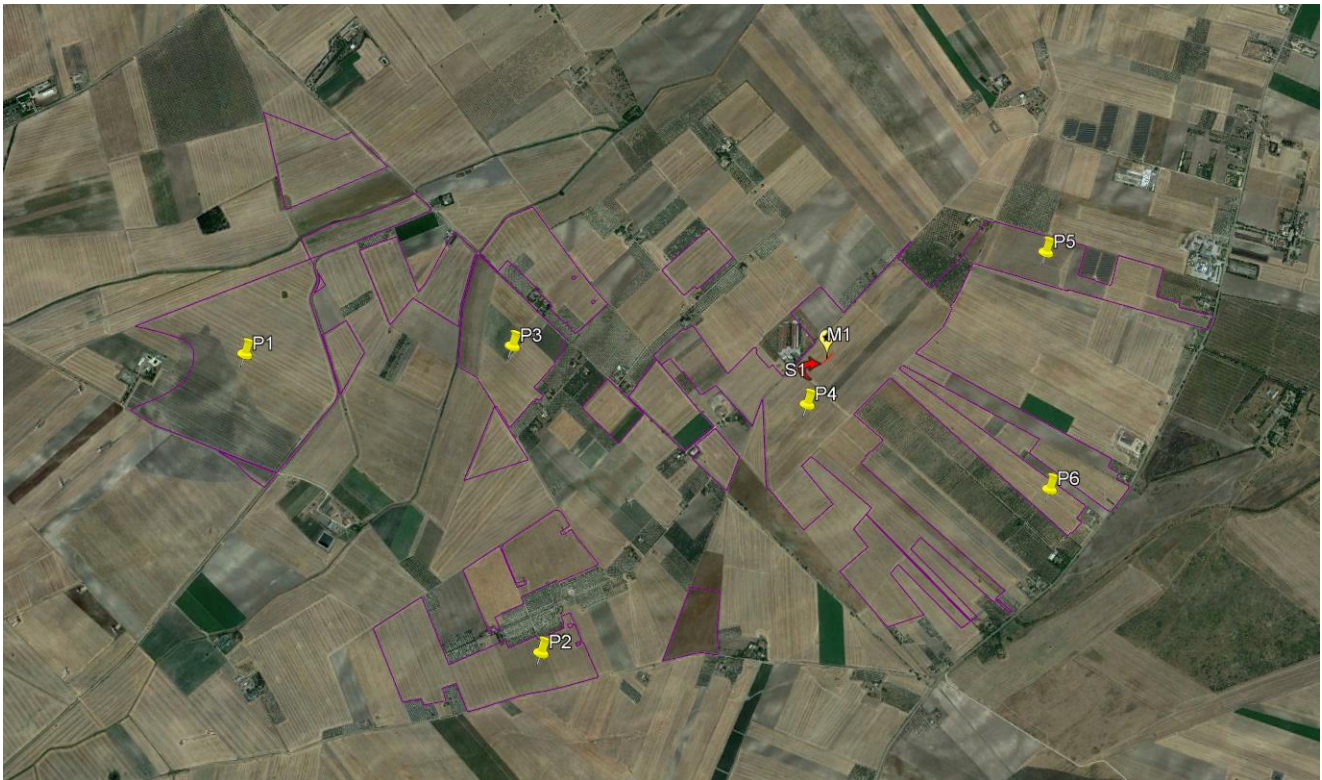


Figura 5 Ubicazione indagini effettuate

Le prove descritte in seguito in seguito sono state commissionate ed elaborate in un numero ed in maniera tale da ricavare le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti e la categoria di sottosuolo. Difatti, data l'omogeneità dei terreni e dell'assetto geomorfologico si ritiene le prove eseguite ed integrate nella presente relazione sufficienti a caratterizzare adeguatamente i lotti sotto il profilo geotecnico e sismico.

## 7.1. Prova penetrometrica dinamica

Le prove sono state distribuite in differenti punti in modo tale da caratterizzare complessivamente l'area occupata dal nuovo impianto fotovoltaico. In particolare, sono state posizionate lungo il lieve pendio a differenti quote in modo da esaminare tramite tale metodologia di investigazione tutti i terreni affioranti nell'area dell'impianto, che, come indicato in precedenza, sulla base della cartografia geologica ufficiale sono costituiti principalmente da depositi appartenenti alle Argille Subappennine e parzialmente dai depositi fluviali terrazzati.

Nel dettaglio, le prove eseguite su questi ultimi depositi sono la PE03 e PE06. La profondità massima raggiunta da tutte le prove è di 5,00 m. Ciò prova che entro tale profondità dalla superficie si rinvengono terreni sciolti non litificati. Inoltre, i valori di resistenza alla penetrazione misurati nelle differenti prove risultano molto simili tra loro, abbastanza costanti e caratterizzati da rare e lievi variazioni. Tali caratteristiche dei risultati possono essere interpretate dal punto di vista litotecnico con la presenza di materiali a composizione relativamente omogenea e contraddistinti solo da alcune lievi variazioni del grado di consistenza e/o compattezza. In tutti i sondaggi non è stata intercettata la presenza della falda.

Nonostante non sono state riconosciute grandi difformità nei risultati ottenuti, esaminando più in dettaglio le prove PE03 e PE06, che come anticipato dovrebbero essere state eseguite sui depositi fluviali terrazzati, e confrontandole con le altre prove, effettuate sui depositi delle Argille Subappennine, in effetti, si può notare che il valore medio di resistenza alla penetrazione è mediamente e lievemente più basso. In particolare, tale caratteristica si individua per tutto il sondaggi penetrometrico P06 e in parte di quello PE03 (primi 3 m di profondità). Ciò potrebbe confermare la presenza di tali depositi con proprietà leggermente diverse. Inoltre, nella prova PE03, oltre i 3 m, l'individuazione di un aumento un po' più marcato di tali valori potrebbe rappresentare il passaggio alle sottostanti Argille Subappennine.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici nella tabella seguente si riportano i valori medi ottenuti per le diverse unità litostratigrafiche individuate. Tali valori sono stati desunti da relazioni empiriche con il software di elaborazione delle prove penetrometriche che determina valori relativamente alla parte granulare e a quella coesiva e per tali motivi i risultati vanno interpretati.

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	DENSITÀ RELATIVA (%)	PESO DI VOLUME SECCO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO DI VOLUME SATURO (kg/m <sup>3</sup> )	ANGOLO DI ATTRITO (°)	COESIONE NON DRENATA (Kg/cm <sup>2</sup> )
Suolo agrario limo-argilloso	19,4	1417	1857	28,1	0,33
Argille siltose (DEPOSITI FLUVIALI TERRAZZATI)	20,83	1427	1878	28,3	0,36
Argille siltose siltoso-sabbiose e marnose (ARGILLE SUBAPPENNINE)	34,2	1497	1923	30,24	0,70

## 7.2. Profilo di sismica a rifrazione

La sismica a rifrazione è servita a valutare su più ampi volumi le caratteristiche geologiche e geometriche dell'area investigata. È stata eseguita una investigazione sismica (S1) e l'indagine è stata posizionata in un settore all'incirca centrale e considerato significativo del sito in studio.

Di seguito si espone l'interpretazione dei risultati ottenuti, che possono essere visualizzati nella tomografia sismica in Figura seguente.

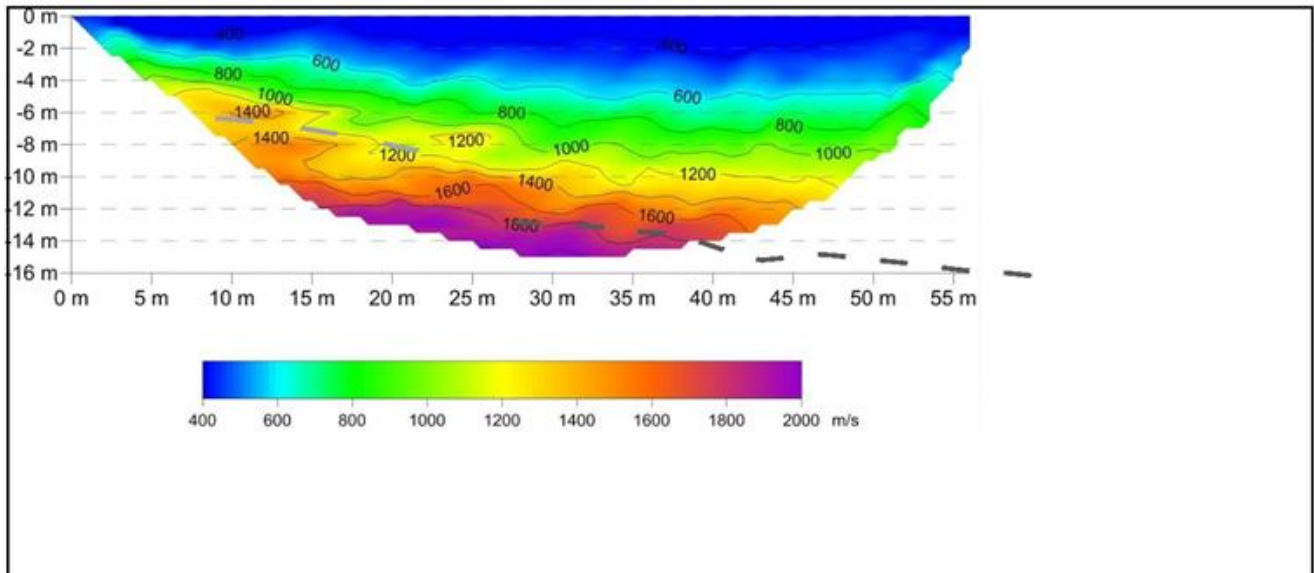


Figura 6 Tomografia sismica in onde P ( $V_p$ ) per il profilo S1

L'elaborazione con algoritmo tomografico ha restituito un modello del terreno caratterizzato da valori delle velocità sismiche  $V_p$  comprese tra circa 400 e 2000 m/s. Come accennato, in funzione della configurazione geometrica utilizzata per l'acquisizione e delle caratteristiche elastomeccaniche del sottosuolo, la profondità di investigazione massima raggiunta nel settore centrale del profilo è di circa 15 m.

L'andamento delle velocità è contraddistinto complessivamente da un graduale e più o meno costante aumento con la profondità. Osservando il profilo di tomografia sismica, però, si nota un differente comportamento del gradiente di velocità tra il settore iniziale (0-15 m dall'inizio della sezione tomografica) e quello restante (15-56 m). Difatti, nel settore iniziale le isolinee di velocità sono più ravvicinate fin dai primi metri a dimostrazione di un gradiente più elevato.

Pertanto, si osserva come le velocità risultano relativamente basse nei primi 2-3 m del tratto iniziale mentre lo sono fino ai primi 4-5 m in quelli centrale e finale. Inoltre, a profondità maggiori e differenti tra loro si distinguono due più repentini aumenti del gradiente delle velocità (linee con diverse tonalità del grigio). Nel dettaglio, nel tratto iniziale è individuato tra le isolinee degli 800 e dei 1200 m/s mentre in quelli centrale e finale tra le isolinee dei 1200 e dei 1600 m/s. Infine, si riconosce nel complesso un andamento leggermente articolato delle isolinee che risultano caratterizzate da lievi ondulazioni ed anche da alcune circoscritte variazioni laterali e verticali con inversione delle velocità.

Il primo sismostrato, più superficiale, è individuato sulla base dei valori relativamente più bassi, che sono compresi tra 400 e 600 m/s (toni del blu-celeste). Tali valori sono indicativi di proprietà elastomeccaniche basse e il sismostrato può essere associato al terreno agrario e alla porzione superficiale del substrato, rappresentato o da materiale eluvio-colluviale o dalla parte più alterata dei depositi prevalentemente argilloso siltosi. Lo spessore di tale intervallo varia da un minimo di circa 2-3 m nel settore iniziale ad un massimo di 4-5 m in quelli centrale e finale.

Al di sotto, fino alle profondità dal piano campagna di circa 4-5 m nel tratto iniziale e 9-12 m in quelli centrale e finale, a cui si attestano i più repentini aumenti del gradiente di velocità (linee con diverse tonalità del grigio), si individua un secondo sismostrato rappresentato da valori di velocità più elevati e che aumentano con la profondità abbastanza rapidamente nel tratto iniziale e più gradualmente e costantemente nei restanti settori (toni del verde-giallo). L'andamento delle velocità è indicativo di un miglioramento delle proprietà elastomeccaniche che risultano pertanto buone. Sulla base delle informazioni del sottosuolo a disposizione, questo intervallo è riferibile al materiale eluvio-colluviale o alla porzione superficiale e maggiormente alterata del substrato prevalentemente argilloso siltoso.

Segue l'ultimo sismostrato fino alla profondità massima raggiunta dall'indagine sismica (toni del giallo-arancio-rosso-viola), caratterizzato anche in questo caso da un continuo aumento delle velocità e pertanto da un ulteriore miglioramento delle proprietà elastomeccaniche. Esso può essere interpretato o come un passaggio ad un porzione più consistente all'interno della stessa unità argilloso siltosa.

Inoltre, le variazioni verticali e laterali delle velocità ed il particolare andamento ondulato delle isolinee possono essere attribuite all'esistenza di lenti o intervalli di materiali argilloso marnosi e/o sabbiosi, contraddistinti da un grado di compattezza differente. Una ulteriore interpretazione che può essere considerata, in particolare riguardante la sola parte iniziale del profilo, è la possibile presenza al di sotto del terreno agrario di un intervallo di conglomerati, su parte della quale è stata eseguita l'indagine sismica, o di resti di blocchi di conglomerato rinvenuti nel livello eluvio-colluviale superficiale.

### 7.3. Indagine MASW

Per determinare l'azione sismica di progetto secondo la normativa vigente (NTC 2018), è stata eseguita una acquisizione di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Wave) necessaria a ricostruire l'andamento della  $V_{seq}$  e a classificare il terreno di fondazione secondo l'O.P.C.M. 3274/2003 e successivi aggiornamenti. L'indagine è stata effettuata in settore all'incirca centrale dell'area interessata dal progetto, lungo lo stesso allineamento della sismica a rifrazione. Si precisa, inoltre, che il modello del sottosuolo è stato ottenuto in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione. Il modello consiste nel determinare l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità. M1: In base al modello ottenuto e considerando che non è stato individuato il substrato sismico, rappresentato da valori di  $V_s$  superiori a 800 m/s, ad una profondità dal piano campagna inferiore a 30 m, è necessario considerare di 30 m lo spessore dello strato che interagisce in maniera significativa con la struttura. Per tali motivi il parametro  $V_{seq}$  considerato uguale a  $V_{s30}$ .

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato risulta pari a 352 m/s e secondo l'attuale normativa antisismica (D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni) il suolo nel tratto investigato ricade nella categoria C (*"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*).

## 8. Indagini di riferimento

Oltre le indagini effettuate per il presente studio sono state prese di riferimento, consultate e analizzate delle indagini realizzate nel 2020 per la realizzazione di un impianto fotovoltaico in località San Gerolamo situato ad est rispetto l'area di studio ed in un contesto geologico adeguatamente simile.

Le prove analizzate sono le seguenti:

- N.2 prova penetrometrica dinamica;
- N.1 indagine sismica tipo MASW;



- Profondità 0.00 – 1.00 metri: 20.5 Rpd medio (Kg/cmq)
- Profondità 1.00 – 3.00 metri: 36.9 Rpd medio (Kg/cmq)

Il primo strato è riconducibile a terreno alterato mentre il secondo ad argille limose.

### Indagine MASW

Tra le prove di riferimento è stata analizzata un indagine sismica di tipo MASW tomografia sismica allo scopo di avere informazioni sulla stratigrafia dell'area e al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche ( $V_{s30}$ ), di fondamentale importanza per la definizione della categoria di sottosuolo come previsto dal D.M. 17/01/2018.

A partire dalla velocità delle onde di volume è stato possibile dedurre i parametri dinamici del sottosuolo riassunti nella figura seguente.

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità' (g/cm <sup>3</sup> )	Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	2,40	280	163	1,75	0,24	46
2	6,50	520	280	1,90	0,30	149
3	16,1	839	389	2,01	0,36	304
4	5,00	1837	688	2,20	0,42	1042

Figura 8 Riassunto degli strati ed i parametri dinamici del sottosuolo ricavati dalla prova di tipo MASW

Il valore della  $V_{s30}$  ricavato è  **$V_{s30}$ : 346 m/s.**

Inoltre, in riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento distinte in funzione del parametro  $V_{s30}$ .

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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione della prova MASW sopracitata. Nel nostro caso specifico, i valori calcolati di  $V_{s30}$  sono per quanto riguarda la prova MASW è 346.29 m/s. Pertanto, i terreni presenti nell'area di studio sono considerati in classe **C**.

## 9. Caratterizzazione sismica del sito

La macrozonazione sismica consiste nell'individuazione generale della pericolosità sismica in una vasta area. Basandosi sulla ciclicità degli eventi sismici, il grado di sismicità di una determinata zona viene valutato sulla base delle informazioni disponibili nei cataloghi sismici, integrate con indagini geologico-strutturali, neotettoniche e geomorfologiche per l'individuazione delle aree tettonicamente attive. Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Puglia n. 153 del 2.03.2004, il territorio di Troia è classificato in zona sismica 2 (Media Sismicità), cui compete un valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico  $a_g$  compreso tra 0.15g e 0.25g (dove g è l'accelerazione di gravità). Per quanto riguarda l'attuale Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004, agg. 2018), il territorio dell'area di studio non ricade in alcuna zona sismogenetica.

Per quanto riguarda l'attuale Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004, agg. 2018), la sismicità della zona di Troia si distribuisce lungo le zone sismogenetiche da 924. Più nello specifico, la zona 927 comprende le aree localizzate lungo l'asse della catena Appenninica (Sannio-Irpinia-Basilicata). Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, in tale zona sono attesi terremoti piuttosto profondi ( $P = 12-20$  km) e di elevata magnitudo ( $M_{max} = 6.83$ ), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti.

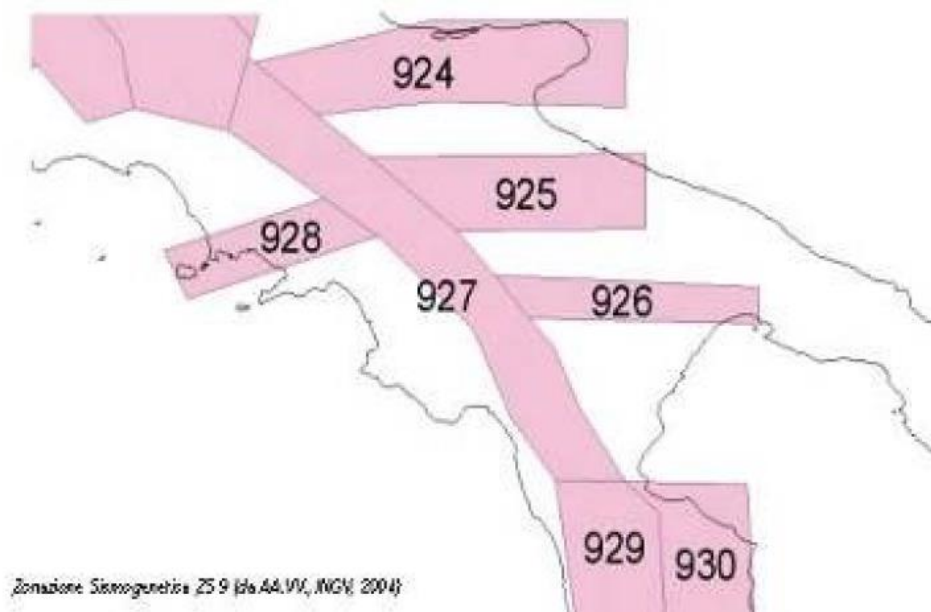


Figura 9 Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia meridionale (da AA.VV. INGV, 2004). Ogni poligono delimita una o più sorgenti sismiche ad attività differenziata dalle altre

Successivamente, secondo le direttive riportate nell'allegato A del D.M. del 14/01/2008 ed in seguito alla definizione del progetto S1 (Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sono state ridefinite le azioni sismiche di riferimento dell'intero territorio nazionale. Di seguito si riporta (figura 18 fonte INGV), in particolare, le mappe del Comune di Troia dalle quali si può risalire ai range delle azioni sismiche di riferimento. Si specifica, inoltre, che al seguente link <http://esse1.mi.ingv.it/> è possibile visualizzare, ricercando per coordinate o per comune, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento (nodi non superiori ai 10 Km) nell'intervallo di riferimento (30 e 2475 anni) **si noti quindi che i valori di PGA (acronimo di Peak**



Ground Acceleration) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno 475 anni) sono compresi tra 0.125 e 0.150 g.

### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

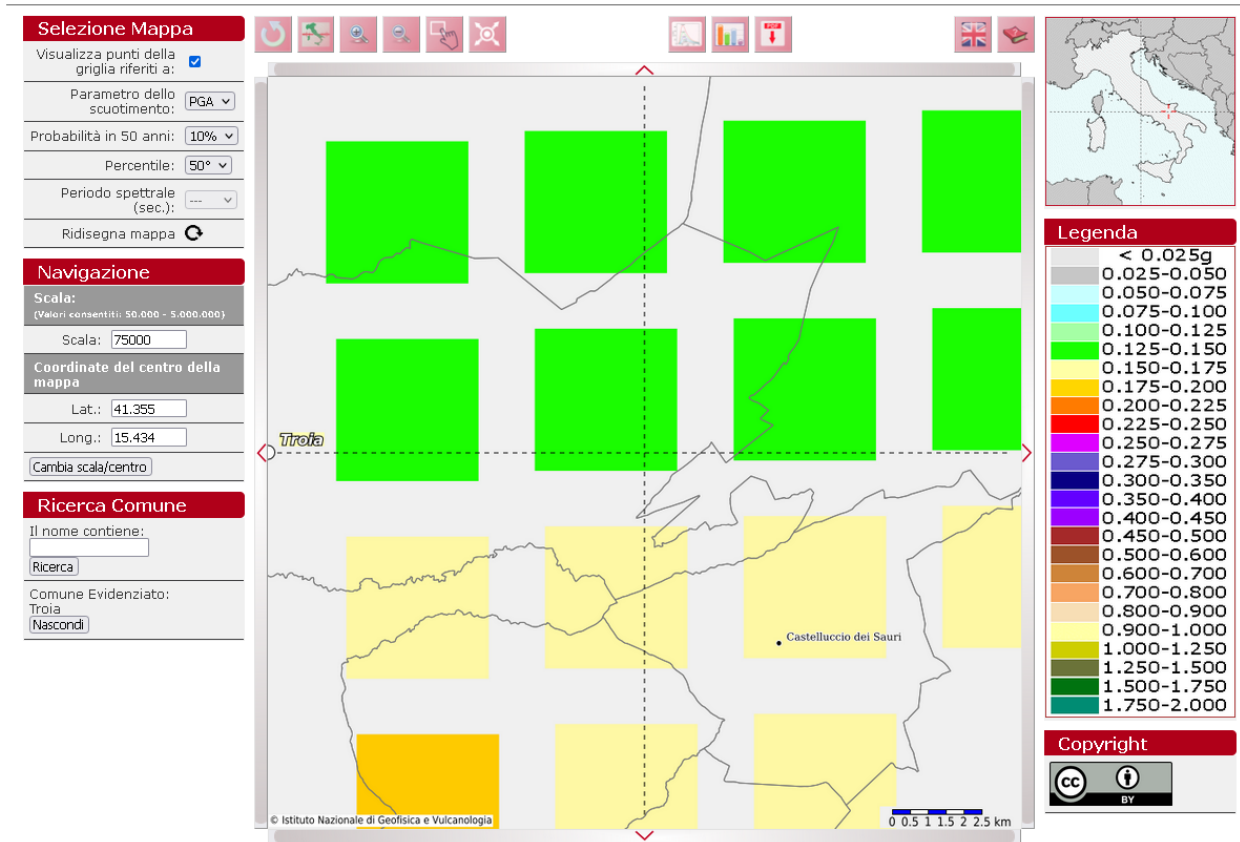
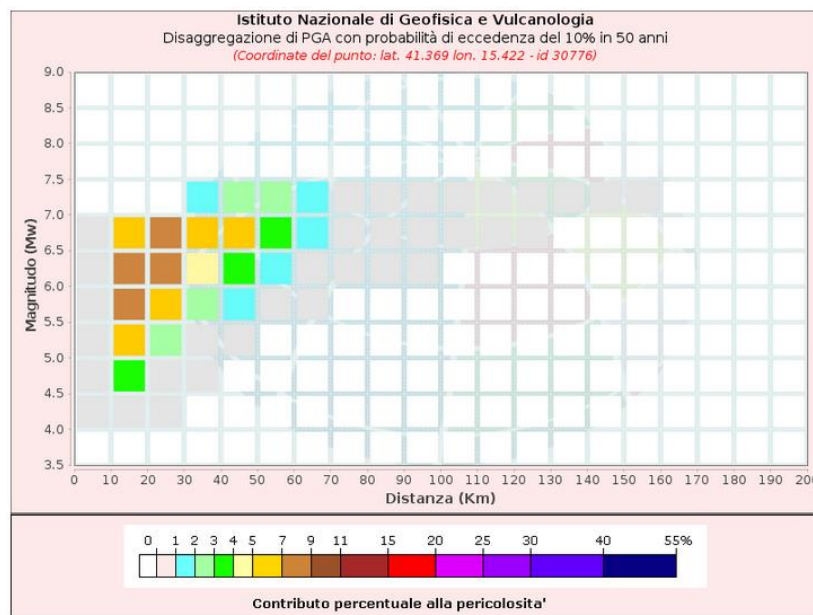


Figura 10 Accelerazioni massime attese Comune di Troia (valori compresi tra 0,125 e 0,150)

Si riportano in seguito i grafici di disaggregazione e magnitudo media riferiti all'area di studio ricavati sito dell'INGV <http://esse1.mi.ingv.it/>.



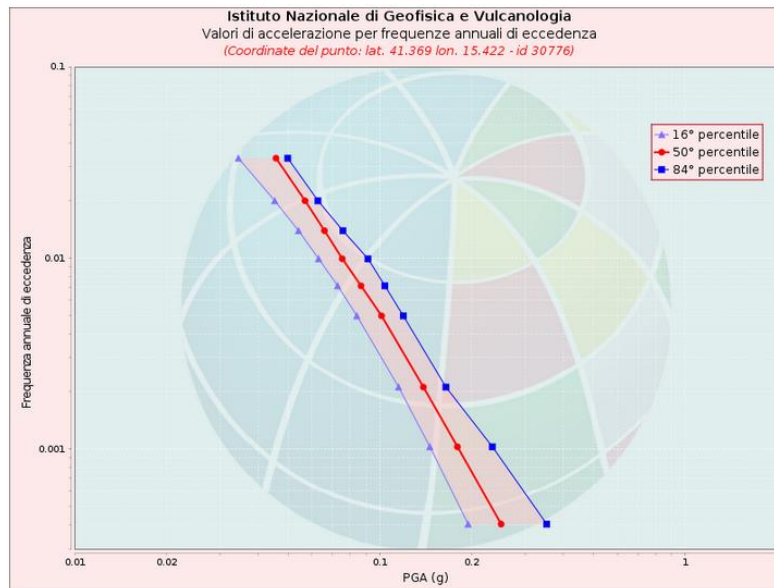


Figura 11 Grafici di disaggregazione e magnitudo media, fonte <http://esse1.mi.ingv.it/>.

La Macrozonazione Sismica, tuttavia, non tenendo in considerazione i possibili effetti di amplificazione dovuti al passaggio del moto sismico attraverso la copertura sedimentaria superficiale, può risultare inadatta a rappresentare situazioni locali che, per caratteristiche peculiari, possono presentare gradi di pericolosità sismica assai diversi, pertanto, l'analisi successiva, Microzonazione Sismica, ha la finalità di prevedere la distribuzione degli effetti di un terremoto in un'area urbana e di individuare criteri di gestione del territorio (geotecnici, strutturali, urbanistici) volti a mitigare, in futuro, i danni di un terremoto. La microzonazione sismica implica quindi la stima sia della pericolosità che della vulnerabilità sismica dell'area di studio, e quindi non può prescindere da una valutazione della risposta sismica locale, vale a dire del modo in cui la struttura geologica superficiale influisce sulla propagazione delle onde sismiche. Effetti locali d'amplificazione dell'ampiezza e d'incremento della durata del moto sismico (effetti di sito) caratterizzano generalmente le coperture di terreni superficiali poggianti su un substrato roccioso.

## 9.1. Analisi della storia sismica

L'analisi sulla sismicità storica del territorio ha considerato anche i dati macrosismici del Database Macrosismico Italiano, ultima versione DBMI15 (<http://emidius.mi.ingv.it/>), da cui sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio di Troia.

Nel caso sono evidenziati 40 eventi di riferimento dal 1000 al 2017, con indicati i parametri per l'area del catalogo, epicentro del sisma e per l'area del terremoto (I [MCS]).

Nella lista risalta che la massima intensità macrosismica registrata, espressa in MCS, è pari a 11 gradi per due eventi sismici, rispettivamente del 5 dicembre del 1456 nell'area epicentrale dell'Appennino centrale-meridionale (7,19 Mw) e del 13 gennaio 1915 nell'area epicentrale della Marsica (7,08 Mw).

L'evento sismico con un area epicentrale più vicino all'area in esame è quello del 20 aprile 1894 con epicentro nel Gargano di intensità macrosismica compresa tra i 6-7 gradi MCS. Gli eventi sismici più recenti, del 4 ottobre 2006 nell'Adriatico centrale e del 1° novembre 2002 del Molise, hanno prodotto effetti d'intensità macrosismica rispettivamente di 4-5 e 7 gradi MCS.

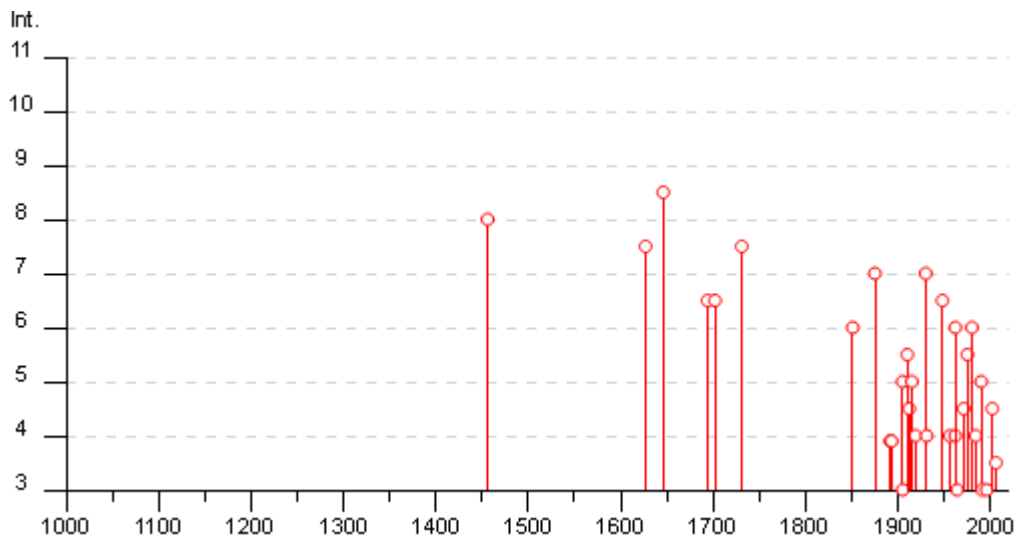


Figura 12 Grafico illustrante la storia sismica del comune di Troia dal 1000 al 2019. Sulle ascisse sono riportate le intensità sismiche ( $I_s$ ) dei terremoti rilevati, mentre sulle ordinate sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni. ([https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/))

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7-8	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66
8-9	1646	05	31				Gargano	35	10	6.72
6-7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7	1702	03	14	05			Sannio-Irpinia	37	10	6.56
7-8	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
7	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
NF	1882	06	06	05	40		Isernino	50	7	5.20
F	1892	04	20				Gargano	15	6-7	5.02
F	1892	06	06				Isole Tremiti	68	6	4.88
F	1893	01	25				Vallo di Diano	134	7	5.15
NF	1899	08	16	00	05		Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1905	03	14	19	16		Avellinese	94	6-7	4.90
5	1905	08	18	04	07		Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
5-6	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4-5	1912	07	02	07	34		Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
5	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
4	1919	10	21	00	24		Gargano	24	5-6	5.03
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
4	1931	05	10	10	48	55	Irpinia	43	5-6	4.64
6-7	1948	08	18	21	12	20	Gargano	58	7-8	5.55
2	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22
NF	1955	02	09	10	06		Gargano	31	6-7	5.05
4	1956	09	22	03	19	39	Gargano	57	6	4.64
NF	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
4	1962	01	19	05	01	25	Gargano	31	5	4.42
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
3	1964	02	18	06	58	28	Irpinia	18	5-6	4.44
4-5	1971	05	06	03	45	05	Irpinia	68	6	4.83
5-6	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
2	1977	07	24	09	55	29	Irpinia	85	5-6	4.37
6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3-4	2006	10	04	17	34	0	Adriatico centrale	98	4-5	4.30

## 9.2. Suscettività alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare sciolto o poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine nullo o piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni costituenti il sottosuolo del sito in esame sono state condotte una serie di analisi qualitative basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale. I metodi qualitativi si basano sulla conoscenza di parametri di studio come il contesto geologico-stratigrafico-geomorfologico, topografia dell'area e livello di falda. Esistono diversi criteri di classificazione in termini qualitativi, di seguito si riportano quelli più diffusi.

Classe	Unità geomorfologica	Potenziale di liquefazione
A	Letti di fiumi recenti, paleovalvei, paludi, zone bonificate, zone interdunari.	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune di sabbia, pianure di esondazione, spiagge, altre pianure.	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne.	Non probabile

Figura 13- Unità geomorfologiche e suscettività alla liquefazione (lawasaki e al. 1982), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga 2007 – Dario Flaccovio Editore

Fattore	Peso	Suscettibilità alla liquefazione				
		Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa
Profondità del livello della falda	Molto importante	< 1,5 m	< 1,5 - 3 m	3 - 6 m	6 - 10 m	> 10,0
Dimensione dei grani	Molto importante	0,075 - 1 mm	1 - 3 mm	> 3 mm	< 0,075 mm	-
Profondità del deposito	Molto importante	1,5 - 3 m	3 - 6 m	6 - 10 m	< 1,5 m	> 10 m
Strato ricoprente	Molto importante	-	-	Ricoprimento buono	Ricoprimento discreto	Ricoprimento assente
Età del deposito	Importante	< 500 anni	Tardo Olocene <sup>(1)</sup>	Olocene	Pleistocene <sup>(2)</sup>	Pre-Pleistocene
Spessore dello strato liquefacibile	Importante	> 2 m	1,2 - 2,5 m	0,6 - 1,2 m	< 0,6 m	-

Note: <sup>(1)</sup> ≤ 10.000 anni; <sup>(2)</sup> 10.000 - 1,6 milioni di anni

Figura 14 - Fattori, pesi e criterio per valutare la suscettività alla liquefazione di un sito (Juang & Elton 1991), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007 – Dario Flaccovio Editore.

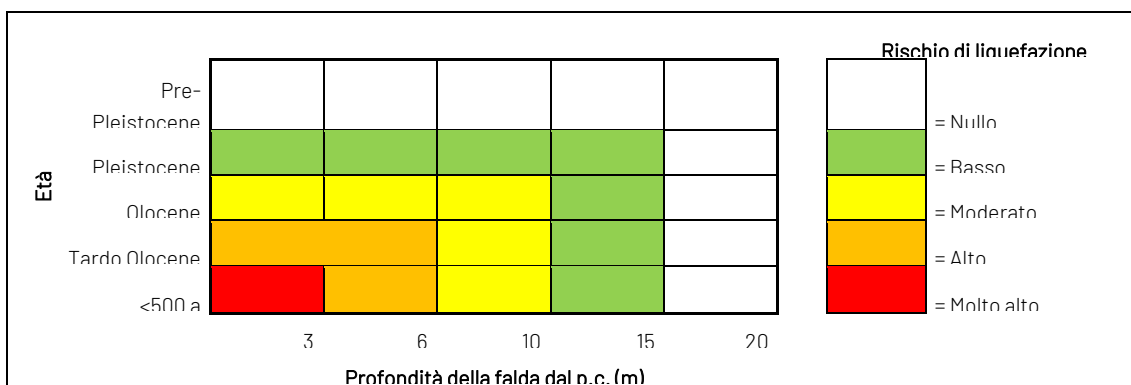


Figura 15 - Rischio liquefazione in funzione dell'età del deposito e della profondità della falda, tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007, ridisegnata - Dario Flaccovio Editore.

### 9.2.1. Potenziale di liquefazione

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto in esame 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 (NTC 2018 7.11.3.4).

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.

Età del deposito	Profondità della falda dal p.c. (m)		
	0-3 m	3-10 m	> 10 m
Tardo Olocene	Alta	Bassa	Nulla
Primo Olocene	Moderata	Bassa	Nulla
Tardo Pleistocene	Bassa	Nulla	Nulla

Figura 16- Suscettività alla liquefazione (Obermeier 1996), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga 2007 - Dario Flaccovio Editore.

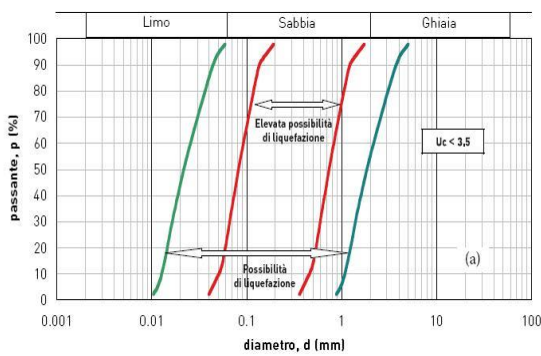
Le analisi qualitative in questione sono state condotte, pertanto, in riferimento alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche dell'area di intervento. In tal modo, sono state condotte una serie di valutazioni speditive e di carattere puramente qualitativo circa la possibilità di liquefazione dei terreni interessati il sottosuolo del sito. Sulla base dei dati stratigrafici dedotti dalle prove eseguite, dei criteri riportati, che considerano la genesi, la natura e l'età assoluta dei depositi, risulta che in assenza di una vera e propria falda idrica e per la natura prevalentemente argillosa dei terreni presenti nell'area di riferimento, essi sono poco suscettibili alla liquefazione. Tale considerazione deriva, in particolare, sia dalle condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame che dall'assenza di una circolazione idrica posta entro i primi 15 m dal piano campagna.

In relazione alla diffusa presenza di depositi alluvionali, transizionali e marini caratterizzati di frequente da una granulometria sabbiosa e sabbioso-limoso, di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene-Attuale, alcuni settori specifici della piana ove ricade il sito in esame, possono essere considerati come potenzialmente liquefacibili nel caso di terremoti di una certa intensità. I depositi più antichi presentano una bassa o nulla suscettività alla liquefazione, mentre i depositi recenti ed attuali presentano una suscettività variabile da moderata ad alta. Tali considerazioni valgono ovviamente per i terreni granulari con limitato contenuto della frazione ghiaiosa, mentre non valgono per gli orizzonti prevalentemente pelitici che localmente si rinvengono in queste unità.

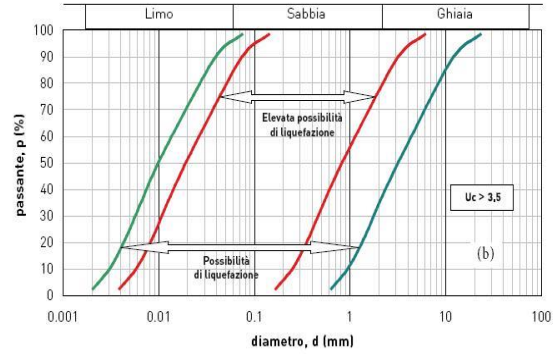
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura n. 16 e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in figura n. 17 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



- A



B -

Figura 17 A Fusi granulometrici suscettibili a liquefazione con  $U < 3.5$

Figura 18 B Fusi granulometrici suscettibili a liquefazione con  $U > 3.5$

La verifica alla liquefazione è stata omessa dato che nel sito i terreni fino a tale profondità sono prevalentemente coesivi e/o ghiaiosi e secondo diversi studi limitrofi suddetti terreni non costituiscono un pericolo di liquefazione.

Inoltre, è da considerare che non è stata intercettata la falda in nessuno dei sondaggi effettuati quindi si ipotizza una falda ad una profondità maggiore di 15 m dal p.c..

## 10. Conclusioni

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica di un impianto fotovoltaico situato in una porzione di territorio ad est del centro abitato di Troia (Puglia).

Dal punto di vista geologico e stratigrafico nell'area in esame si ha la presenza di Alluvioni terrazzate Qt3 Oloceniche, formate in prevalenza da sedimenti sabbioso-argillosi, subordinatamente ciottolosi; da ciottolame con elementi di media e grandi dimensioni, a volte cementati Pleistocenici e Sabbie giallastre sciolte, talora con accenno di stratificazione del Pliocene-Calabriano.

Dal punto di vista geomorfologico il terreno dall'area di progetto si sviluppa ad est del centro abitato di Troia in un'area prevalentemente agricola e pianeggiante.

È stata effettuata una campagna d'indagine geognostica con lo scopo di definire le proprietà geotecniche dei terreni dell'area di studio.

Dal punto di vista sismico il sito risulta classificato in zona sismica 2 (Media Sismicità), zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti. La sottozona 2 indica un valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico  $ag$  compreso tra  $0.15 > ag > 0,25 g$  (dove  $g$  è l'accelerazione di gravità).

Napoli, Gennaio 2024

**CG Associati s.r.l.s**  
architettura ingegneria geologia





## CERTIFICATI DELLE INDAGINI

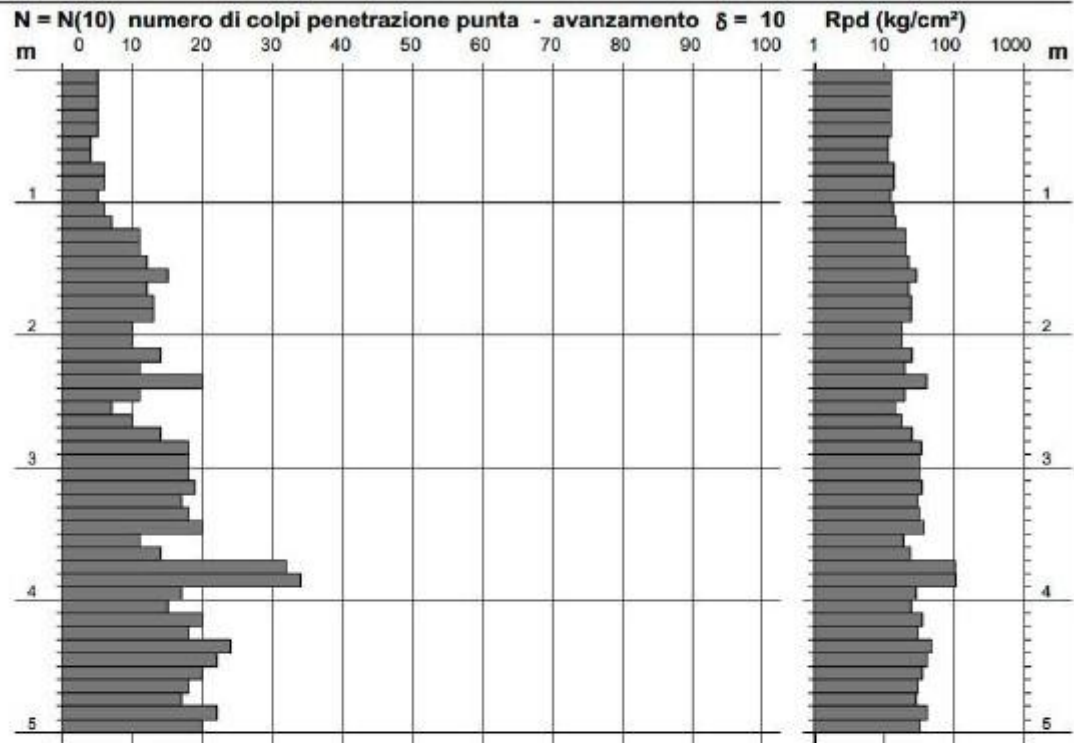


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : PE01



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta
0.00 - 0.10	5	19.4	---	2.50 - 2.60	7	24.6	---
0.10 - 0.20	5	19.4	---	2.60 - 2.70	10	35.2	---
0.20 - 0.30	5	19.4	---	2.70 - 2.80	14	49.2	---
0.30 - 0.40	5	19.4	---	2.80 - 2.90	18	63.3	---
0.40 - 0.50	5	19.4	---	2.90 - 3.00	18	60.4	---
0.50 - 0.60	4	15.5	---	3.00 - 3.10	18	60.4	---
0.60 - 0.70	4	15.5	---	3.10 - 3.20	19	63.8	---
0.70 - 0.80	6	23.3	---	3.20 - 3.30	17	57.1	---
0.80 - 0.90	6	23.3	---	3.30 - 3.40	18	60.4	---
0.90 - 1.00	5	18.4	---	3.40 - 3.50	20	67.2	---
1.00 - 1.10	6	22.1	---	3.50 - 3.60	11	36.9	---
1.10 - 1.20	7	25.8	---	3.60 - 3.70	14	47.0	---
1.20 - 1.30	11	40.6	---	3.70 - 3.80	32	107.5	---
1.30 - 1.40	11	40.6	---	3.80 - 3.90	34	114.2	---
1.40 - 1.50	12	44.3	---	3.90 - 4.00	17	54.6	---
1.50 - 1.60	15	55.3	---	4.00 - 4.10	15	48.2	---
1.60 - 1.70	12	44.3	---	4.10 - 4.20	20	64.3	---
1.70 - 1.80	13	48.0	---	4.20 - 4.30	18	57.9	---
1.80 - 1.90	13	48.0	---	4.30 - 4.40	24	77.1	---
1.90 - 2.00	10	35.2	---	4.40 - 4.50	22	70.7	---
2.00 - 2.10	10	35.2	---	4.50 - 4.60	20	64.3	---
2.10 - 2.20	14	49.2	---	4.60 - 4.70	18	57.9	---
2.20 - 2.30	11	38.7	---	4.70 - 4.80	17	54.6	---
2.30 - 2.40	20	70.3	---	4.80 - 4.90	22	70.7	---
2.40 - 2.50	11	38.7	---	4.90 - 5.00	20	61.6	---

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 1

- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00	1.20	N	5.3	4	7	4.6	0.9	4.4	6.1	5	0.77	4
			Rpd	20.1	16	26	17.8	3.1	17.0	23.2			
2	1.20	3.70	N	13.9	7	20	10.4	3.7	10.2	17.5	14	0.77	11
			Rpd	48.5	25	70	36.6	11.9	36.6	60.5			
3	3.70	3.90	N	33.0	32	34	32.5	---	---	---	33	0.77	25
			Rpd	110.8	108	114	109.1	---	---	---			
4	3.90	5.00	N	19.4	15	24	17.2	2.7	16.7	22.0	19	0.77	15
			Rpd	62.0	48	77	55.1	8.5	53.5	70.5			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0.77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.20	Suolo limo-argilloso	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
2	1.20	3.70	Argille siltose	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
3	3.70	3.90	Argille siltoso-marnose	25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	1.56	2.08	21	0.574
4	3.90	5.00	Argille siltose	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

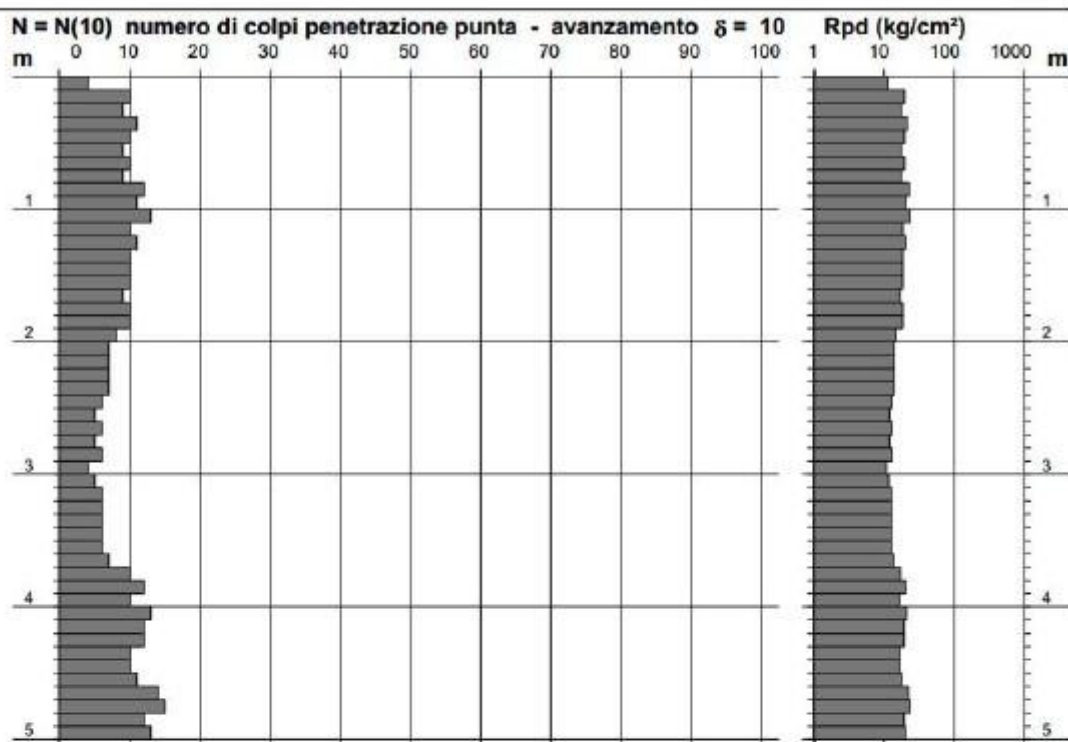
DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : PE02



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta
0.00 - 0.10	4	15.5	---	2.50 - 2.60	5	17.6	---
0.10 - 0.20	10	38.8	---	2.60 - 2.70	6	21.1	---
0.20 - 0.30	9	34.9	---	2.70 - 2.80	5	17.6	---
0.30 - 0.40	11	42.7	---	2.80 - 2.90	6	21.1	---
0.40 - 0.50	10	38.8	---	2.90 - 3.00	4	13.4	---
0.50 - 0.60	9	34.9	---	3.00 - 3.10	5	16.8	---
0.60 - 0.70	10	38.8	---	3.10 - 3.20	6	20.1	---
0.70 - 0.80	9	34.9	---	3.20 - 3.30	6	20.1	---
0.80 - 0.90	12	46.6	---	3.30 - 3.40	6	20.1	---
0.90 - 1.00	11	40.6	---	3.40 - 3.50	6	20.1	---
1.00 - 1.10	13	48.0	---	3.50 - 3.60	6	20.1	---
1.10 - 1.20	10	36.9	---	3.60 - 3.70	7	23.5	---
1.20 - 1.30	11	40.6	---	3.70 - 3.80	10	33.6	---
1.30 - 1.40	10	36.9	---	3.80 - 3.90	12	40.3	---
1.40 - 1.50	10	36.9	---	3.90 - 4.00	10	32.1	---
1.50 - 1.60	10	36.9	---	4.00 - 4.10	13	41.8	---
1.60 - 1.70	9	33.2	---	4.10 - 4.20	12	38.6	---
1.70 - 1.80	10	36.9	---	4.20 - 4.30	12	38.6	---
1.80 - 1.90	10	36.9	---	4.30 - 4.40	10	32.1	---
1.90 - 2.00	8	28.1	---	4.40 - 4.50	10	32.1	---
2.00 - 2.10	7	24.6	---	4.50 - 4.60	11	35.4	---
2.10 - 2.20	7	24.6	---	4.60 - 4.70	14	45.0	---
2.20 - 2.30	7	24.6	---	4.70 - 4.80	15	48.2	---
2.30 - 2.40	7	24.6	---	4.80 - 4.90	12	38.6	---
2.40 - 2.50	6	21.1	---	4.90 - 5.00	13	40.1	---

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 2

- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s				
1	0.00 2.00	N	9.8	4	13	6.9	1.8	8.0	11.6	10	0.77	8	
		Rpd	36.9	16	48	26.2	6.7	30.2	43.6	38			
2	2.00 3.70	N	6.0	4	7	5.0	0.9	5.1	6.9	6	0.77	5	
		Rpd	20.7	13	25	17.1	3.1	17.5	23.8	21			
3	3.70 5.00	N	11.8	10	15	10.9	1.6	10.2	13.5	12	0.77	9	
		Rpd	38.2	32	48	35.2	5.1	33.1	43.2	39			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0.77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.00	Suolo e argille siltose	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
2	2.00 3.70	Argille siltose	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	3.70 5.00	Argille siltose	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

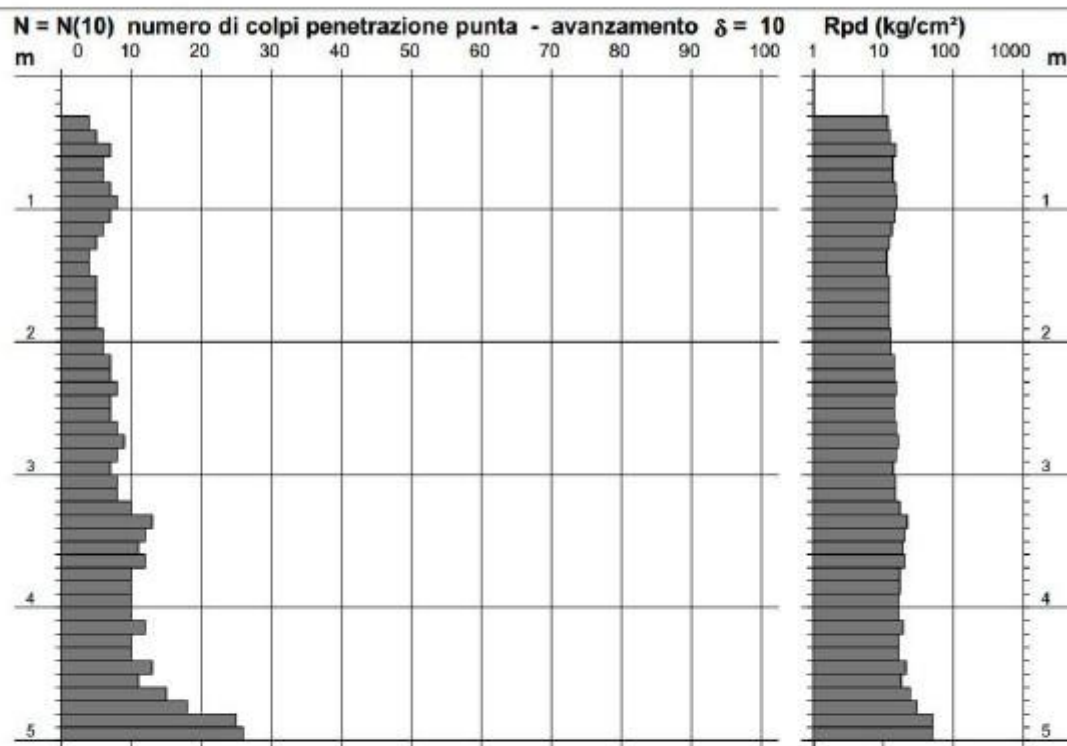
DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 3

Scala 1: 50

- indagine : PE03



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r) asta
0.00 - 0.10	---	---	---	2.50 - 2.60	7	24.6	---
0.10 - 0.20	---	---	---	2.60 - 2.70	8	28.1	---
0.20 - 0.30	---	---	---	2.70 - 2.80	9	31.6	---
0.30 - 0.40	4	15.5	---	2.80 - 2.90	8	28.1	---
0.40 - 0.50	5	19.4	---	2.90 - 3.00	7	23.5	---
0.50 - 0.60	7	27.2	---	3.00 - 3.10	8	26.9	---
0.60 - 0.70	6	23.3	---	3.10 - 3.20	8	26.9	---
0.70 - 0.80	6	23.3	---	3.20 - 3.30	10	33.6	---
0.80 - 0.90	7	27.2	---	3.30 - 3.40	13	43.7	---
0.90 - 1.00	8	29.5	---	3.40 - 3.50	12	40.3	---
1.00 - 1.10	7	25.8	---	3.50 - 3.60	11	36.9	---
1.10 - 1.20	6	22.1	---	3.60 - 3.70	12	40.3	---
1.20 - 1.30	5	18.4	---	3.70 - 3.80	10	33.6	---
1.30 - 1.40	4	14.8	---	3.80 - 3.90	10	33.6	---
1.40 - 1.50	4	14.8	---	3.90 - 4.00	10	32.1	---
1.50 - 1.60	5	18.4	---	4.00 - 4.10	10	32.1	---
1.60 - 1.70	5	18.4	---	4.10 - 4.20	12	38.6	---
1.70 - 1.80	5	18.4	---	4.20 - 4.30	10	32.1	---
1.80 - 1.90	5	18.4	---	4.30 - 4.40	10	32.1	---
1.90 - 2.00	6	21.1	---	4.40 - 4.50	13	41.8	---
2.00 - 2.10	6	21.1	---	4.50 - 4.60	11	35.4	---
2.10 - 2.20	7	24.6	---	4.60 - 4.70	15	48.2	---
2.20 - 2.30	7	24.6	---	4.70 - 4.80	18	57.9	---
2.30 - 2.40	8	28.1	---	4.80 - 4.90	25	80.4	---
2.40 - 2.50	7	24.6	---	4.90 - 5.00	26	80.1	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 3

- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00	3.20	N	5.8	0	9	2.9	2.3	3.5	8.1	6	0.77	5
			Rpd	20.9	0	32	10.5	8.1	12.8	29.0	22		
2	3.20	4.60	N	11.0	10	13	10.5	1.2	9.8	12.2	11	0.77	8
			Rpd	36.2	32	44	34.2	4.1	32.1	40.2	36		
3	4.60	5.00	N	21.0	15	26	18.0	---	---	---	21	0.77	16
			Rpd	66.6	48	80	57.4	---	---	---	67		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0.77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	3.20	Suolo e argille siltose	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	3.20	4.60	Argille siltose	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
3	4.60	5.00	Argille siltoso-sabbiose	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

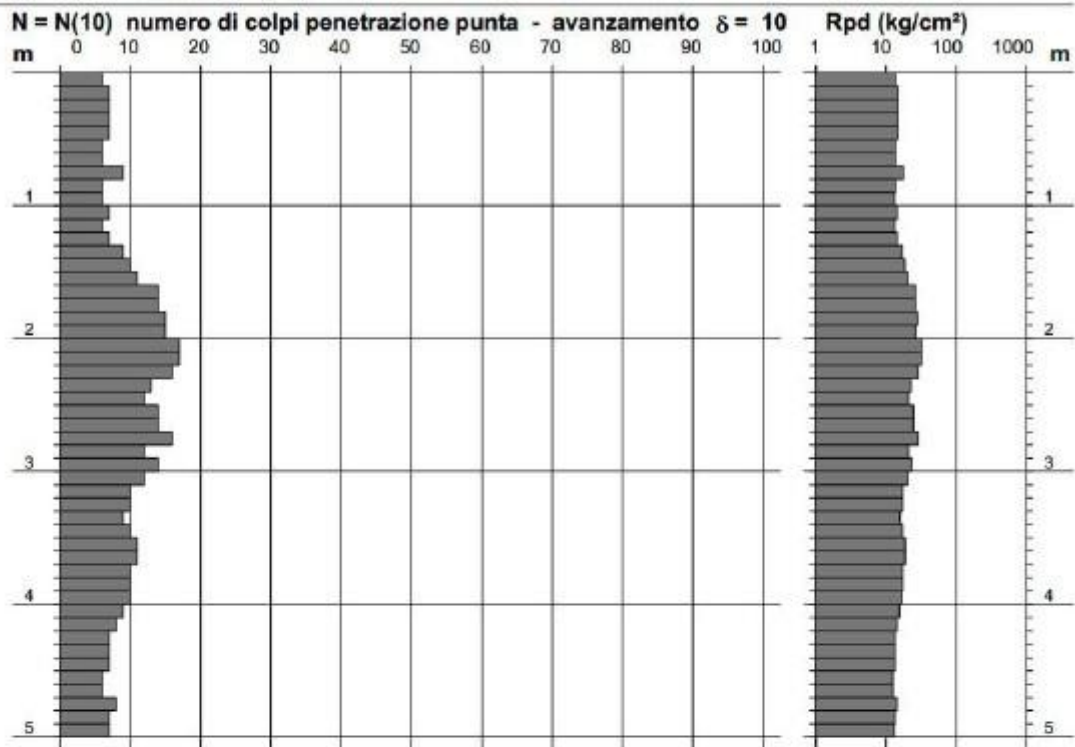


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 4

Scala 1: 50

- indagine : PE04



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.10	6	23.3	---	1	2.50 - 2.60	14	49.2	---	3
0.10 - 0.20	7	27.2	---	1	2.60 - 2.70	14	49.2	---	3
0.20 - 0.30	7	27.2	---	1	2.70 - 2.80	16	56.3	---	3
0.30 - 0.40	7	27.2	---	1	2.80 - 2.90	12	42.2	---	3
0.40 - 0.50	7	27.2	---	1	2.90 - 3.00	14	47.0	---	4
0.50 - 0.60	6	23.3	---	1	3.00 - 3.10	12	40.3	---	4
0.60 - 0.70	6	23.3	---	1	3.10 - 3.20	10	33.6	---	4
0.70 - 0.80	9	34.9	---	1	3.20 - 3.30	10	33.6	---	4
0.80 - 0.90	6	23.3	---	1	3.30 - 3.40	9	30.2	---	4
0.90 - 1.00	6	22.1	---	2	3.40 - 3.50	10	33.6	---	4
1.00 - 1.10	7	25.8	---	2	3.50 - 3.60	11	36.9	---	4
1.10 - 1.20	6	22.1	---	2	3.60 - 3.70	11	36.9	---	4
1.20 - 1.30	7	25.8	---	2	3.70 - 3.80	10	33.6	---	4
1.30 - 1.40	9	33.2	---	2	3.80 - 3.90	10	33.6	---	4
1.40 - 1.50	10	36.9	---	2	3.90 - 4.00	10	32.1	---	5
1.50 - 1.60	11	40.6	---	2	4.00 - 4.10	9	28.9	---	5
1.60 - 1.70	14	51.6	---	2	4.10 - 4.20	8	25.7	---	5
1.70 - 1.80	14	51.6	---	2	4.20 - 4.30	7	22.5	---	5
1.80 - 1.90	15	55.3	---	2	4.30 - 4.40	7	22.5	---	5
1.90 - 2.00	15	52.7	---	3	4.40 - 4.50	7	22.5	---	5
2.00 - 2.10	17	59.8	---	3	4.50 - 4.60	6	19.3	---	5
2.10 - 2.20	17	59.8	---	3	4.60 - 4.70	6	19.3	---	5
2.20 - 2.30	16	56.3	---	3	4.70 - 4.80	8	25.7	---	5
2.30 - 2.40	13	45.7	---	3	4.80 - 4.90	7	22.5	---	5
2.40 - 2.50	12	42.2	---	3	4.90 - 5.00	7	21.6	---	6

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 4

- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s				
1	0.00 1.40	N	6.9	6	9	6.4	1.0	5.8	7.9	7	0.77	5	
		Rpd	26.1	22	35	24.1	3.9	22.2	30.0	27			
2	1.40 3.20	N	13.7	10	17	11.8	2.2	11.5	15.8	14	0.77	11	
		Rpd	48.3	34	60	41.0	7.8	40.5	56.2	49			
3	3.20 5.00	N	8.5	6	11	7.3	1.7	6.8	10.2	8	0.77	6	
		Rpd	27.8	19	37	23.6	6.1	21.7	33.9	26			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0.77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.40	Suolo limo-argilloso	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	1.40 3.20	Argille siltose	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
3	3.20 5.00	Argille siltose	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

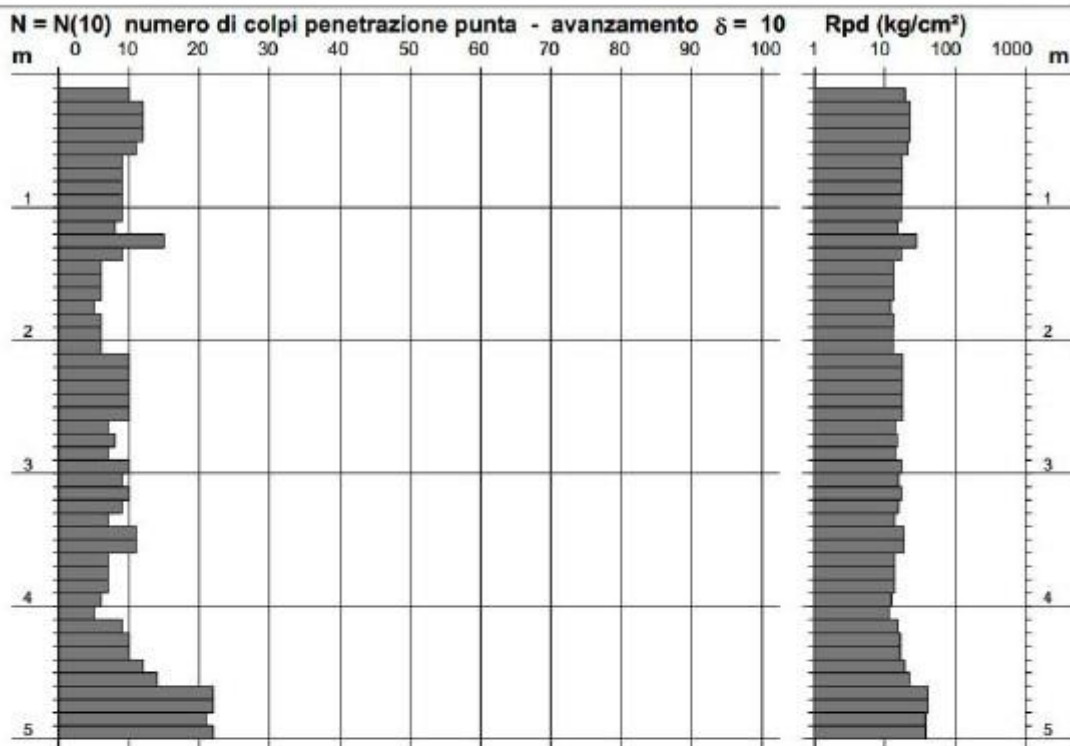
DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 5

Scala 1: 50

- indagine : PE05



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 5

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta
0.00 - 0.10	---	---	---	2.50 - 2.60	10	35.2	---
0.10 - 0.20	10	38.8	---	2.60 - 2.70	7	24.6	---
0.20 - 0.30	12	46.6	---	2.70 - 2.80	8	28.1	---
0.30 - 0.40	12	46.6	---	2.80 - 2.90	7	24.6	---
0.40 - 0.50	12	46.6	---	2.90 - 3.00	10	33.6	---
0.50 - 0.60	11	42.7	---	3.00 - 3.10	9	30.2	---
0.60 - 0.70	9	34.9	---	3.10 - 3.20	10	33.6	---
0.70 - 0.80	9	34.9	---	3.20 - 3.30	9	30.2	---
0.80 - 0.90	9	34.9	---	3.30 - 3.40	7	23.5	---
0.90 - 1.00	9	33.2	---	3.40 - 3.50	11	36.9	---
1.00 - 1.10	9	33.2	---	3.50 - 3.60	11	36.9	---
1.10 - 1.20	8	29.5	---	3.60 - 3.70	7	23.5	---
1.20 - 1.30	15	55.3	---	3.70 - 3.80	7	23.5	---
1.30 - 1.40	9	33.2	---	3.80 - 3.90	7	23.5	---
1.40 - 1.50	6	22.1	---	3.90 - 4.00	6	19.3	---
1.50 - 1.60	6	22.1	---	4.00 - 4.10	5	16.1	---
1.60 - 1.70	6	22.1	---	4.10 - 4.20	9	28.9	---
1.70 - 1.80	5	18.4	---	4.20 - 4.30	10	32.1	---
1.80 - 1.90	6	22.1	---	4.30 - 4.40	10	32.1	---
1.90 - 2.00	6	21.1	---	4.40 - 4.50	12	38.6	---
2.00 - 2.10	6	21.1	---	4.50 - 4.60	14	45.0	---
2.10 - 2.20	10	35.2	---	4.60 - 4.70	22	70.7	---
2.20 - 2.30	10	35.2	---	4.70 - 4.80	22	70.7	---
2.30 - 2.40	10	35.2	---	4.80 - 4.90	21	67.5	---
2.40 - 2.50	10	35.2	---	4.90 - 5.00	22	67.8	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 5

- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00	1.20	N	9.2	0	12	4.6	3.2	6.0	12.4	9	0.77	7
			Rpd	35.1	0	47	17.6	12.6	22.6	47.7	34		
2	1.20	4.60	N	8.6	5	15	6.8	2.5	6.1	11.0	9	0.77	7
			Rpd	29.4	16	55	22.7	8.3	21.1	37.7	31		
3	4.60	5.00	N	21.8	21	22	21.4	---	---	---	22	0.77	17
			Rpd	69.2	68	71	68.3	---	---	---	70		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0.77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.20	Suolo siltoso-argilloso	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	1.20	4.60	Argille siltose	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
3	4.60	5.00	Argille siltoso-sabbiose	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

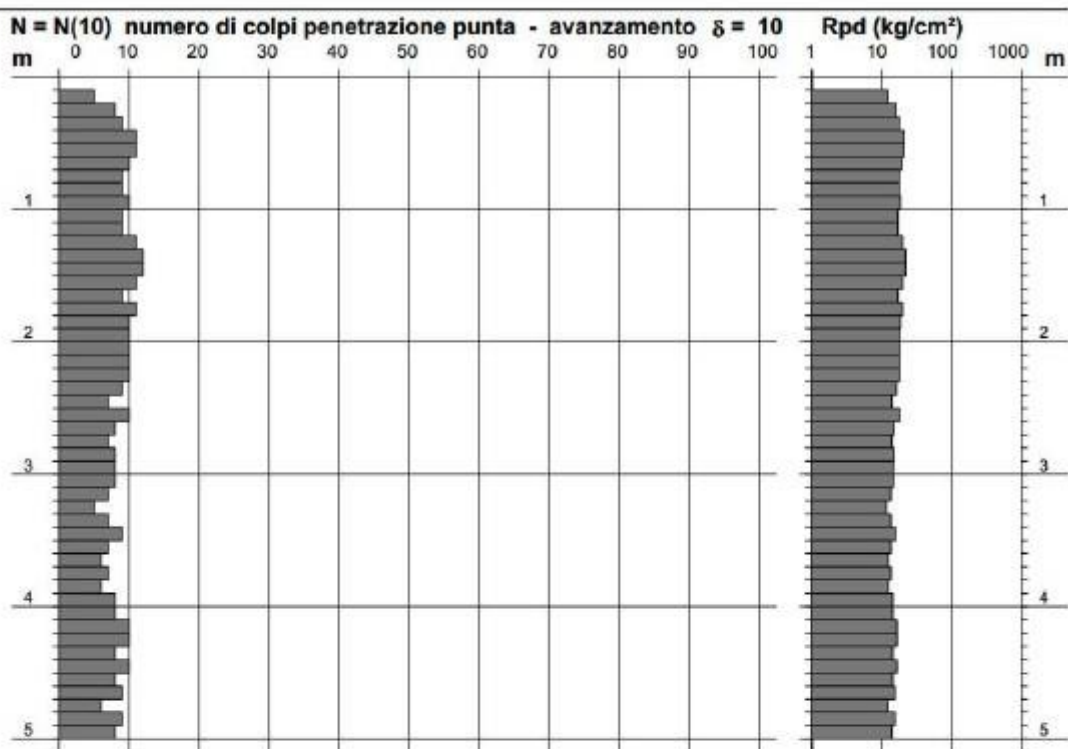
DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 6

Scala 1: 50

- indagine : PE06



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 6

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta
0.00 - 0.10	---	---	---	2.50 - 2.60	10	35.2	---
0.10 - 0.20	5	19.4	---	2.60 - 2.70	8	28.1	---
0.20 - 0.30	8	31.0	---	2.70 - 2.80	7	24.6	---
0.30 - 0.40	9	34.9	---	2.80 - 2.90	8	28.1	---
0.40 - 0.50	11	42.7	---	2.90 - 3.00	8	26.9	---
0.50 - 0.60	11	42.7	---	3.00 - 3.10	8	26.9	---
0.60 - 0.70	10	38.8	---	3.10 - 3.20	7	23.5	---
0.70 - 0.80	9	34.9	---	3.20 - 3.30	5	16.8	---
0.80 - 0.90	9	34.9	---	3.30 - 3.40	7	23.5	---
0.90 - 1.00	10	36.9	---	3.40 - 3.50	9	30.2	---
1.00 - 1.10	9	33.2	---	3.50 - 3.60	7	23.5	---
1.10 - 1.20	9	33.2	---	3.60 - 3.70	6	20.1	---
1.20 - 1.30	11	40.6	---	3.70 - 3.80	7	23.5	---
1.30 - 1.40	12	44.3	---	3.80 - 3.90	6	20.1	---
1.40 - 1.50	12	44.3	---	3.90 - 4.00	8	25.7	---
1.50 - 1.60	11	40.6	---	4.00 - 4.10	8	25.7	---
1.60 - 1.70	9	33.2	---	4.10 - 4.20	10	32.1	---
1.70 - 1.80	11	40.6	---	4.20 - 4.30	10	32.1	---
1.80 - 1.90	10	36.9	---	4.30 - 4.40	8	25.7	---
1.90 - 2.00	10	35.2	---	4.40 - 4.50	10	32.1	---
2.00 - 2.10	10	35.2	---	4.50 - 4.60	8	25.7	---
2.10 - 2.20	10	35.2	---	4.60 - 4.70	9	28.9	---
2.20 - 2.30	10	35.2	---	4.70 - 4.80	6	19.3	---
2.30 - 2.40	9	31.6	---	4.80 - 4.90	9	28.9	---
2.40 - 2.50	7	24.6	---	4.90 - 5.00	8	24.7	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 6

- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00	2.40	N	9.4	0	12	4.7	2.5	6.9	11.8	9	0.77	7
			Rpd	34.8	0	44	17.4	9.1	25.7	43.9			
2	2.40	5.00	N	7.8	5	10	6.4	1.3	6.5	9.2	8	0.77	6
			Rpd	26.0	17	35	21.4	4.3	21.7	30.4			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0.77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\sigma'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	2.40	Suolo e argille siltose	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	2.40	5.00	Argille siltose	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\sigma'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

