



Regione Basilicata



Comune di Craco



Provincia di Matera

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA,
DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
Località S.Eligio - Comune di Craco (MT)**

PROGETTO DEFINITIVO

**A2
RELAZIONE GEOLOGICA**

Proponente



Rinnovabili Sud Due

Via Della Chimica, 103 - 85100 Potenza (PZ)

Progettista

Dott. Geol. Emanuele Bonanno



Formato

Scala

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	23/09/2021	Geol.Emanuele Bonanno	Geol.Emanuele Bonanno	Geol.Emanuele Bonanno

Sommario

1.	Premessa	2
2.	Inquadramento territoriale	3
3.	Inquadramento geologico	4
3.1.	Inquadramento geologico generale	4
3.2.	Inquadramento geologico dell'area	7
4.	Lineamenti geomorfologici.....	8
5.	Lineamenti idrografici e idrogeologici.....	10
6.	Compatibilità con il PAI	14
7.	Indagini sul terreno	16
8.	Modello geologico di riferimento.....	16
9.	Pericolosità sismica di base	17
10.	Conclusioni	20
11.	Allegati.....	21
12.	Report indagini geognostiche.....	25

1. Premessa

Nel seguente elaborato si presenta lo studio geologico relativo ad un'area sita nel comune di Craco, in provincia di Matera, realizzato per conto della società Rinnovabili sud 2 S.r.l.. La società intende realizzare un parco fotovoltaico per complessivi 20 MW prodotti da 34188 moduli disposti su strutture fisse. Tale impianto è finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile in accordo con la Strategia Energetica Nazionale (SEN).

L'energia prodotta dal parco fotovoltaico sarà convogliata (tramite linea interrata MT a 30 kV, di lunghezza pari a circa 3.90 km) nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV di nuova costruzione, in cui avverrà l'innalzamento di tensione (30/150 kV) e la successiva consegna (in AT a 150 kV) alla stazione TERNA 380/150 kV di Craco-Peschiera tuttora in fase di costruzione, che consentirà la connessione anche di altri Utenti Produttori. Le opere necessarie al collegamento alla Rete Elettrica Nazionale consistono nella **sottostazione elettrica utente** e un **impianto di accumulo** elettrochimico dell'energia.

Il cavidotto di collegamento tra l'area impianto e l'area SET, con lunghezza di circa 7,30 km, percorrerà in gran parte terreni agricoli ed in minima parte strade asfaltate.

Il lavoro è condotto con riferimento alle disposizioni riportate nelle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* D. M. Infrastrutture 17.01.18, e alla L.R. 38 del 06/08/1997 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico".

Inoltre, è stato consultato il Piano Stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico dell'Autorità di Bacino della regione Basilicata per verificare l'appartenenza dell'area in oggetto ad eventuali zone a rischio idrogeologico.

Sul posto sono stati effettuati una serie di rilievi atti a riconoscere e valutare:

- i lineamenti geomorfologici della zona;
- la conformazione geolitologica della area;
- le condizioni geotettoniche nel quale il sito sosta;
- eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto;
- lo stato idrogeologico superficiale;
- la parametrizzazione geomeccanica e sismica dei terreni mediante indagini geognostiche in situ.

Le indagini geognostiche eseguite si riferiscono unicamente all'area del parco fotovoltaico (area impianto) e non all'area della sottostazione utente in quanto il posizionamento delle opere per la connessione può essere ancora soggetto a modifiche.

I risultati e le considerazioni scaturite nel corso dei rilevamenti effettuati e le conclusioni alle quali si è arrivati sono riportati nella presente relazione, e nei seguenti allegati a corredo:

- Stralcio Carta Topografica IGM, scala 1:25.000 (Allegato in coda alla presente relazione);
- Stralcio Carta Tecnica Regionale – Area impianto, scala 1:5.000 (Allegato in coda alla presente relazione);
- Stralcio Carta Tecnica Regionale – Area Stazione utente, scala 1:5.000 (Allegato in coda alla presente relazione);
- Tavola A12.a.7_Planimetria ubicazione indagini geologiche, scala 1:3.000 (documentazione progettuale)
- Tavola A12.a.8_Carta Geologica (documentazione progettuale)
- Tavola A12.a.9_Carta Geomorfologica (documentazione progettuale)
- Tavola A12.a.10_Carta Idrogeologica (documentazione progettuale)
- Tavola A12.a.11_Profili geologici (documentazione progettuale)
- Tavola A12.a.4.6_Carta dei vincoli – Carta del rischio frana – PAI (documentazione progettuale)

2. Inquadramento territoriale

L'area su cui si intende realizzare l'impianto fotovoltaico è ubicata nel territorio del comune di Craco, in provincia di Matera, a circa 2.5 km a sud-ovest del centro storico, in località *Sant'Eligio*. L'area oggetto dello studio è contenuta all'interno dei fogli mappa n° 507023, 507012 e 507022 della Carta tecnica Regionale alla scala 1:5.000, nel foglio 507 "Pisticci" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

L'area di intervento è individuabile al catasto dei terreni al foglio 36 – particelle n° 15, 3 e 2 per l'area impianto, che ha un'escensione di circa 30 ettari; foglio 33 – particella n° 149 per l'area della stazione utente di connessione e risiede su terreni a vocazione agricola.

L'area della Sottostazione Elettrica Utente di collegamento è posta a circa 5.5 km a Est dell'area di impianto.

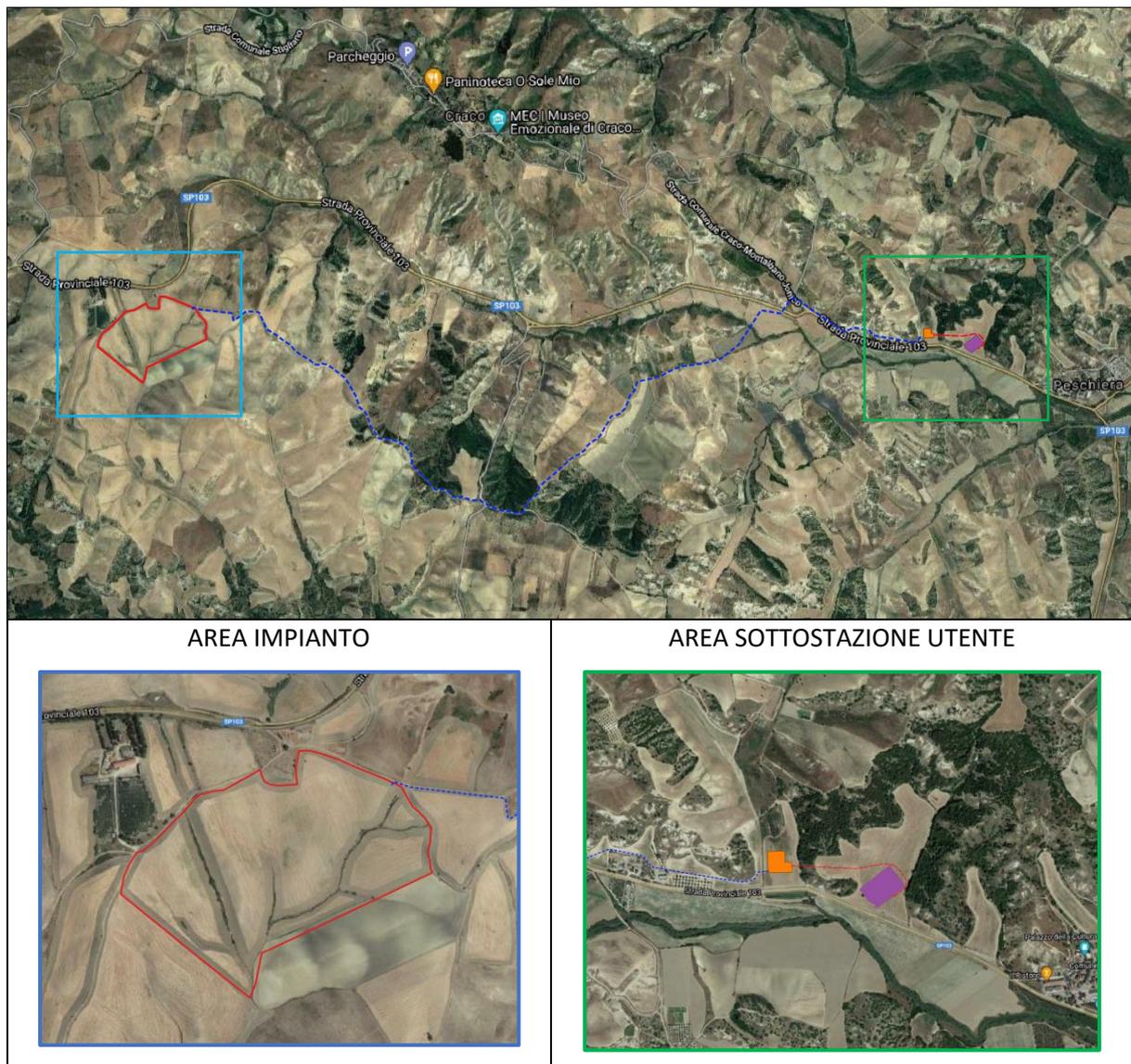


Figura 1. Localizzazione area impianto e stazione utente su ortofoto.

3. Inquadramento geologico

3.1. Inquadramento geologico generale

L'area di studio si colloca nel settore assiale della Fossa Bradanica, un bacino di sedimentazione di età pliocenica e pleistocenica, compreso tra l'Appennino meridionale ad Ovest e l'Avampaese Apulo (Murge settentrionali) ad Est.

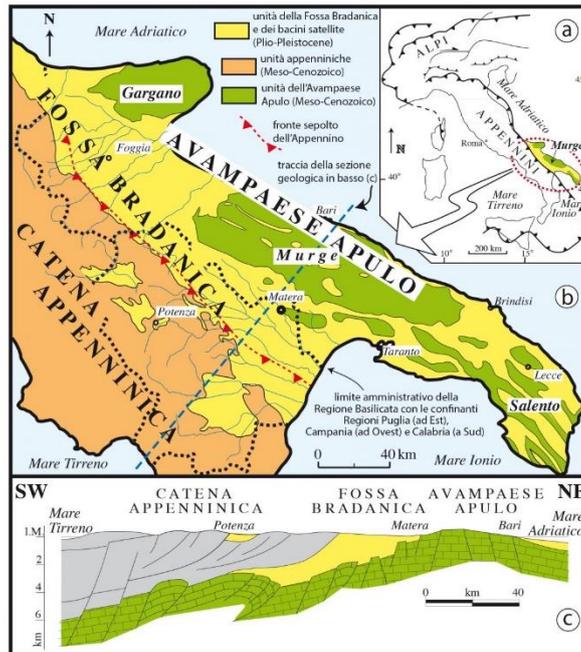


Figura 2. Schema geologico-strutturale

La fossa Bradanica è parte dell'avanfossa appenninica post-messiniana migrata, con diverse fasi deformative, verso Est durante il Pliocene e parte del Pleistocene e con l'inarcamento (peripheral bulge) dell'avampaese apulo. Rappresenta la subduzione litosferica della piattaforma Apula o Adria. Dalle Murge in direzione della zona assiale della catena Appenninica sia le sezioni sismiche che i pozzi profondi mostrano una graduale immersione della piattaforma Apula e della sua copertura terrigena pliocenica al di sotto del fronte esterno dei thrusts alloctoni appenninici. In quest'area il bacino, caratterizzato da una successione di colmamento plio-pleistocenica spessa circa 2-3 km, mostra un evidente restringimento con i due margini affioranti del bacino distanti poco più di 20 km. Il momento principale della storia evolutiva del bacino d'avanfossa bradanica è avvenuto tra la fine del Pliocene ed il Pleistocene inferiore, quando la propagazione verso est del fronte dei thrusts appenninici sepolto veniva impedita dalla rampa tettonica regionale della Piattaforma carbonatica apula, ribassata verso ovest a causa della subduzione litosferica (LAZZARI & PIERI, 2002).

I due domini tettonici, il fronte della catena appenninica e l'avampaese apulo, convergendo all'altezza dell'alto strutturale di Lavello-Banzi ("dorsale mesobradanica") impedirono la propagazione dei thrusts inducendo una drastica riduzione dei tassi di subsidenza del bacino d'avanfossa e l'inizio di una fase di superficializzazione del bacino.

Alla fine dell'Emiliano e all'inizio del Siciliano, il settore settentrionale del bacino d'avanfossa, caratterizzato da una marcata asimmetria trasversale ed assiale, è stato interessato da una sedimentazione di mare basso che, a causa degli abbondanti apporti sedimentari Appenninici, inizia il colmamento del bacino con una successione regressiva continua.

Nel Siciliano il settore settentrionale del bacino è ormai colmato ed è soggetto a eventi erosionali ed alluvionali. La sedimentazione marina avviene solo nei settori centromeridionali della Fossa Bradanica.

Nel Pliocene inferiore-medio, quindi, inizia il riempimento del bacino su un'ampia area subsidente dell'Avampese apulo. Lo spessore complessivo della successione bradanica supera i 2000 m. La porzione sepolta della successione (infrapliocenico-infrapleistocenica), è principalmente caratterizzata da un complesso torbiditico, mentre la parte affiorante quaternaria è costituita da argille siltose emipelagiche, al di sopra delle quali si ritrovano depositi grossolani di mare basso silicoclastici e più raramente carbonatici, relativi sia alle ultime fasi di riempimento dell'avanfossa sia al successivo sviluppo di depositi marini terrazzati.

Relativamente ai depositi affioranti, la storia evolutiva del bacino, è caratterizzata inizialmente da subsidenza parzialmente compensata da sedimentazione emipelagica. Dal Pleistocene inferiore (Emiliano), a cominciare dal settore centrale del bacino, si produce il colmamento a causa del sollevamento tettonico che interessa la regione. Sulle emipelagiti, rappresentate dalle Argille subappennine, si accumulano quindi depositi grossolani di mare basso e/o continentali, corrispondenti allo stadio regressivo della storia evolutiva del bacino. I depositi sabbioso-conglomeratici relativi alle fasi finali di riempimento della Fossa Bradanica si rinvencono in contatto sia transizionale che erosivo sulle Argille subappennine e alcuni corpi conglomeratici sono intercalati alle successioni sabbiose con facies variabili da marino-transizionali a continentali.

Per la parte alta del ciclo bradanico sono state definite tre unità stratigrafico - deposizionali di rango superiore, che dal basso verso l'alto sono così individuate (LAZZARI & PIERI 2002):

1. la Formazione delle Argille Subappennine o FAS, che costituisce la base stratigrafica della successione regressiva ed è caratterizzata da depositi siltoso-argillosi e sabbioso-argillosi, laminati e bioturbati, riferibili ad un ambiente di piattaforma di mare poco profondo di età non più antica dell'Emiliano.

2. Unità informale dei Depositi Regressivi sabbioso-conglomeratici (DRsg), costituita da corpi sabbiosi (DRs) e/o conglomeratici (DRsg), unità stratigrafico-deposizionali informali di rango inferiore, comprendenti litofacies marine e/o continentali, riferibili a sistemi deposizionali transizionali (deltizi e costieri) e a sistemi continentali (piane alluvionali), posti tra loro in rapporto di continuità (passaggio graduale) e/o di disconformità (contatto erosivo). Presentano spessori variabili tra i 20 ed i 130 m e costituiscono corpi progradanti verso NE, E e SE, a seconda della posizione occupata nel bacino. Alla base sono presenti facies di transizione alla piattaforma, che verso l'alto passano in continuità di sedimentazione ai depositi marini e/o continentali di cui sopra (Pleistocene inferiore (Siciliano) ed il Pleistocene medio p.p.).

3. Unità informale dei Depositi alluvionali sommitali post-regressivi (DPR), non sempre presente, costituita in prevalenza da facies alluvionali conglomeratiche e più raramente sabbiose, fortemente arrossate, poste in contatto erosivo sulla sottostante unità DRsg. La loro deposizione é da riferire ad episodi di alluvionamento successivi agli eventi sedimentari caratterizzanti le fasi di colmamento del bacino e di emersione della paleosuperficie regressiva, quindi, non appartenenti alla successione regressiva (Pleistocene medio p.p).

I dati stratigrafici di dettaglio (LAZZARI, 1999; LAZZARI & PIERI, 2002) hanno evidenziato che tale colmamento si è realizzato con modalità di tipo progradazionale dei corpi.

Dall'analisi e correlazione delle successioni studiate da LAZZARI & PIERI (2002) si è individuato un modello stratigrafico-deposizionale, secondo il quale la sedimentazione dei depositi regressivi è stata controllata dal sollevamento regionale e da altri fattori d'interferenza (variazioni relative del l.m., quantità degli apporti, condizionamenti e caratteri morfostrutturali del fondo del bacino, tettonica sinsedimentaria).

3.2. Inquadramento geologico dell'area

L'area oggetto di intervento ricade all'interno del foglio mappa n° 507 "Pisticci" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Dalla consultazione della cartografia ufficiale e dai rilievi eseguiti sul terreno emerge che sull'intera area di impianto affiorano le argille marnose azzurre del Torrente Sauro di età Pliocene superiore. Nell'area della Sottostazione utente, il terreno di sedime è costituito da depositi alluvionali recenti costituiti da ghiaie, sabbie e limi in proporzione variabile posti al di sopra delle argille su menzionate.

Dal catalogo dell'ISPRA (progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) non risultano presenti nell'area di studio faglie attive o capaci.

L'area di impianto si sviluppa a quote comprese tra i 200 e i 245 metri s.l.m. (Fig. 4) e si colloca su rilievi ondulati e a dolce pendenza che caratterizzano l'area (Fig. 5). L'area di studio è identificabile come zona di transizione tra i terrazzamenti marini più prossimi alla costa Ionica e le aree montuose del dominio appenninico.

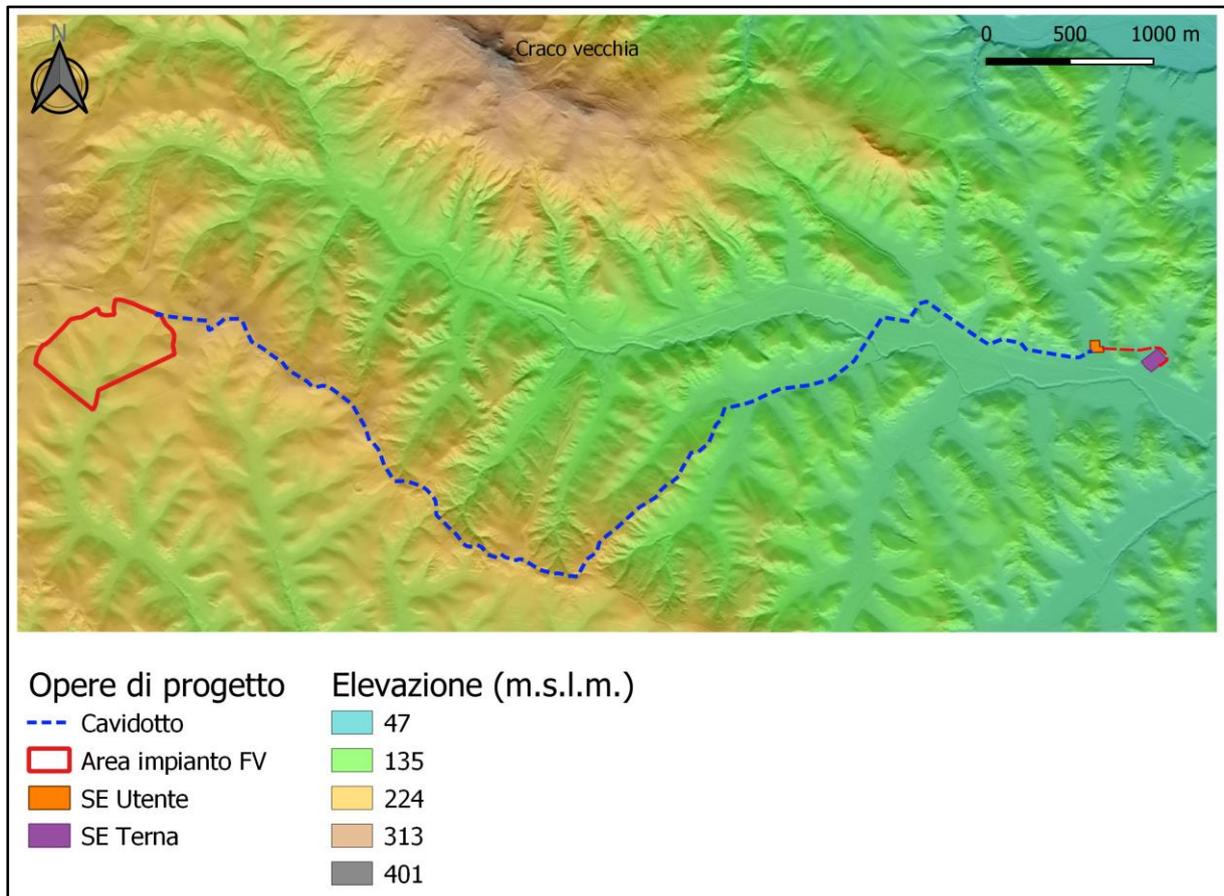


Figura 4. Carta dell'elevazione con evidenza delle forme del rilievo.

Nell'area di impianto la morfologia si presenta collinare con pendenze che raramente raggiungono i 16° (vedi Fig. 10) e profilo topografico dolce e ondulato. Il versante dell'area di impianto ha una esposizione prevalente verso Sud. L'area è attraversata da una serie di fossi di scolo delle acque piovane che drenano a ventaglio l'intera area di studio. Questi fossi si congiungono a Sud e vanno ad alimentare, a circa 2.5 km più a valle, il torrente denominato *Fosso del Lupo*, affluente del *Fiume Agri* (Fig. 6).

L'area Stazione Utente si colloca ad una quota di circa 90 metri s.l.m. in un'area pianeggiante costituita da depositi detritici eluvio-colluviali e posta sulla sinistra idrografica del *Torrente Bruscata*, a circa 190 metri dall'alveo attivo. L'area circostante è contornata da rilievi a dolce pendenza e da scarpate più acclivi dove si impostano le forme di erosione calanchive tipiche di quest'area geografica.



Figura 5. Vista panoramica dell'area di impianto. Foto scattate lungo la strada a monte dell'area di impianto.

L'intera area è costituita da depositi terrigeni di età pleistocenica prevalentemente a grana fine in cui si intercalano fitte lenti sabbiose.

Dall'analisi morfologica, eseguita tramite lo studio delle carte aerofotogrammetriche e tramite rilievi sul terreno, non sono emersi nell'area particolari fenomeni di dissesto in atto o potenziali, tali da poter compromettere le attività progettuali. Tuttavia, particolare attenzione dovrà essere posta lungo le aree contermini ai fossi che drenano il versante dove si osservano fenomeni di dissesto idrogeologico (vedi paragrafo successivo).

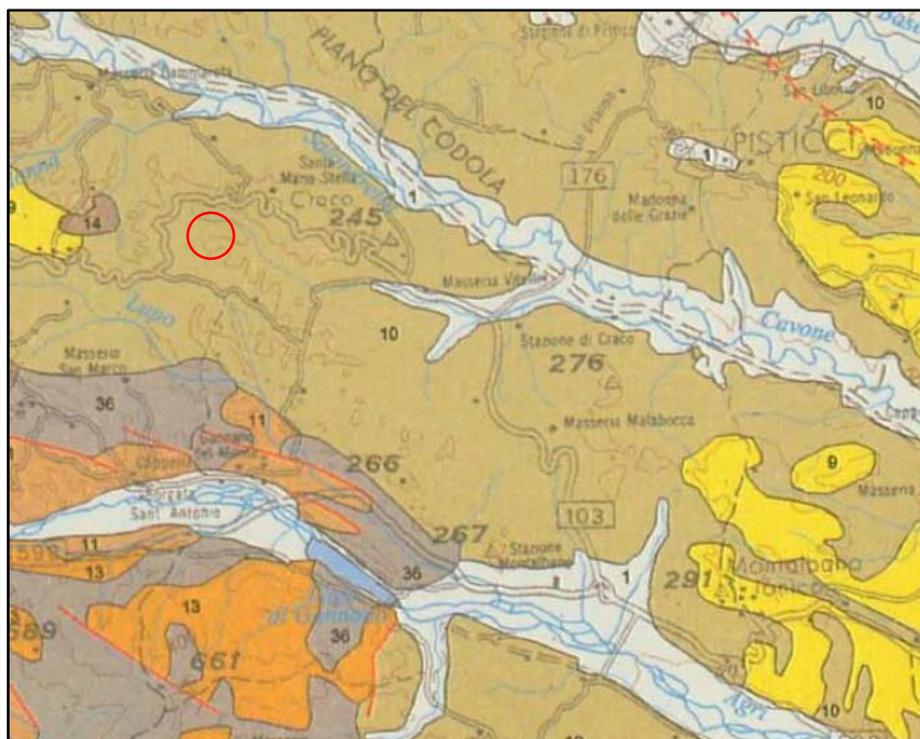
5. Lineamenti idrografici e idrogeologici

L'area di impianto ricade ai margini del bacino idrografico del Fiume Agri, questo ha una estensione di circa 1.770 Km² e scorre nel settore occidentale della Basilicata, dalla catena appenninica alla costa ionica.



Figura 7. Dissesti lungo i due fossi principali. A sinistra il fosso nel settore Est dell'area impianto, a destra il fosso del settore ovest.

La Carta Idrogeologica della Basilicata riporta i terreni interessanti l'area come *unità a prevalente componente argillosa*. Tale unità costituisce il limite di permeabilità al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico (Fig. 8).



COMPLESSI DEI DEPOSITI MARINI PLIO-QUATERNARI

9	<p>Complesso sabbioso-conglomeratico: Depositi clastici sabbioso-ghiaiosi da incoerenti a scarsamente cementati, ascrivibili alle fasi regressive iniziate nel Pleistocene inferiore (del ciclo bradanico: Sabbie di Monte Marano, Calcareni di Monte Castiglione, Conglomerato di Irsina). Costituiscono acquiferi anche di buona trasmissività, ma in genere, per il frazionamento della circolazione idrica sotterranea, danno luogo a sorgenti di portata modesta, in corrispondenza di limiti di permeabilità indefiniti o definiti con i sottostanti terreni argillosi.</p>	
10	<p>Complesso argilloso: Depositi costituiti da argille ed argille sillose e sabbiose marine ascrivibili alla trasgressione che ha interessato estesamente la Fossa Bradanica, tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore. Costituiscono limiti di permeabilità, al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, o con gli altri acquiferi ai quali essi sono giustapposti verticalmente e/o lateralmente.</p>	

Figura 8. Stralcio Carta Idrogeologica della Basilicata in scala 1:200.000.

Da quanto riportato dalla cartografia ufficiale e dai rilievi e indagini effettuate sul terreno si può definire che nell'area di impianto insiste un unico complesso idrogeologico: il complesso argilloso. Questo presenta una permeabilità molto bassa ($10^{-8} < K < 10^{-6}$), la permeabilità riscontrata è unicamente di tipo primario sin-genetica, quindi legata alla porosità (spazi intergranulari più o meno interconnessi). Risulta invece assente, almeno per i primi metri di profondità, la permeabilità di tipo secondaria post-genetica, per fessurazione. Non sono da escludere, tuttavia, livelli più permeabili di modeste dimensioni all'interno delle unità sopradescritte, questi possono trovarsi essenzialmente nelle lenti a componente sabbiosa prevalente.

Nel contesto appena descritto, si ha una bassa capacità di infiltrazione delle acque piovane a vantaggio del ruscellamento, come testimoniato dalla presenza di un reticolo idrografico ben sviluppato. La circolazione idrica sotterranea, nelle parti più superficiali del sottosuolo è assente o scarsamente rappresentata da livelli di falda effimeri e/o di modeste dimensioni che si possono formare all'interno dei mezzi sabbiosi a maggiore permeabilità. Nelle aree di avvallamento contermini ai fossi, la confluenza e il maggior tempo di permanenza d'acqua possono portare alla saturazione i terreni sottostanti, comportandone anche notevoli perdite di capacità di carico.

L'area della Stazione Utente risiede all'interno del bacino idrografico del fiume Cavone. L'area di sedime è formata dal complesso detritico, questo ha una permeabilità media ($10^{-6} < K < 10^{-3}$) e trovandosi al di sopra del complesso argilloso, il quale funge da limite di permeabilità, non è da escludere la presenza di falde freatiche al suo interno.

6. Compatibilità con il PAI

Dalla sovrapposizione dell'area impianto e dell'area Stazione Utente con il Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico della Basilicata (aggiornamento 2017) risulta che alcuni settori all'interno dell'area impianto ricadono in aree contrassegnate come aree a rischio geomorfologico medio e pericolosità media R2 e parte del tracciato del cavidotto ricade in aree a R2 e parzialmente in R3. Tali aree a R2 sono regolamentate all'articolo 18 delle Norme di Attuazione emanate dall'Autorità di Bacino della Basilicata aggiornate al 2014.

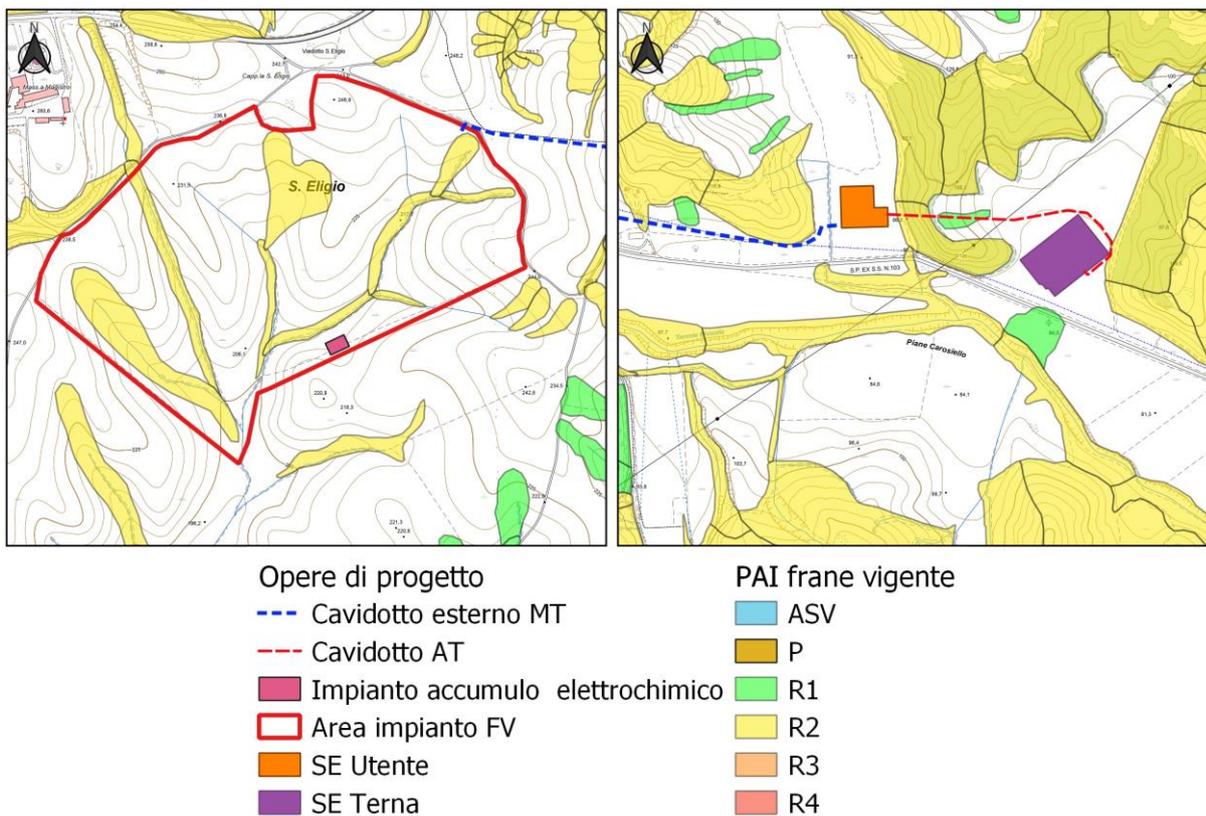


Figura 9. Carta del rischio idrogeologico PAI su base CTR al 5.000.

Per la valutazione della pericolosità idrogeologica nelle aree a R2 sono stati presi in considerazione i fattori predisponenti che possono influenzare la pericolosità geologica e aumentare i fattori di rischio:

- Pendenze (vedi carta delle pendenze);
- Parametri geomeccanici del sottosuolo (riportati nella sezione "modello geologico di riferimento" e nella relazione geotecnica);
- Caratteristiche dell'opera da realizzare;

Le pendenze, primo tra i fattori predisponenti, nelle aree su cui verrà realizzato l'impianto e coperte da area a R2 non superano mai i 15° (Fig. 10). Dalla tipologia di terreni caratterizzanti l'area, i movimenti franosi possibili sono gli scivolamenti rotazionali/planari e le colate, ma pendenze così basse non favoriscono l'innescarsi di tali fenomeni gravitativi, né tantomeno sono state osservate morfologie tipiche quali svuotamento/ rigonfiamento/ accumulo lungo i versanti, di eventi franosi passati nell'area indagata. Riguardo alle strutture da realizzare, costituite da filari di pannelli fotovoltaici sostenuti da una intelaiatura con pali infissi nel terreno, esse non alterano l'equilibrio idrogeologico di circolazione idrica superficiale né sotterranea, non costituiscono barriere impermeabili tra la superficie aria-suolo o tra settori di monte e settori di valle e non appesantiscono in modo influente il versante (stima di appena 30 kg/mq). Inoltre, la loro realizzazione non comporterà variazioni del profilo topografico dei versanti, lasciando pressoché intatto l'attuale assetto geomorfologico e idrogeologico dell'area.

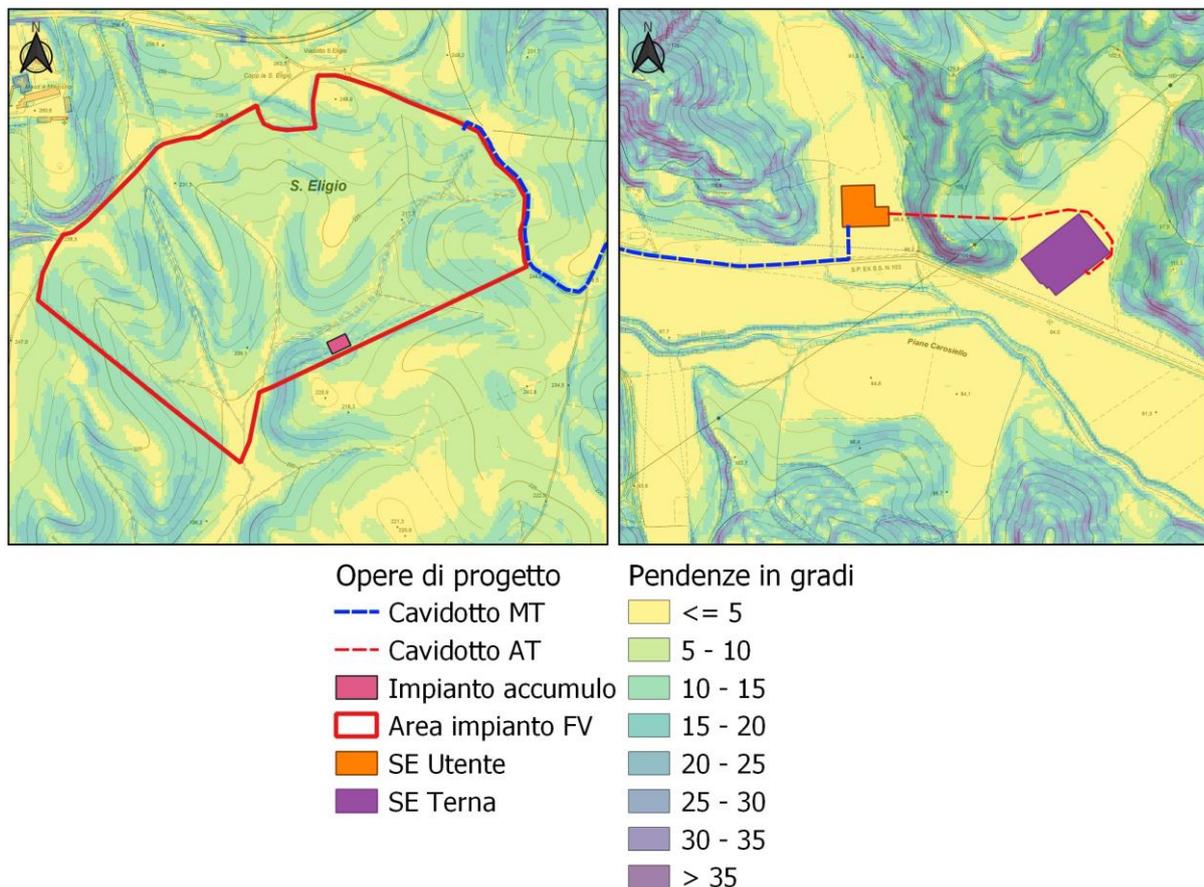


Figura 10. Carta delle pendenze. La mappa è realizzata partendo da un Modello Digitale del Terreno con risoluzione 5 metri. L'algoritmo di calcolo restituisce l'angolo di inclinazione del terreno in gradi per ogni pixel di dimensioni 5x5 metri.

Nel contesto appena descritto si può stabilire che l'opera di progetto non ha un impatto negativo significativo sulla stabilità geomorfologica dell'area.

7. Indagini sul terreno

Per determinare le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni su cui è previsto l'intervento progettuale in oggetto, si è programmata una campagna di indagini in sito comprendente:

n.2 stendimenti sismici a rifrazione MASW;

n. 2 prove penetrometriche di tipo DPSH.

I risultati delle indagini eseguite sono riportati in coda alla presente relazione unitamente alla loro ubicazione nell'area di studio (vedi anche tavola *A12.a.7_Planimetria ubicazione indagini geologiche*, contenuta nella documentazione progettuale).

In questa fase progettuale le indagini hanno riguardato unicamente l'area impianto e non l'area Stazione Utente in quanto il posizionamento delle opere di connessione può essere soggetto a variazioni.

8. Modello geologico di riferimento

Con le indagini e i rilievi eseguiti si è potuto avere un quadro delle caratteristiche geotecniche medie dei terreni indagati.

Data l'estensione del territorio in esame e l'uniformità dei dati riscontrati dalle indagini geognostiche in situ, si è optato per definire un unico modello geologico-tecnico dell'intera area impianto, attribuendo alle unità litotecniche i parametri geotecnici più cautelativi, per come riportato nella seguente serie stratigrafica:

0.00 - 1.00 m Unità Litotecnica L1a: Coltre eluvio-colluviale a prevalente componente argilloso-limosa con presenza di ciottoli, alterato, rimaneggiato e scarsamente consistente, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 18-19$ KN/m³; $\phi = 20-24^\circ$; $C_u = 0.9-1.0$ Kg/cm²; E_y Young = 165 kg/cm²; $V_s = 223$ m/s.

1.00 – 4.80 m Unità Litotecnica L1b: argilla e limo scarsamente consistenti, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 16-17$ KN/m³; $\phi = 17-19^\circ$; $C_u = 0.15$ kg/cm²; E_y Young = 19 kg/cm²; $V_s = 191$ m/s.

4.80 – 6.20 m Unità Litotecnica L1c: argilla limosa mediamente consistenti con addensamento che aumenta con la profondità, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 21-22$ KN/m³; $\phi = 27-29^\circ$; $C_u = 1.0$ kg/cm²; E_y Young = 312 kg/cm²; $V_s = 297$ m/s.

6.20 – 12.10 m Unità Litotecnica L1d: argilla limosa molto consistente con addensamento che aumenta con la profondità, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 24-25$ KN/m³; $\phi = 33-35^\circ$; $C_u = 1.5$ kg/cm²; $C' = 0.2$ Kg/cm²; E_y Young = 993 kg/cm²; $V_s = 297$ m/s.

12.10 – oo m Unità Litotecnica L1e: argilla grigio azzurra molto consistente con addensamento che aumenta con la profondità, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 26-28 \text{ KN/m}^3$; $\phi = 38-40^\circ$; $C_u = 2.5-3.5 \text{ kg/cm}^2$; $E_y \text{ Young} = 1150 \text{ kg/cm}^2$; $V_s=631 \text{ m/s}$.

In considerazione dei valori di velocità delle onde di taglio V_s riscontrati nei vari stati emersi dalle indagini MASW si riporta di seguito i valori delle V_s equivalenti nei primi 30 metri di profondità utili alla definizione della classe di amplificazione.

MASW_01

$V_{seq} = 396 \text{ m/sec}$ al piano campagna

MASW_02

$V_{seq} = 386 \text{ m/sec}$ al piano campagna

Da tali valori di V_{seq} si può classificare l'area di studio come:

Categoria di sottosuolo di tipo 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 fra 360 m/s e 800 m/s."

La presente stratigrafia unitamente alla carta geologica costituisce il modello geologico di riferimento.

9. Pericolosità sismica di base

I terremoti che hanno avuto ripercussioni nell'area d'indagine dal 1000 in poi si possono osservare dalla tabella appresso riportata, dove l'intensità è da riferirsi alla scala Mercalli Modificata che è basata sull'osservazione degli effetti superficiali causati da un terremoto.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Craco Peschiera	14	5

Figura 11 – Storia sismica del Comune di Craco tratta dal Database Macrosismico Italiano redatto dall'INGV

Con l'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modifiche, il territorio di Craco viene classificato come Zona sismica 2 con $0,15 < a_g < 0,25$. Di seguito viene riportato il record attinente al Comune di Craco (Elenco dei Comuni ad elevato rischio sismico ai sensi dell'art. 12 della Legge 27.12.1997, n. 449) contenuto nell'Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio Nazionale".

Codice ISTAT	Regione	Provincia	Comune	Popolazione residente (1991)	Abitazioni (1991)	Grado di Sismicità	Data di classificazione	Indice di rischio	Intensità massima osservata (MCS)
17077007	BASILICATA	MATERA	CRACO	971	435	9	07/03/81	0,0076	8

Tab.1 – Comune di Craco

L'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nell'Allegato 1B "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s). In tale elaborato l'area di sedime è compresa nel tratto di territorio comunale di Craco ricadente nella fascia di accelerazione: $0,075 < a_{max} < 0,100$.

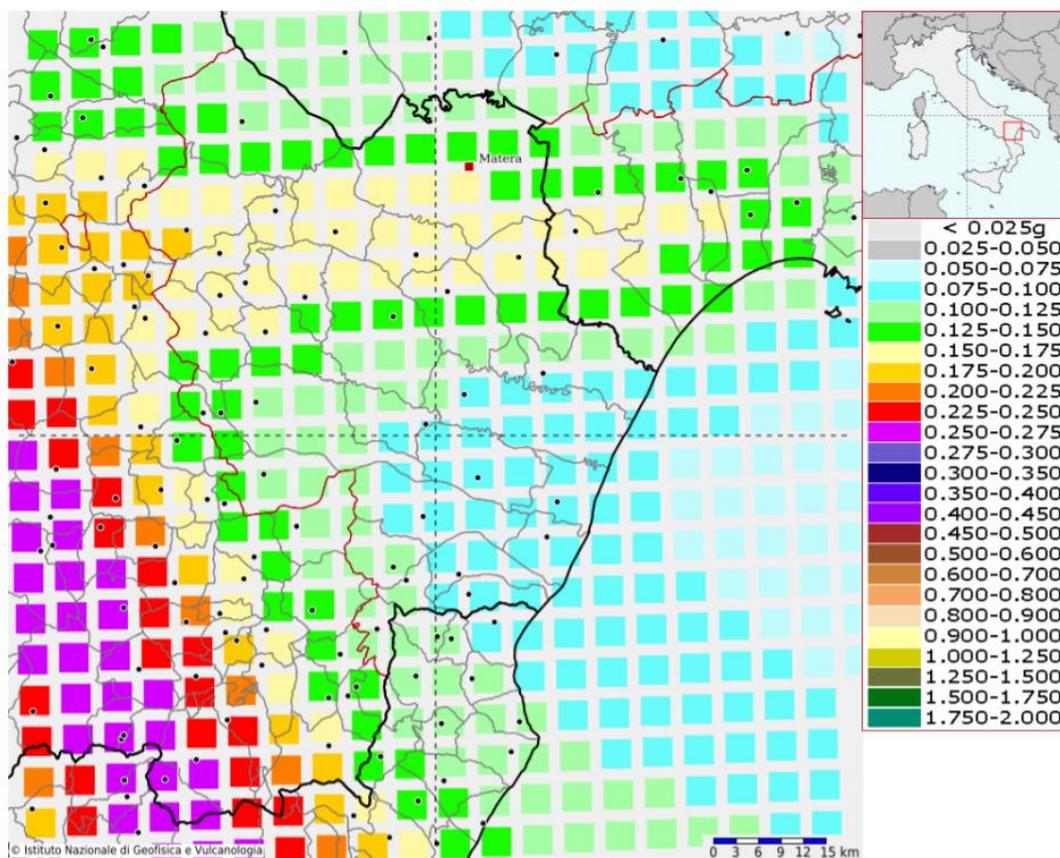


Figura 12. Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 35233 - Latitudine: 40.344 - Longitudine: 16.507

Il D.M. del 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”, nell’Allegato B: “Tabelle dei parametri che definiscono l’azione sismica”, fornisce, per 10.751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), i valori dei parametri a_g , F_0 , T^*c da utilizzare per definire l’azione sismica nei modi previsti dalle NTC.

Per l’area di studio (ED50: Lat 40.364867 - Lng 16.411795) i parametri che definiscono l’azione sismica sono i seguenti:

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T^*c [s]
Operatività (SLO)	30	0,038	2,429	0,281
Danno (SLD)	50	0,048	2,426	0,319
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,103	2,645	0,436
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,126	2,710	0,458

Dove: a_g è l’accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T^*c il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

10. Conclusioni

A seguito degli studi svolti è stato possibile ottenere un quadro sufficientemente chiaro dell'area di progetto, i cui risultati sono sintetizzati nei seguenti punti:

- Per quanto concerne le norme tecniche di attuazione del Piano Stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (PAI), emanate dall'Autorità di Bacino della Basilicata, risulta che alcuni settori dell'area impianto ricadono in aree contrassegnate come aree a rischio geomorfologico medio e pericolosità media R2. A tal proposito, lo studio effettuato ha potuto rimarcare che le pendenze nelle aree su cui verrà realizzato l'impianto e coperte da area a R2 superano raramente i 15°; Le strutture non alterano l'equilibrio idrogeologico di circolazione idrica superficiale e sotterranea e non costituiscono barriere impermeabili tra la superficie aria-suolo o tra i settori di monte e i settori di valle; La loro realizzazione non comporterà variazioni del profilo topografico dei versanti, lasciando intatto l'attuale assetto geomorfologico dell'area. Non sussistono altri vincoli e misure di salvaguardia relative a perimetrazioni di aree a differente livello di pericolosità, vulnerabilità e rischio frana/idraulico.
- Non sono stati rilevati particolari fenomeni di dissesto in atto o potenziali all'interno dell'area tali da compromettere la realizzazione dell'opera di progetto, tuttavia, particolare attenzione andrà posta nelle aree contermini al principale fosso di scolo delle acque, dove si sono osservati fenomeni di dissesto idrogeologico attivi che interessano l'intera lunghezza dei fossi principali. In tali aree è raccomandabile mantenere una distanza di sicurezza e agire stabilizzando gli argini.
- La stratigrafia dei terreni affioranti nell'area è caratterizzata da depositi di età Pleistocenica costituiti dalle argille grigio-azzurre con all'interno locali lenti e livelli di sabbie. Il grado di consistenza generale aumenta con la profondità; nelle aree di avvallamento contermini ai fossi, non è da escludere che la saturazione dei terreni argillosi induce ingenti perdite di capacità di carico degli stessi;
- Tramite le indagini in situ eseguite si sono determinate le caratteristiche geolitologiche, geomeccaniche e sismiche dei terreni di sedime, con il quale è stato determinato il modello geologico di riferimento da utilizzare per le verifiche progettuali statiche e dinamiche;
- Dall'analisi delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche, topografiche, sismiche il terreno in progetto viene definito con categoria di sottosuolo **B** e categoria topografica **T1**.

In virtù delle informazioni oggi acquisite e secondo il modello geologico di riferimento, si può affermare che il sito in esame risulta essere idoneo alle finalità progettuali.

PhD. Geol. Emanuele Bonanno

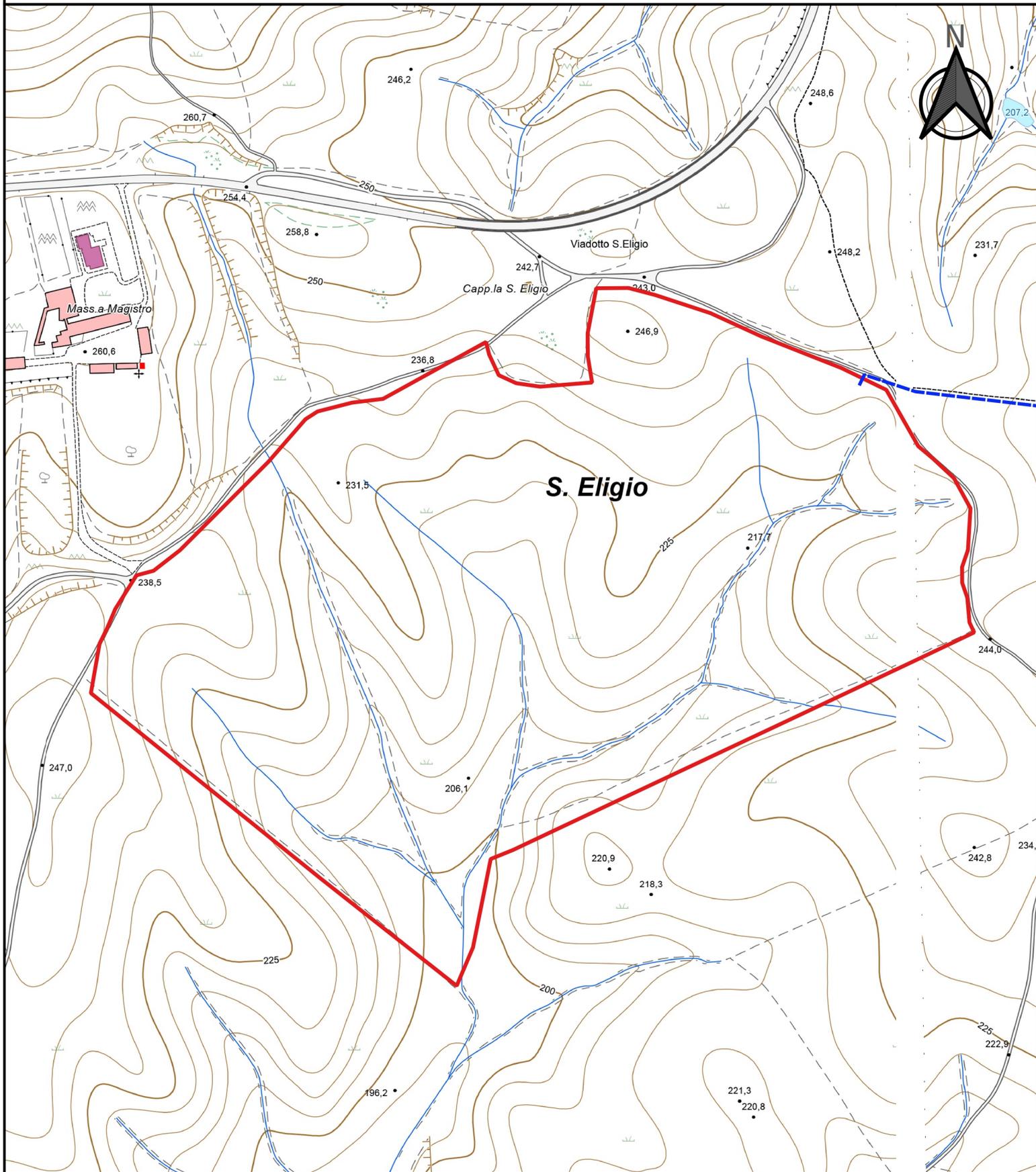
Ordine dei Geologi della Calabria n° 1275

11. Allegati

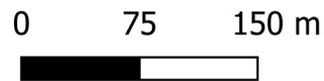
- Stralcio Carta Topografica IGM, scala 1:25.000;
- Stralcio Carta Tecnica Regionale – Area impianto, scala 1:5.000;
- Stralcio Carta Tecnica Regionale – Area Stazione Utente, scala 1:5.000;

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE - AREA IMPIANTO

Scala 1:5.000

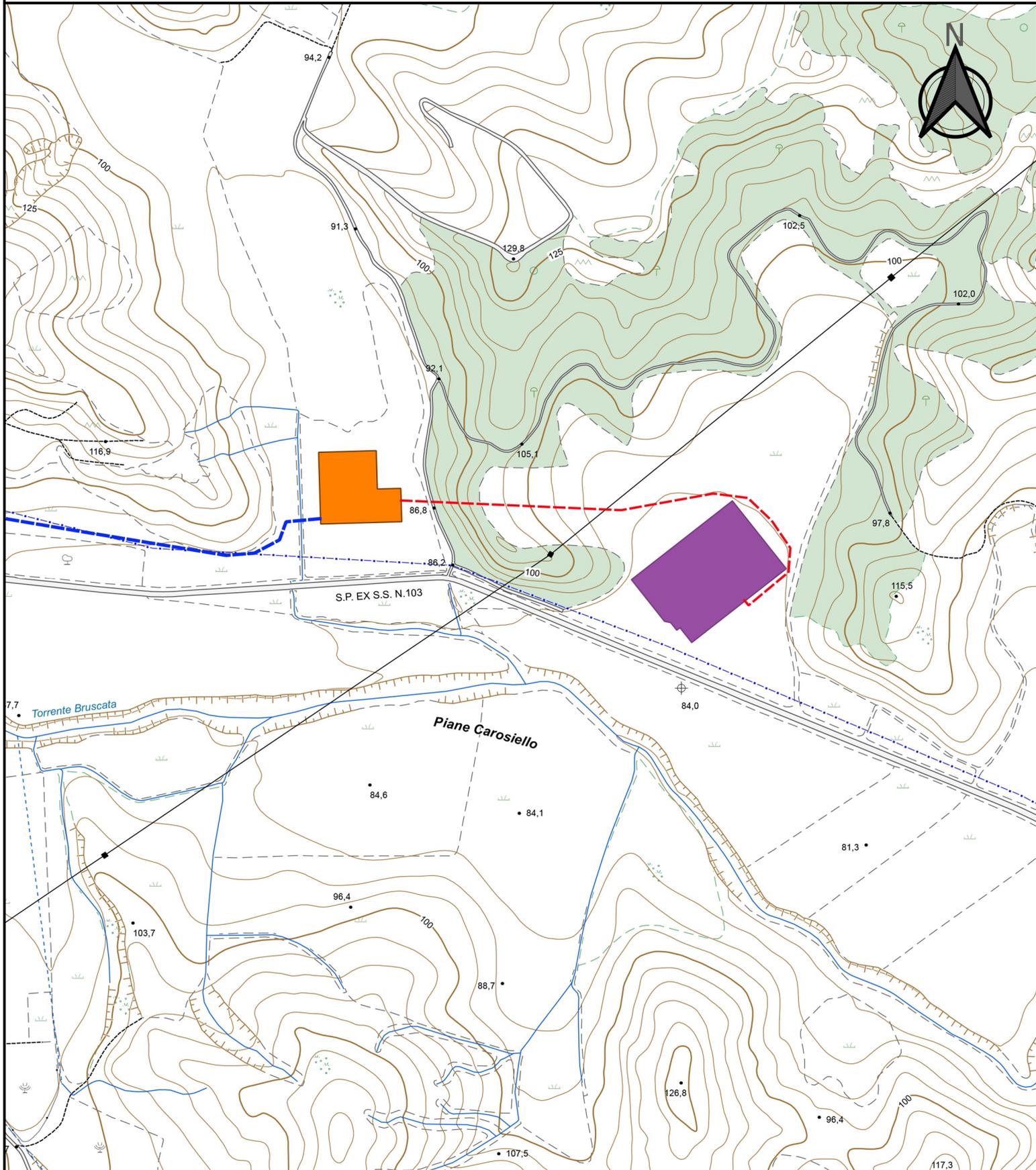


 Area impianto



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE - AREA STAZIONE UTENTE

Scala 1:5.000



-  Stazione elettrica Utente
-  Stazione elettrica Terna



12. Report indagini geognostiche



G. & G.I.S.
Geological & Geophysical Investigation Service

Geological & Geophysical Investigation Service
del Dott. Geologo Potenza Galileo
Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)
E-Mail: galileopz@virgilio.it - Cell. - 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764

REGIONE BASILICATA

PROVINCIA DI MATERA

COMUNE DI CRACO

"Progetto per l'installazione di un campo fotovoltaico in agro al Comune di Craco(PZ)"

DITTA ESECUTRICE INDAGINI GEOFISICHE



Geological & Geophysical Investigation Service
del Dott. Geologo Potenza Galileo
Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)
E-Mail: galileopz@virgilio.it - Cell. - 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764

Data: Settembre 2021

Il committente :

Rinnovabili Sud Due S.r.l.

IL Tecnico:

Dott. Geol Galileo Potenza



UBICAZIONE:

Comune di Craco (PZ)

- **INDAGINI SISMICHE**
- **INDAGINI PENETROMETRICHE CONTINUE DPSH**

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 - PROSPEZIONE SISMICA MASW (generalità)	6
3 - DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO	8
3.1 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 1.....	9
3.2 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 2.....	12
4 – VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE	15
5 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH.....	17
5.1 Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1	28
5.1.1 - Stima parametri geotecnici prova DPSH 1.....	31
5.2 Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 2	37
5.2.1 - Stima parametri geotecnici prova DPSH 2.....	39

1 - PREMESSA

Nel sito oggetto di studio, in merito al progetto in oggetto, è stata eseguita una campagna d'indagini geofisiche dalla ditta **Geological & Geophysical Investigation Service del Dott. Geologo Potenza Galileo Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)**.

La presente relazione di indagini indirette relaziona sulle opportune e puntuali indagini sismiche e geotecniche effettuate in sito, al fine di determinare le caratteristiche sismiche di sito e fisicomeccaniche dei terreni che costituiscono il sottosuolo dei diversi punti investigati.

Allo scopo di localizzare le aree più significative e successivamente:

- verificare eterogeneità significative (variazioni litostratigrafiche);
- caratterizzare i principali parametri geologico-sismici di sito ove sia richiesta una elevata risoluzione e precisione spaziale;
- determinare i principali parametri geotecnici delle litologie incontrate;

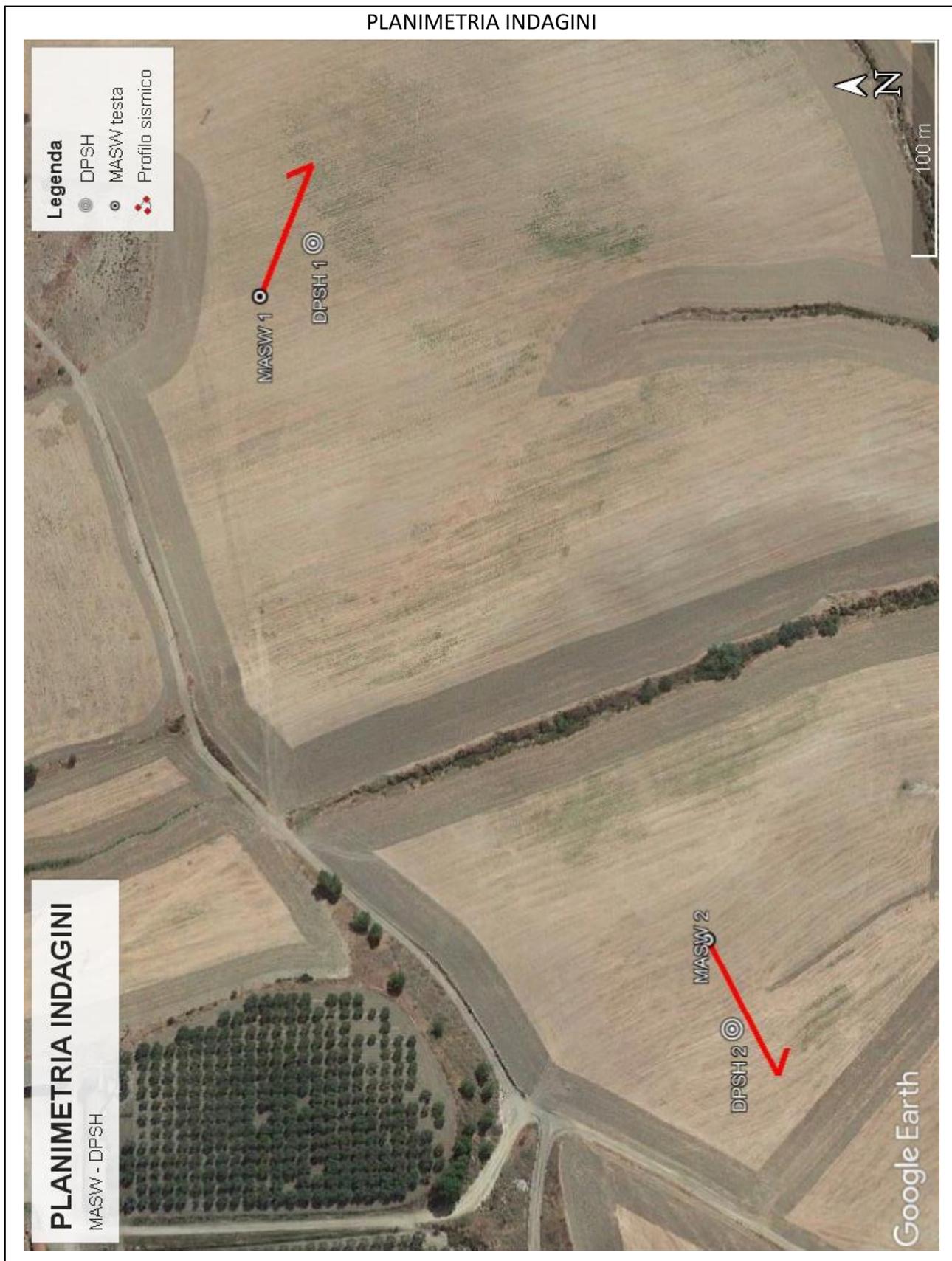
nel sito oggetto di studio si è proceduto ad analisi e confronti di inversioni con metodi di array sismico e prove penetrometriche dinamiche continue mediante l'acquisizione di:

- **N. 2** stendimenti sismici MASW, per la determinazione della curva di dispersione Multichannel Analysis of Surface Waves metodologia che consente di ottenere un modello verticale delle Vs, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love;
- **N. 2** Prove penetrometriche dinamica continua eseguita con penetrometro provvisto di massa battente 63.5 kg., corredato di dispositivo per lo sganciamento automatico, con altezza di caduta pari a cm 75, realizzate con le prescrizioni e gli oneri di cui alle "Modalità tecnologiche" e "Norme di misurazione ANISIG" e restituzione dei risultati e degli elaborati grafici e del rapporto esplicativo.

Le misure geognostiche effettuate ed i parametri calcolati con la strumentazione utilizzata in questo lavoro, il "Sismografo multicanale digitale SoilSpy Rosina e penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI", utilizzando tecniche di registrazione passive e attive, possono essere utilizzati nell'ambito della nuova normativa vigente in materia di costruzioni ("Nuove Norme tecniche per le costruzioni", **D.M. 17 gennaio 2018**), anche per quanto riguarda le opere di fondazione, sostegno e scavo.

Per la caratterizzazione di tutti gli elementi utili alla esatta interpretazione dei requisiti **sismo-stratigrafici** e di **amplificazione** di sito, si è proceduto ad una campagna di indagini che ha consentito, attraverso la correlazione dei diversi dati, di limitare il numero di incertezze e di delineare un modello di sottosuolo affidabile.

PLANIMETRIA INDAGINI



REPORT FOTOGRAFICO Campo 1°



MASW 1



DPSH 1

REPORT FOTOGRAFICO Campo 2°



MASW 2



DPSH 2

2 - PROSPEZIONE SISMICA MASW (generalità)

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione.

La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

3 - DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO

Nel sito oggetto di studio, sono stati realizzati due stendimenti multicanale con strumentazione SoiSpy Rosina 25 canali, effettuato distanziando i geofoni di 5.00 m l'uno dall'altro e con geometria a lineare. Sugli stendimenti sono state effettuate prove di sismica attiva di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), utilizzando geofoni per la misurazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s). Le prospezioni, denominate rispettivamente MASW 1 e MASW 2, della lunga 60.00 m, sono state posizionate in campo in direzione circa NO – SE, la prima e NE – SO la seconda, (vedi Planimetria indagini allegata). Per la tecnica MASW, gli scoppi, sono stati ottenuti mediante percussione con mazza da 5 Kg verticalmente, direttamente sul terreno, per enfatizzare il moto fondamentale di vibrazione ed attenuare i modi superiori. Gli scoppi sono stati posizionati in testa allo stendimento a circa 5 m dal geofono n° 1.

La metodologia MASW consente di ottenere un modello verticale delle V_s , a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love contenute nel segnale provocato dalle energizzazioni.

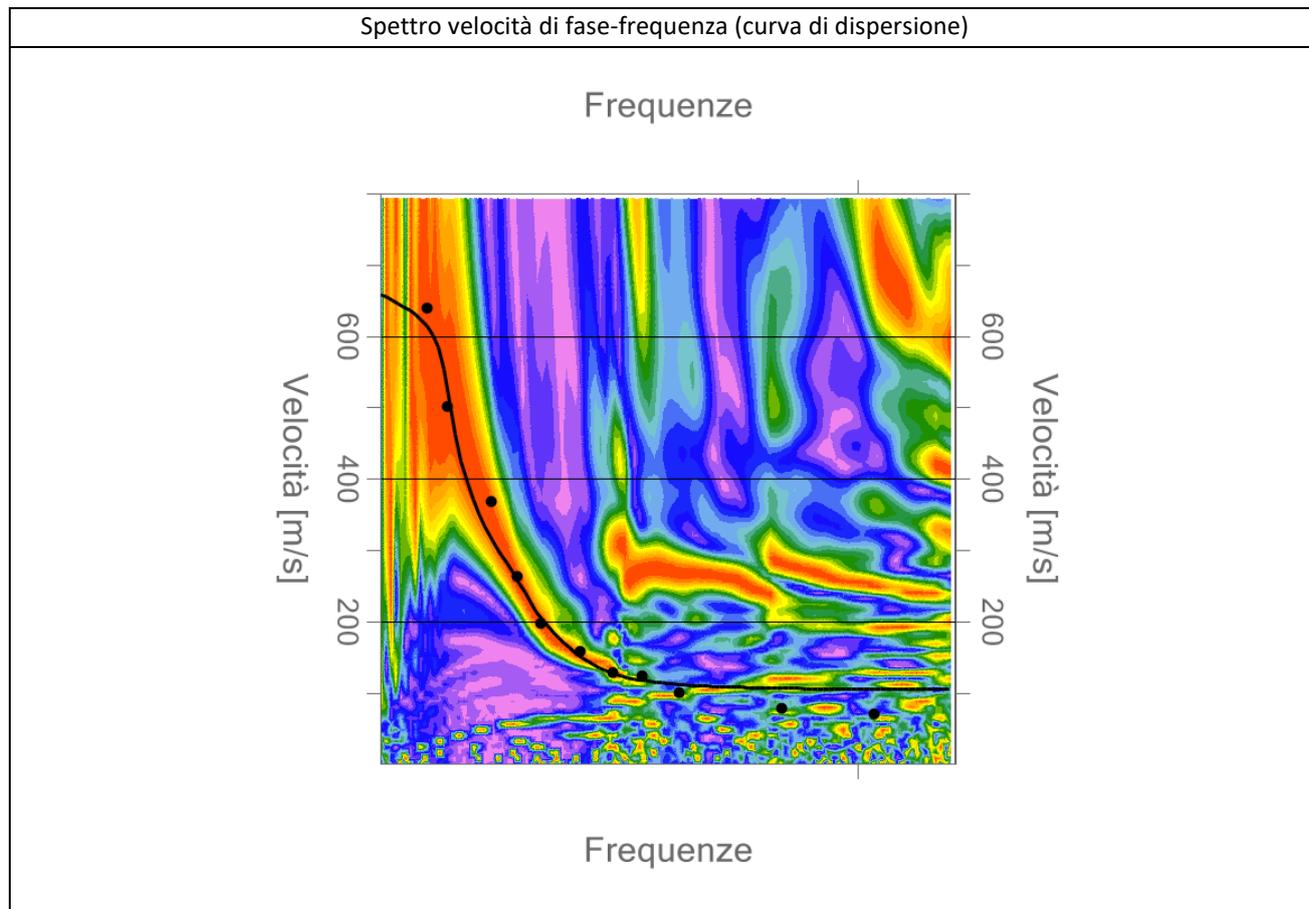
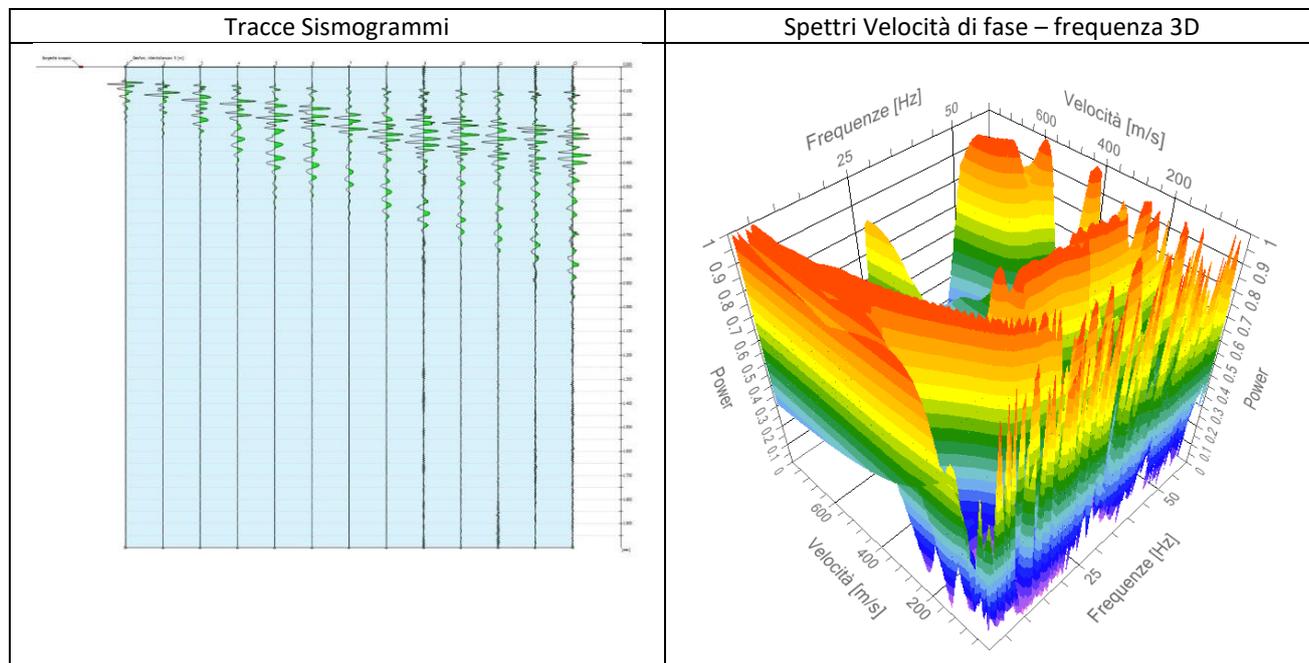
Dal segnale registrato sono stati ricavati i grafici di dispersione frequenziale relativi ad ogni Staking, ed il piking è stato eseguito manualmente al centro della curva di dispersione.

Le curve di dispersione, ottenute mediante le procedure sopra citate, sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e Love nel modo fondamentale e nei modi superiori, in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alla curva sperimentale.

3.1 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 1

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 1024 Hz

Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.

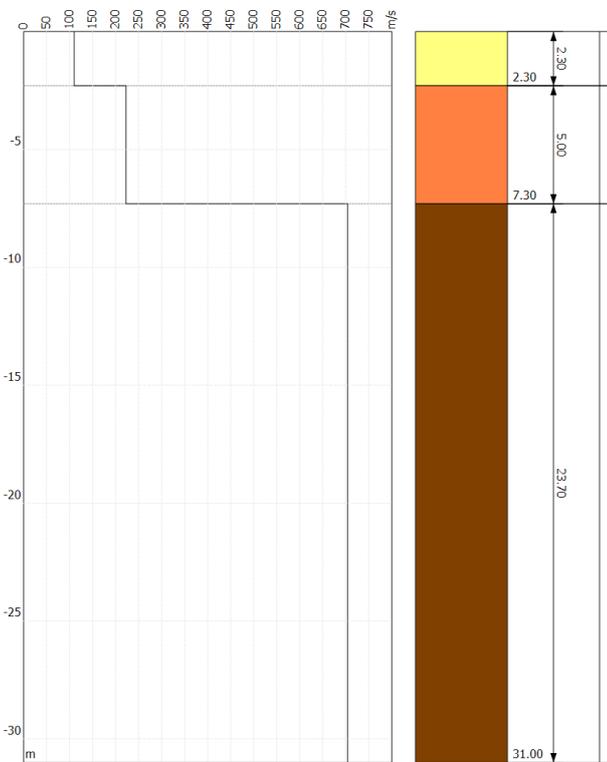


GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
 GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
 E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
 C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764

PROFILO DI VELOCITA' Vs



STRATIGRAFIA SISMICA



RISULTATI	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	396
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	2.30	2.30	110	364	1890	0.45	22	251	221	66
2	7.30	5.00	222	679	2070	0.44	102	955	818	294
3	oo	oo	703	1895	2100	0.42	1040	7545	6157	2955

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

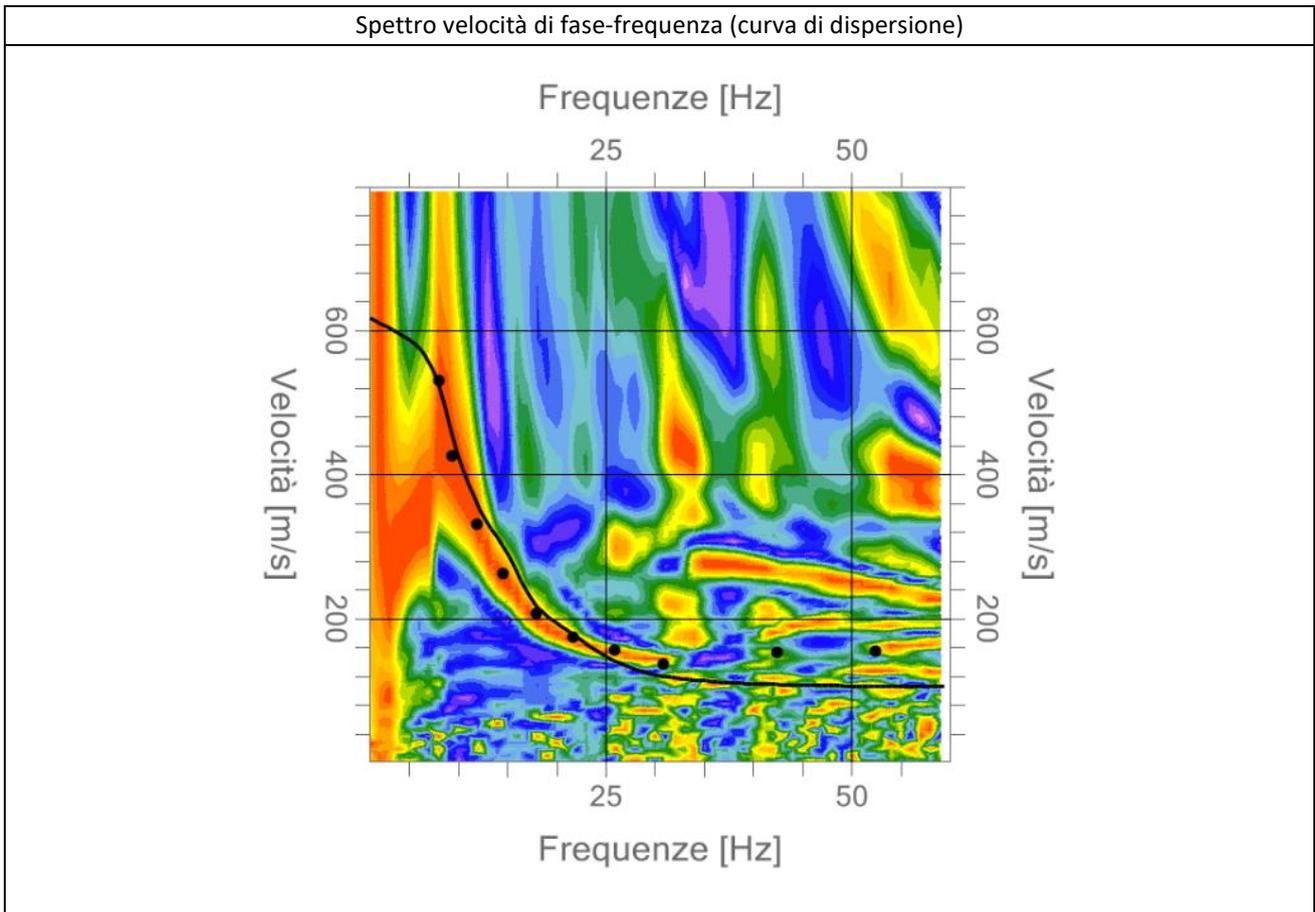
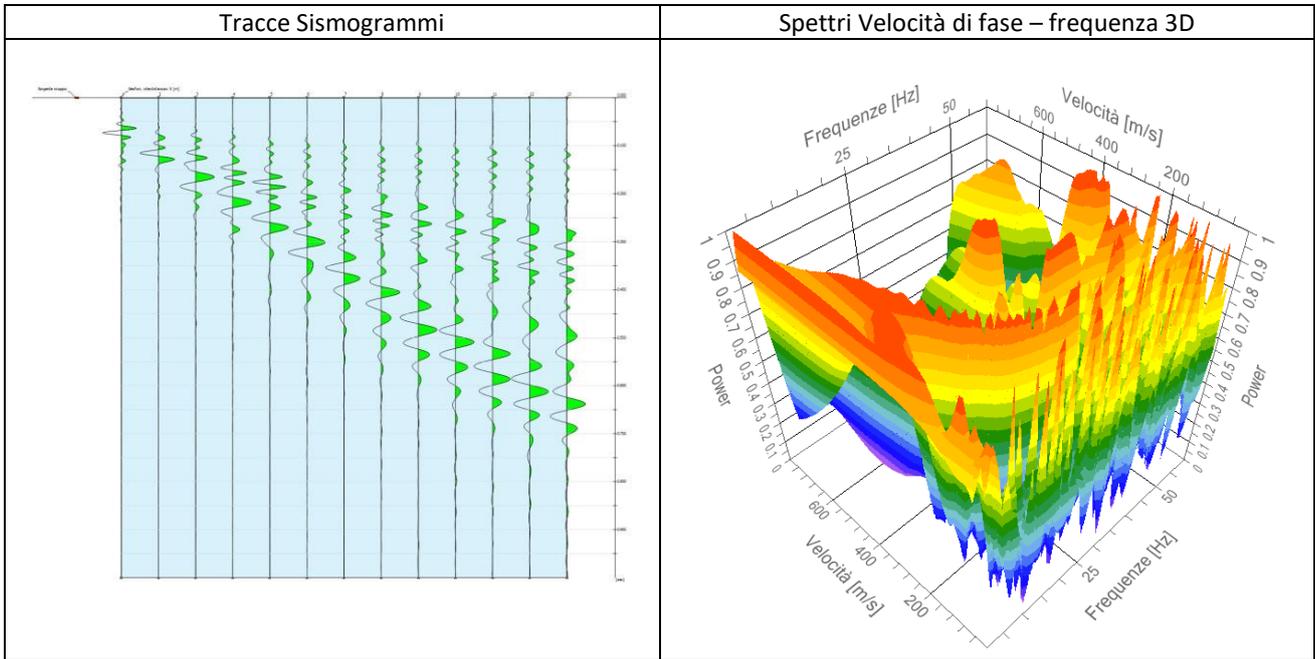
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

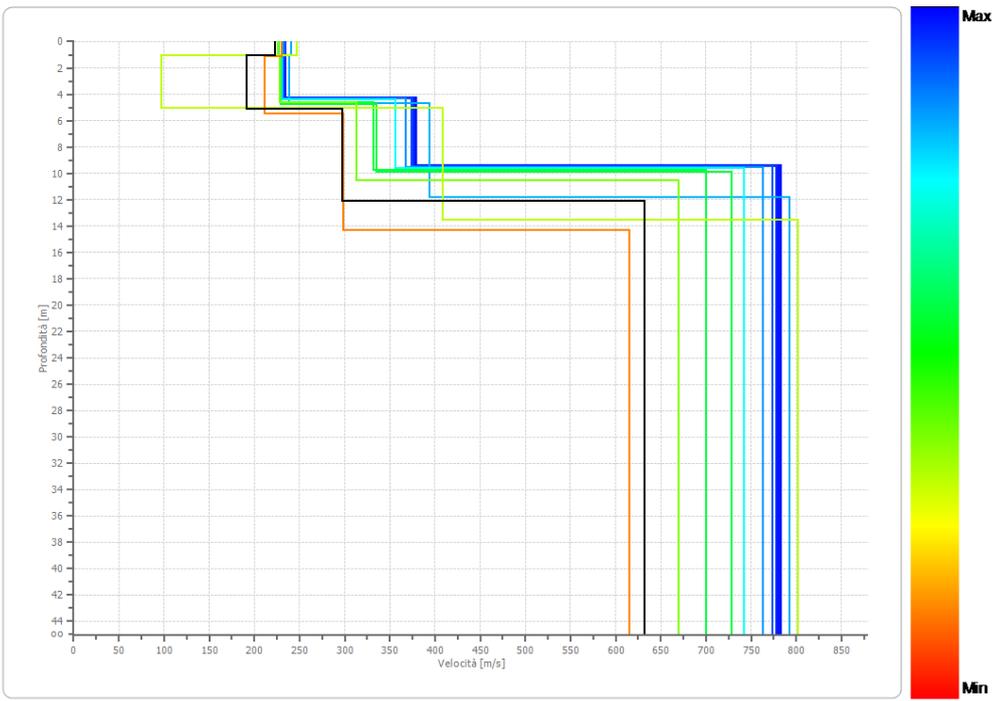
3.2 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 2

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 1024 Hz

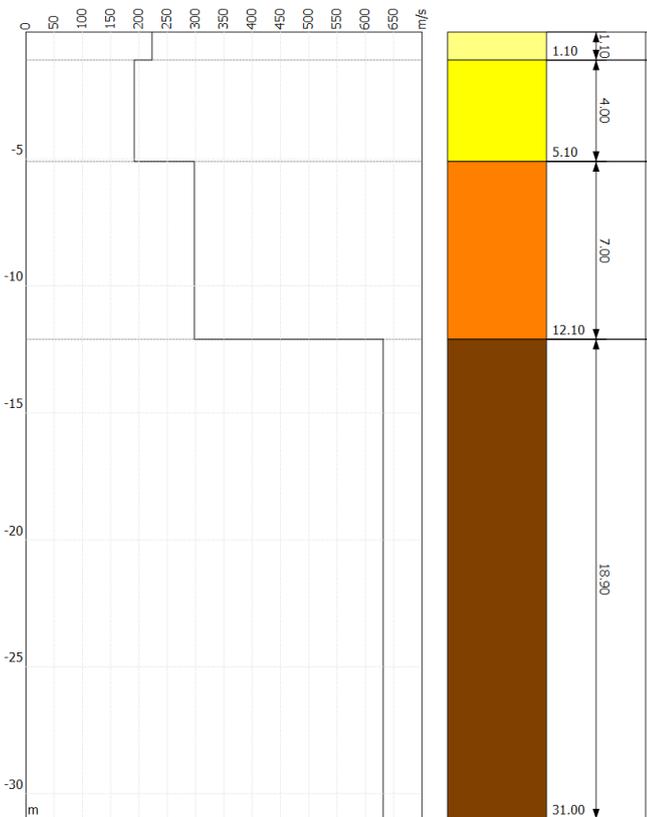
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.



PROFILO DI VELOCITA' Vs



STRATIGRAFIA SISMICA



RISULTATI	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	386
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.10	1.10	223	739	2080	0.45	93	1033	908	272
2	5.10	4.00	191	977	1860	0.48	76	1977	1876	225
3	12.10	7.00	297	987	2150	0.45	186	2046	1798	539
4	oo	oo	631	1802	2400	0.43	837	6823	5706	2396

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

4 – VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE

I profil sismici, denominato MASW , sono stati realizzati nell'area di interesse così come indicato nella planimetria allegata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine MASW 1, evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 2.3 m, Vs di **110 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 5.0 m e Vs di **222 m/s**, con medio-bassa rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **703 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine MASW 2, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 1.10 m, Vs di **223 m/s**, con medio-bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** scarsamente addensato, con spessore medio di circa 4.0 m e Vs di **191 m/s**, con medio-bassa rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** discretamente addensato, con spessore medio di circa 7.0 m e Vs di **297 m/s**, con medio-buona rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **631 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di Vs,eq valutato dalla seguente espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = 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 VS non inferiore a 800 m/s.

Il modello di $V_{S,eq}$ ci dà informazioni riguardanti gli spessori e le velocità dei singoli sismostrati, per definire l'azione sismica di progetto e la categoria del terreno di fondazione del sito oggetto di studio.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio sono stati determinati con le metodologie sopra citate i valori di $V_{S,eq}$, partendo dal piano campagna, che risultano essere comprese tra **396** e **389 m/s**, dato che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla categoria **B**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria "**B**" descritta in normativa come: *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.*

5 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPM

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α =60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α = 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ =30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ =20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione cvon Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- Haltezza di caduta.
- Aarea base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32kPa \text{ (Liao e Whitman 1986)}$$

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

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

- C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981). Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

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

$$N_{Spt,k} = N_{Spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{Spt}})$$

dove $\sigma_{N_{Spt}}$ è la deviazione standard di N_{Spt}

Distribuzione normale R.N.C.

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

$$N_{Spt,k} = N_{Spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{Spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{Spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt \text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (Ko)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

Modulo Di Young (E_γ)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

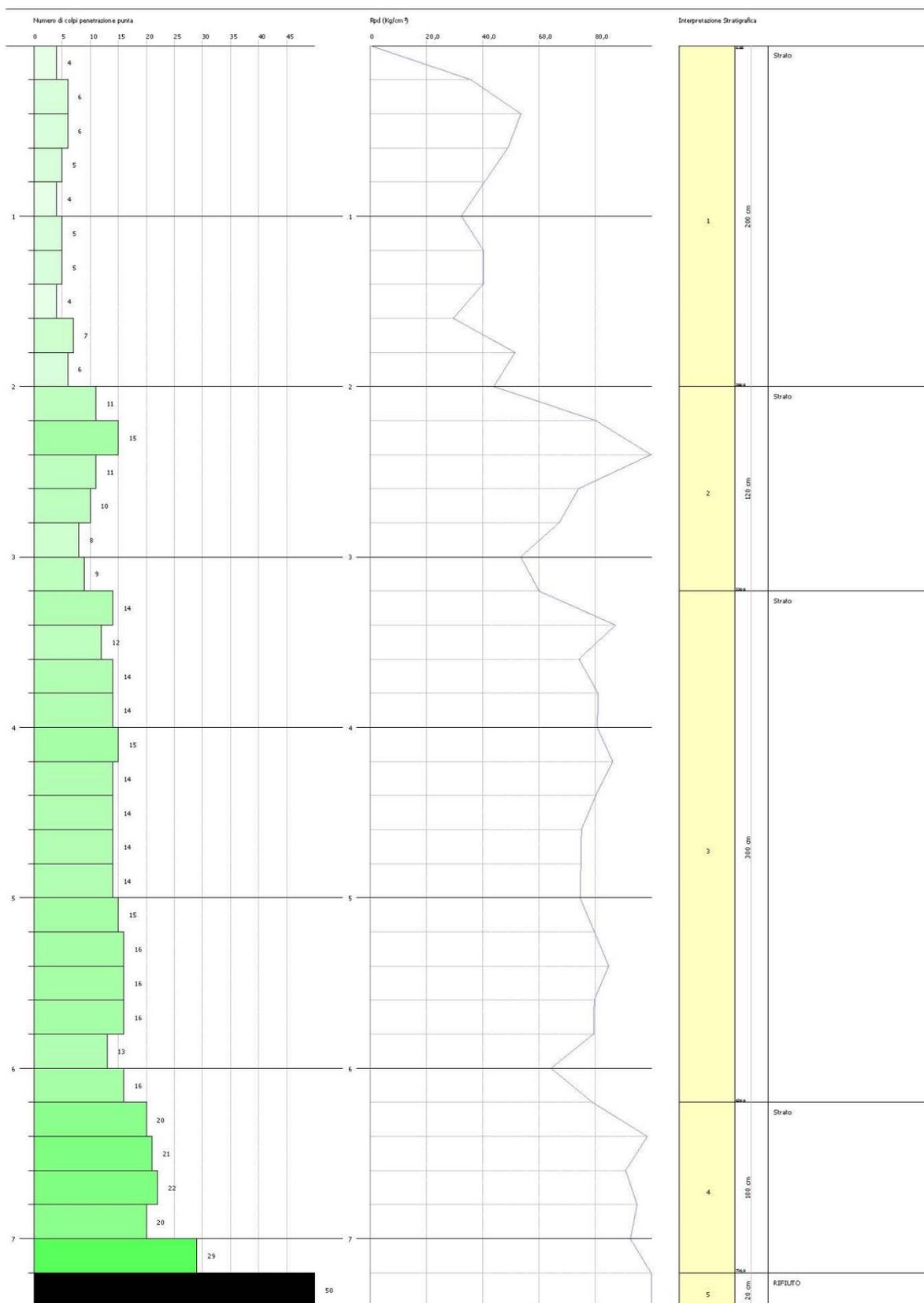
5.1 Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data
 Profondità prova 7,40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	35,92	42,03	1,80	2,10
0,40	6	0,851	53,64	63,04	2,68	3,15
0,60	6	0,847	49,01	57,86	2,45	2,89
0,80	5	0,843	40,66	48,22	2,03	2,41
1,00	4	0,840	32,39	38,57	1,62	1,93
1,20	5	0,836	40,32	48,22	2,02	2,41
1,40	5	0,833	40,16	48,22	2,01	2,41
1,60	4	0,830	29,57	35,64	1,48	1,78
1,80	7	0,826	51,54	62,38	2,58	3,12
2,00	6	0,823	44,01	53,47	2,20	2,67
2,20	11	0,820	80,39	98,02	4,02	4,90
2,40	15	0,767	102,54	133,66	5,13	6,68
2,60	11	0,814	74,18	91,10	3,71	4,55
2,80	10	0,811	67,20	82,82	3,36	4,14
3,00	8	0,809	53,58	66,25	2,68	3,31
3,20	9	0,806	60,08	74,54	3,00	3,73
3,40	14	0,753	87,35	115,94	4,37	5,80
3,60	12	0,801	74,34	92,83	3,72	4,64
3,80	14	0,748	81,05	108,30	4,05	5,41
4,00	14	0,746	80,79	108,30	4,04	5,41
4,20	15	0,744	86,29	116,03	4,31	5,80
4,40	14	0,741	80,30	108,30	4,01	5,41
4,60	14	0,739	75,10	101,60	3,76	5,08
4,80	14	0,737	74,89	101,60	3,74	5,08
5,00	14	0,735	74,68	101,60	3,73	5,08
5,20	15	0,733	79,79	108,85	3,99	5,44
5,40	16	0,731	84,88	116,11	4,24	5,81
5,60	16	0,729	79,73	109,35	3,99	5,47
5,80	16	0,727	79,52	109,35	3,98	5,47
6,00	13	0,725	64,45	88,84	3,22	4,44
6,20	16	0,724	79,14	109,35	3,96	5,47
6,40	20	0,722	98,69	136,68	4,93	6,83
6,60	21	0,670	90,91	135,61	4,55	6,78
6,80	22	0,669	95,01	142,07	4,75	7,10
7,00	20	0,717	92,63	129,16	4,63	6,46
7,20	29	0,666	124,66	187,28	6,23	9,36
7,40	60	0,564	218,59	387,47	10,93	19,37

GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DPSH1



GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764

RELAZIONE INDAGINI

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2	5,2	49,76	Incoerente - coesivo	0	1,89	1,9	0,19	1,47	7,64	Strato
3,2	10,67	91,06	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,5	1,47	15,68	Strato
6,2	14,47	106,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,12	0,94	1,47	21,27	Strato
7,2	22,4	146,16	Incoerente - coesivo	0	2,22	2,47	1,37	1,47	32,93	Strato
7,4	60	387,47	Incoerente - coesivo	0	2,5	2,5	1,5	1,47	88,2	RIFIUTO

5.1.1 - Stima parametri geotecnici prova DPSH 1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	7,64	2,00	0,48	0,96	0,25	0,31	0,75	1,49	0,68	1,01	0,38	1,09	0,96
[2] - Strato	15,68	3,20	1,06	1,96	1,00	0,62	1,55	2,73	1,36	1,69	0,78	2,33	1,96
[3] - Strato	21,27	6,20	1,44	2,66	1,00	0,82	2,11	3,19	1,79	2,20	1,06	2,87	2,66
[4] - Strato	32,93	7,20	2,22	4,12	0,00	1,22	3,28	4,39	2,64	3,41	1,65	4,74	4,12
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	5,95	11,03	0,00	2,67	8,88	11,62	5,25	11,46	4,41	14,43	11,03

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	7,64	2,00	Robertson (1983)	15,28
[2] - Strato	15,68	3,20	Robertson (1983)	31,36
[3] - Strato	21,27	6,20	Robertson (1983)	42,54

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
 GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
 E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
 C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

[4] - Strato	32,93	7,20	Robertson (1983)	65,86
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	Robertson (1983)	176,40

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	7,64	2,00	35,05	--	79,72	95,50
[2] - Strato	15,68	3,20	71,94	--	161,72	156,80
[3] - Strato	21,27	6,20	97,59	--	218,73	212,70
[4] - Strato	32,93	7,20	151,08	--	337,66	329,30
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	404,66	--	901,38	882,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	7,64	2,00	67,46	76,40
[2] - Strato	15,68	3,20	159,92	156,80
[3] - Strato	21,27	6,20	224,21	212,70
[4] - Strato	32,93	7,20	358,30	329,30
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	993,90	882,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	7,64	2,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	15,68	3,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Strato	21,27	6,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Strato	32,93	7,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	7,64	2,00	Meyerhof	1,89
[2] - Strato	15,68	3,20	Meyerhof	2,07
[3] - Strato	21,27	6,20	Meyerhof	2,10
[4] - Strato	32,93	7,20	Meyerhof	2,22
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato	7,64	2,00	Meyerhof	1,90
[2] - Strato	15,68	3,20	Meyerhof	2,28
[3] - Strato	21,27	6,20	Meyerhof	2,12
[4] - Strato	32,93	7,20	Meyerhof	2,47
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	Meyerhof	2,50

RELAZIONE INDAGINI

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	7,64	2,00	Ohta & Goto (1978) Limi	97,25
[2] - Strato	15,68	3,20	Ohta & Goto (1978) Limi	132,44
[3] - Strato	21,27	6,20	Ohta & Goto (1978) Limi	156,51
[4] - Strato	32,93	7,20	Ohta & Goto (1978) Limi	180,76
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	Ohta & Goto (1978) Limi	217,93

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	7,64	2,00	31,38	61,56	70	27,54
[2] - Strato	15,68	3,20	40,89	75,84	76,41	44,23
[3] - Strato	21,27	6,20	41,08	75,6	74,98	53,07
[4] - Strato	32,93	7,20	45,88	83,81	83,79	66,34
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	69,9	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasa ki & Iwasaki
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	29,18	22,18	30,14	31,91	32,75	0	<30	25,71	29,29	36,03	27,36
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	31,48	24,48	32,39	30,95	35,7	38,62	30-32	30,34	31,7	41,12	32,71
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	33,08	26,08	33,96	30,08	37,44	38,58	30-32	32,86	33,38	42,11	35,63
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	36,41	29,41	37,22	29,98	40,28	39,73	32-35	37,22	36,88	44,31	40,66
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	52,2	45,2	52,7	31,37	38,93	42	>38	51,37	53,46	52,39	57

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	---	61,12	---	---	---
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	282,65	125,44	185,72	297,60	153,40

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	329,20	170,16	251,69	339,52	181,35
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	409,61	263,44	389,27	426,98	239,65
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	670,35	705,60	1041,46	841,50	516,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	---	43,16	54,24	72,07
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	94,08	59,67	111,33	107,93
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	127,62	71,15	151,02	132,86
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	197,58	95,10	233,80	184,87
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	529,20	208,63	626,22	431,37

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Terzaghi-Peck 1948	1,45
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Terzaghi-Peck 1948	1,55
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Terzaghi-Peck 1948	1,61
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Terzaghi-Peck 1948	1,72
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Terzaghi-Peck 1948	1,97

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Terzaghi-Peck 1948	1,96
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Terzaghi-Peck 1948	2,00

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Terzaghi-Peck 1948	2,07
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Terzaghi-Peck 1948	2,22

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	(A.G.I.)	0,32
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	(A.G.I.)	0,31
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	(A.G.I.)	0,29
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	(A.G.I.)	0,17

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	439,56	432,99
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	864,05	671,84
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	1150,84	809,42
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	1735,60	1057,20
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	4381,81	1930,15

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Ohta & Goto (1978) Limi	97,25
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Ohta & Goto (1978) Limi	132,44
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Ohta & Goto (1978) Limi	156,51
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Ohta & Goto (1978) Limi	180,76
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Ohta & Goto (1978) Limi	217,93

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Seed e Idriss (1971)	--

RELAZIONE INDAGINI

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Navfac 1971-1982	1,59
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Navfac 1971-1982	3,26
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Navfac 1971-1982	4,27
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Navfac 1971-1982	6,00
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	7,64	2,00	7,64	Robertson 1983	15,28
[2] - Strato	15,68	3,20	15,68	Robertson 1983	31,36
[3] - Strato	21,27	6,20	21,27	Robertson 1983	42,54
[4] - Strato	32,93	7,20	32,93	Robertson 1983	65,86
[5] - RIFIUTO	88,2	7,40	88,2	Robertson 1983	176,40

5.2 Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data
 Profondità prova 6,40 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	9	0,851	80,45	94,57	4,02	4,73
0,60	16	0,797	122,97	154,30	6,15	7,71
0,80	15	0,793	114,76	144,65	5,74	7,23
1,00	13	0,790	99,01	125,36	4,95	6,27
1,20	7	0,836	56,45	67,50	2,82	3,38
1,40	5	0,833	40,16	48,22	2,01	2,41
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	5	0,826	36,82	44,55	1,84	2,23
2,00	4	0,823	29,34	35,64	1,47	1,78
2,20	4	0,820	29,23	35,64	1,46	1,78
2,40	4	0,817	29,13	35,64	1,46	1,78
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	2	0,809	13,39	16,56	0,67	0,83
3,20	2	0,806	13,35	16,56	0,67	0,83
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	3	0,798	18,53	23,21	0,93	1,16
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	3	0,794	18,42	23,21	0,92	1,16
4,40	5	0,791	30,61	38,68	1,53	1,93
4,60	6	0,789	34,36	43,54	1,72	2,18
4,80	8	0,787	45,70	58,06	2,28	2,90
5,00	16	0,735	85,34	116,11	4,27	5,81
5,20	12	0,783	68,19	87,08	3,41	4,35
5,40	20	0,731	106,10	145,14	5,31	7,26
5,60	18	0,729	89,69	123,01	4,48	6,15
5,80	26	0,677	120,34	177,69	6,02	8,88
6,00	22	0,675	101,56	150,35	5,08	7,52
6,20	24	0,674	110,50	164,02	5,53	8,20
6,40	60	0,572	234,55	410,05	11,73	20,50

RELAZIONE INDAGINI

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	11	107,98	Incoerente - coesivo	0	2,08	2,29	0,1	1,47	16,17	Strato
2,4	4,86	44,54	Incoerente - coesivo	0	1,86	1,9	0,34	1,47	7,14	Strato
4,2	2,33	18,66	Incoerente - coesivo	0	1,66	1,86	0,62	1,47	3,43	Strato
4,8	6,33	46,76	Incoerente - coesivo	0	1,95	2,14	0,83	1,47	9,31	Strato
6,2	19,71	137,63	Incoerente - coesivo	0	2,15	2,34	1,03	1,47	28,97	Strato
6,4	60	410,05	Incoerente - coesivo	0	2,5	2,5	1,18	1,47	88,2	RIFIUTO

5.2.1 - Stima parametri geotecnici prova DPSH 2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	16,17	1,00	1,09	2,02	1,00	0,63	1,60	3,24	1,39	1,73	0,81	2,74	2,02
[2] - Strato	7,14	2,40	0,45	0,89	0,25	0,29	0,70	1,34	0,64	0,97	0,36	0,96	0,89
[3] - Strato	3,43	4,20	0,21	0,43	0,15	0,14	0,33	0,56	0,31	0,69	0,17	0,12	0,43
[4] - Strato	9,31	4,80	0,63	1,16	0,50	0,37	0,91	1,40	0,83	1,14	0,47	0,99	1,16
[5] - Strato	28,97	6,20	1,96	3,62	1,00	1,09	2,88	4,13	2,36	2,98	1,45	4,22	3,62
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	5,95	11,03	0,00	2,67	8,88	12,30	5,25	11,46	4,41	14,61	11,03

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	16,17	1,00	Robertson (1983)	32,34
[2] - Strato	7,14	2,40	Robertson (1983)	14,28
[3] - Strato	3,43	4,20	Robertson (1983)	6,86
[4] - Strato	9,31	4,80	Robertson (1983)	18,62
[5] - Strato	28,97	6,20	Robertson (1983)	57,94
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	Robertson (1983)	176,40

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	16,17	1,00	74,19	--	166,72	161,70
[2] - Strato	7,14	2,40	32,76	--	74,62	89,25
[3] - Strato	3,43	4,20	15,74	51,45	36,78	42,88
[4] - Strato	9,31	4,80	42,71	--	96,75	116,38
[5] - Strato	28,97	6,20	132,91	--	297,27	289,70
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	404,66	--	901,38	882,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	16,17	1,00	165,56	161,70
[2] - Strato	7,14	2,40	61,71	71,40
[3] - Strato	3,43	4,20	19,05	34,30
[4] - Strato	9,31	4,80	86,67	93,10
[5] - Strato	28,97	6,20	312,76	289,70
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	993,90	882,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	16,17	1,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Strato	7,14	2,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	3,43	4,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[4] - Strato	9,31	4,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] - Strato	28,97	6,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	16,17	1,00	Meyerhof	2,08
[2] - Strato	7,14	2,40	Meyerhof	1,86
[3] - Strato	3,43	4,20	Meyerhof	1,66
[4] - Strato	9,31	4,80	Meyerhof	1,95
[5] - Strato	28,97	6,20	Meyerhof	2,15
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato	16,17	1,00	Meyerhof	2,29
[2] - Strato	7,14	2,40	Meyerhof	1,90
[3] - Strato	3,43	4,20	Meyerhof	1,86
[4] - Strato	9,31	4,80	Meyerhof	2,14
[5] - Strato	28,97	6,20	Meyerhof	2,34
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	Meyerhof	2,50

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	16,17	1,00	Ohta & Goto (1978) Limi	96,86
[2] - Strato	7,14	2,40	Ohta & Goto (1978) Limi	106,48
[3] - Strato	3,43	4,20	Ohta & Goto (1978) Limi	106,61
[4] - Strato	9,31	4,80	Ohta & Goto (1978) Limi	134,53
[5] - Strato	28,97	6,20	Ohta & Goto (1978) Limi	170,19
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	Ohta & Goto (1978) Limi	193,06

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	16,17	1,00	50,05	94,18	100	45,09
[2] - Strato	7,14	2,40	27,29	55,07	58,19	26,32
[3] - Strato	3,43	4,20	10,64	33,88	35	16,53
[4] - Strato	9,31	4,80	25,48	51,88	52,28	31,45
[5] - Strato	28,97	6,20	46,97	85,82	84,79	62,44
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	59,42	100	100	81,73

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasa ki & Iwasaki
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	31,62	24,62	32,53	34,42	35,86	41,19	30-32	30,57	31,85	42,9	32,98
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	29,04	22,04	30	30,54	32,55	0	<30	25,35	29,14	34,88	26,95
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	27,98	20,98	28,96	28,04	31	0	<30	22,17	28,03	27,41	23,28
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	29,66	22,66	30,61	29,03	33,41	0	<30	26,82	29,79	35,34	28,65
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	35,28	28,28	36,11	30,38	39,44	40,01	32-35	35,85	35,69	44,46	39,07
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	41,74	34,74	42,45	31,02	42,56	42	>38	42,82	42,48	48,93	47,12

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	287,03	129,36	191,51	301,27	155,85
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	---	57,12	---	---	---
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	---	27,44	---	---	---
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	---	74,48	110,56	---	---
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	384,19	231,76	342,55	397,27	219,85
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	512,74	412,80	609,58	567,00	333,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	97,02	60,68	114,81	110,12
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	---	42,13	50,69	69,84
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	---	34,51	24,35	53,30
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	---	46,59	66,10	79,52
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	173,82	86,97	205,69	167,21
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	309,60	133,45	366,36	268,14

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Terzaghi-Peck 1948	1,55
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Terzaghi-Peck 1948	1,44
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Terzaghi-Peck 1948	1,39
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Terzaghi-Peck 1948	1,47
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Terzaghi-Peck 1948	1,69

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
 GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
 E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
 C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Terzaghi-Peck 1948	1,86
---------------	------	------	------	-----------------------	------

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Terzaghi-Peck 1948	1,97
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Terzaghi-Peck 1948	1,91
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Terzaghi-Peck 1948	2,05
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Terzaghi-Peck 1948	2,16

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	(A.G.I.)	0,32
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	(A.G.I.)	0,34
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	(A.G.I.)	0,35
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	(A.G.I.)	0,34
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	(A.G.I.)	0,3
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	889,41	684,59
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	412,47	415,45
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	207,06	265,45
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	529,33	488,58
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	1538,67	977,60
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	2647,31	1391,04

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Ohta & Goto (1978) Limi	96,86
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Ohta & Goto (1978) Limi	106,48
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Ohta & Goto (1978) Limi	106,61
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Ohta & Goto (1978) Limi	134,53
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Ohta & Goto	170,19

**GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764**

RELAZIONE INDAGINI

				(1978) Limi	
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Ohta & Goto (1978) Limi	193,06

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Seed e Idriss (1971)	--
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Seed e Idriss (1971)	>10

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Navfac 1971-1982	3,35
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Navfac 1971-1982	1,48
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Navfac 1971-1982	0,62
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Navfac 1971-1982	1,95
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Navfac 1971-1982	5,46
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Navfac 1971-1982	8,41

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	16,17	1,00	16,17	Robertson 1983	32,34
[2] - Strato	7,14	2,40	7,14	Robertson 1983	14,28
[3] - Strato	3,43	4,20	3,43	Robertson 1983	6,86
[4] - Strato	9,31	4,80	9,31	Robertson 1983	18,62
[5] - Strato	28,97	6,20	28,97	Robertson 1983	57,94
[6] - RIFIUTO	88,2	6,40	51,6	Robertson 1983	103,20



Del Dott. Geol. Galileo Potenza



GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL INVESTIGATION SERVICE DEL DOTT. GEOLOGO POTENZA
GALILEO – VIA DEI GERANI 59/B - 85100 - POTENZA - (PZ) –
E-MAIL..GALILEOPZ@VIRGILIO.IT - CELL. – 3207644905
C.F. : PTN GLL 71C20G942V P.I. : 01677970764