

COMUNE DI BRINDISI

(PROVINCIA DI BRINDISI)

PROGETTO DEFINITIVO PER REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO FV-PINICELLE, DELLA POTENZA DI 26.000 MW E DI TUTTE LE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE.

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente: **ENERGIE GREEN PUGLIA srl**, via XX Settembre 69 Palermo (PA)
P. IVA n. 06829690822

Data: **Giugno 2022**

Redattori:

Geol. Marcello Militello Geol. Vincenzo D'Amico Geol. Cosimo SANTORO

Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia
Dott. Geol. **Marcello Militello**
N. 2809 Sez. A



Indice

<i>1 - PREMESSA</i>	3
<i>2 - RIFERIMENTI NORMATIVI</i>	3
<i>3 - UBICAZIONE DELL'AREA</i>	4
<i>4 - MORFOLOGIA E IDROLOGIA</i>	4
<i>5 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE</i>	4
<i>6 - STRATIGRAFIA</i>	6
<i>7 - IDROGEOLOGIA ED IDROGRAFIA SUPERFICIALE</i>	7
<i>8 - TETTONICA</i>	8
<i>9- COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA</i>	8
<i>10 - MODELLAZIONE SISMICA</i>	9
<i>11 - PARAMETRI FISICO - MECCANICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE</i>	23
<i>12- CONCLUSIONI</i>	26
- ALLEGATI GRAFICI	
- ALLEGATO PROVE PENETROMETRICHE	

1 - PREMESSA

La società Energie Green Puglia srl, via XX Settembre 69, 90141 Palermo (PA), Partita IVA n. 06829690822, ha conferito agli scriventi Dott. Geol. Marcello Militello iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia con il n°2809, Dott. Geol. Vincenzo D'Amico iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Puglia con il n°686 e Dott. Geol. Cosimo Santoro iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Puglia con il n°824 l'incarico di eseguire uno studio geologico su alcuni terreni siti in agro di Brindisi, per i quali è in progetto la realizzazione di un parco agro-fotovoltaico identificato con la denominazione del progetto: IMPIANTO FV-PINICELLE; Per i necessari approfondimenti sulla proposta dell'intervento, si rimanda alla consultazione di tutti gli elaborati di progetto ed in particolare alla "Relazione tecnica descrittiva" a firma del progettista, Ing. Giuseppe Santoromita Villa.

Per la redazione di questa relazione specialistica è stato effettuato un rilevamento geologico di superficie; Si sono, inoltre, utilizzati i risultati derivanti da indagini geofisiche di tipo sismico (masw e rifrazioni) e indagini geotecniche consistite in prove penetrometriche, con penetrometro del tipo pesante "DPSH", inoltre ci si è avvalsi di dati bibliografici e cartografia ufficiale esistente.

Il presente studio ha determinato:

- Il modello geologico e la stratigrafia del sottosuolo nel volume significativo, nonché le sue proprietà fisico - meccaniche;
- La profondità della falda freatica o in pressione;
- La parametrizzazione sismica del sito;
- La conoscenza della vincolistica del P.A.I.

2 - RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.G.R. n, 1626/2009 "Norme Tecniche per le Costruzioni;
- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni;
- "Norme tecniche di attuazione" P.A.I./P – AdB del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale;
- O.P.C.M. 20/03/2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zone sismiche" e s.m.i., recepita con D.G.R. n. 153/2004;
- Disposizione in merito alle procedure da adottare in materia di controlli e/o autorizzazioni, ai sensi e per gli effetti di cui gli artt. 93, 94 del D.P.R. n. 380/2001 e s.m.i.;

- Decreto del Ministero dei LL.PP. 11/03/1988 “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno e delle opere di fondazione”.

3 - UBICAZIONE DELL'AREA

Le aree da adibire alla realizzazione dell’IMPIANTO FV-Pinicelle sono dislocate in due porzioni del territorio di Brindisi, la prima localizzata più a Nord, e la seconda più a Sud (Fig. 1).

4 - MORFOLOGIA E IDROLOGIA

Le aree oggetto di studio ammettono una morfologia sub-pianeggiante.

E’ frequente la presenza di alcuni impluvi, che spesso tagliano i terreni oggetto di realizzazione del parco FV, che nella cartografia ufficiale AdB DAM (Fig.2) sono indicati come "corsi d'acqua episodici".

Questa rete di impluvi, che si caratterizzano come "corsi d'acqua episodici", non costituiscono un reticolo idrografico superficiale vero e proprio a causa delle caratteristiche litologiche della zona; Di fatto, le acque di precipitazione meteorica trovano un facile e rapido deflusso sotterraneo a causa delle caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti.

5 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

L’impalcatura geologica dell'area è esclusivamente costituita dal Cretacico, rappresentato dalle Dolomie di Galatina, del Cenomaniano e forse del Turoniano inferiore, e dai Calcari di Melissano, del Cenomaniano-Senoniano (Fig. 3).

Al Cretacico si addossano lungo scarpate, o si sovrappongono, in trasgressione, sedimenti miocenici, costituiti dalla tipica “pietra leccese”, prevalentemente dell'Elveziano, e dalle Calcareniti di Andrano, in prevalenza del Miocene medio-superiore.

Notevole diffusione hanno pure i sedimenti marini pliocenici e quaternari, spesso rappresentati dai ben noti “tufi” (Calcareniti del Salento). Anche questi sedimenti sono trasgressivi, appoggiati lateralmente o sovrapposti ai sedimenti più antichi, del Cretacico e del Miocene.

I depositi continentali sono esclusivamente olocenici e sono rappresentati dai depositi sabbioso argillosi, spesso lagunari, e dalle dune sabbiose, della fascia costiera.

Il fenomeno dell'accostamento dei sedimenti marini miocenici e pliocenico-quadernari lungo scarpate, formate dai terreni più antichi (Cretacico-miocenici), è molto frequente nella Penisola Salentina, ed è stato interpretato (M. NARDIN e D. Rossi, 1966); (D. Rossi 1968); come un accostamento originario, dovuto alla presenza di terre emerse, delimitate da scarpate marine, attive nel periodo di tempo corrispondente all'età dei sedimenti accostati.

Rapporti stratigrafici di questo genere, così importanti per la ricostruzione paleogeografica, sono stati osservati anche in seno alle formazioni plio-pleistoceniche; Infatti, anche i terreni pliocenici e pleistocenici si presentano spesso addossati l'uno all'altro. L'accostamento avviene di solito lungo scarpate appena percettibili, di pochi metri di altezza e assai poco inclinate, di andamento prevalentemente sinuoso, evidenti in molti casi solo all'esame delle foto aeree.

Di seguito si riporta la successione stratigrafica, dal basso verso l'alto della zona come da Carta Geologica D'Italia dei fogli nn. 203 e 204:

Cretacico

DOLOMIE DI GALATINA

- C⁸⁻⁶: - Calcari dolomitici e dolomie grigio – nocciola, a frattura irregolare, calcari grigi spesso vacuolari. Tra fossili frequente *Apricardia carantonensis*. Microfauna scarsa con *Miliolidae*, *Ophthalmidiidae* e *Texulariidae* (Cenomaniano e forse Turoniano);

Pliocene

CALCARENITI DEL SALENTO

- P³: Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre, macrofauna a coralli, cirripedi, molluschi, echinidi etc... in trasgressione sulle formazioni più antiche (Pliocene sup. Medio?);
- Q₁-P³: Sabbie calcaree poco cementate con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio azzurre, in trasgressione sulle formazioni più antiche (Calabriano – Pliocene sup.?);
- Q²: Calcari bioclastici ricchi di fossili (in base ai rapporti stratigrafici, riferibile al Pleistocene);
- Q³: Calcareniti e calcari tipo Panchina con ricca fauna (in base ai rapporti stratigrafici, riferibile al Pleistocene);

Pleistocene

FORMAZIONE DI GALLIPOLI

- Q_c^1 e Q_s^1 :- Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q_c^1); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcareniti ben cementate che prendono il nome di Panchina (Q_s^1) **(affioranti nell'area dei parchi FV)**;

Olocene

- Depositi e sedimenti continentali derivanti dalla disgregazione e dal dilavamento dei sedimenti calcilutitici e calcarenitici che denotano una intensa attività di alterazione chimica delle rocce calcaree. Sono depositi residuali limoso - terrosi di color rosso brunastro con ciottolame calcareo la cui potenza varia da pochi cm al metro. Le variazioni di spessore sono dovute alle caratteristiche geologiche della zona che hanno determinato la creazione di cavità più o meno ampie (lame, vore, fratture anche sepolte dai sedimenti quaternari) verso le quali convogliano le acque con conseguente trasporto di terreno (terra rossa): nelle aree più depresse gli spessori raggiungono anche i 20 metri; tali sedimenti costituiscono la normale coltre di terreno vegetale.

6 – STRATIGRAFIA

In seguito alla interpretazione di n. 3 prove penetrometriche DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*), sono stati interpretati tre modelli stratigrafici (Fig. 4). Nelle aree di progetto risulta affiorante in superficie uno strato di regolite di circa 0,6 m, costituito da terreno vegetale con un elevato contenuto di sostanza organica e utilizzato per le normali pratiche agricole. Direttamente al di sotto del terreno vegetale, si rinvengono sabbie più o meno limose. Specie dove è affiorante la formazione Q_s^1 (ove avverrà in parte l'installazione del cavidotto) sono talvolta presenti livelli di calcarenite molto compatta, testimoniato anche dal profilo di sismica a rifrazione B-B' (fig. 9).

Dai dati delle stratigrafie dei pozzi limitrofi (fonte ISPRA) si ha che in profondità, ed oltre la Formazione di Gallipoli, affiorano i calcari dolomitici relativi alle Dolomie di Galatina, le quali dovrebbero attestarsi intorno ai 20 m di profondità per tutta l'area di progetto, come anche messe in evidenza dalla sismica a rifrazione A-A' (fig. 8).

7 - IDROGEOLOGIA ED IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono rappresentate, per la successione litologica esistente, dalla presenza di due falde distinte e sovrapposte; una falda freatica ospitata nei depositi sabbiosi pliocenici che è sostenuta dai termini più limosi della formazione e da una profonda, o di base, circolante, ora a pelo libero ora in pressione, nel basamento calcareo cretacico profondo.

Falda freatica superficiale

L'alimentazione della falda freatica di tipo superficiale è dovuta agli apporti meteorici di una ridotta zona di bacino idrogeologico se rapportata all'imponente bacino della falda carsica profonda alimentata dai massicci calcarei della zona rappresentati dalle vicine "Murge". Infatti per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico per uso irriguo, si ha che il pelo libero, attestato nelle sabbie limose, che ammettono un coefficiente di permeabilità compreso tra $4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ e $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, subisce nel tempo oscillazioni dipendenti dal regime pluviometrico, innalzandosi in occasione di precipitazioni intense e prolungate ed abbattendosi, invece, in circostanze di siccità protratta.

Per i siti oggetto di indagine, in seguito all'esecuzione delle prove DPSH (Fig. 5) non vi è traccia della presenza di falda superficiale, anche se non si esclude a priori l'instaurarsi di una falda superficiale nei periodi piovosi di scarsa potenzialità, ed inoltre non sarebbe da escludersi la possibile interazione di questa con il piano campagna, in virtù della esigua profondità.

Falda carsica profonda

Notevole è invece la circolazione idrica sotterranea, costituita dalla falda profonda di tipo carsico, la così detta falda carsica, o di base, che ha sede nel substrato carbonatico costituito dalle "Dolomie di Galatina".

La formazione carbonatica mesozoica rappresenta un'unità da poco a molto permeabile con valori del coefficiente di permeabilità compresi tra 10^{-3} m/s e 10^{-4} m/s , pertanto, in considerazione anche del notevole spessore e della elevata estensione, è sede di una cospicua e ben alimentata falda. Essa circola prevalentemente in pressione, ma a luoghi anche a pelo libero attraverso la rete di discontinuità del calcare a luoghi ampliate dalla dissoluzione carsica che ha generato autentici condotti. L'infiltrazione e la circolazione avvengono sia in forma concentrata che diffusa e sono, in ogni caso, influenzate sempre dall'orientazione dei principali sistemi di fratturazione.

La falda carsica galleggia sulla più densa acqua marina di invasione continentale e al contatto acqua dolce acqua salata si individua una zona detta di transizione o zona di diffusione dove si verificano fenomeni di miscelamento salino.

La superficie piezometrica, che spesso non coincide con il tetto della falda, per i motivi sopra descritti, ammette un valore del carico compreso tra 1-2 m s.l.m. come riportato

nelle tavole del Piano di Tutela delle Acque della Puglia (fig. 6), con direzione di moto, almeno al tetto, orientata verso N-N.E..

Data l'elevata profondità, tale falda è di nessun interesse per lo studio condotto.

Dalla consultazione completa della cartografia ufficiale del PTA/P, si rappresenta infine che sui terreni oggetto di realizzazione dei parchi FV **non sussiste** alcun vincolo di protezione speciale degli acquiferi (ZPSI) e **nessun vincolo** recante misure di tutela quali-quantitativa; essi tuttavia ricadono in area vulnerabile alla contaminazione salina, comunque di non rilevanza per le opere in progetto.

8 - TETTONICA

L'area in studio si colloca strutturalmente sulla "piana brindisina", una zona blanda in cui l'assetto geologico generale è sostenuto sempre da un'impalcatura calcarea in cui il regime distensivo ha contribuito alla formazione di una zona più depressa definendo una topografia più pianeggiante e meno accidentata rispetto alla zona murgiana. Questa è drappeggiata da coperture quaternarie più recenti, sedimentate nei vari cicli di subsidenza e ingressione/regressione marina.

Il sistema di faglie e di fratture della zona ha talora condizionato lo sviluppo del reticolo idrografico, con linee di incisione corrispondenti ad allineamenti di faglia o di fatturazione. I calcari mesozoici rinvenuti in profondità sono stati interessati da una tettonica compressiva, che ha determinato dapprima una serie di strutture plicative, più o meno accentuate, e successivamente il fagliamento degli stessi.

9- COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA

Sul territorio di Brindisi insistono una serie di vincoli individuati dal P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico);

Il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessari a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo del territorio sostenibile nel rispetto degli assesti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il P.A.I. della Regione Puglia per il rischio idrogeologico individua le seguenti aree:

- Pericolosità Geomorfologica;
- Pericolosità Idraulica;

- Aree gravate dalle componenti della Carta Idrogeomorfologica cui agli art. nn. 6, 10 delle NTA PAI/P.

Lo studio del P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) (Fig. 2) e la sua consultazione, ha messo in evidenza che i terreni interessati dal progetto in parola ricadono parzialmente in:

- Area a pericolosità idraulica;
- Aree gravate dalle componenti della Carta Idrogeomorfologica cui agli art. nn. 6, 10 delle NTA PAI/P.

Tale vincolistica implica che sia realizzato uno studio di compatibilità idrologica/idraulica, il quale dimostri che le opere in progetto siano realizzate in condizioni di sicurezza idraulica. Per tale studio si rimanda alla consultazione degli specifici elaborati specialistici allegati al progetto dell'IMPIANTO FV-PINICELLE.

10 - MODELLAZIONE SISMICA

In base a quanto stabilito dalle NTC 2018, per la definizione dell'azione sismica, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo (A, B, C, D, E) e delle condizioni topografiche (T1, T2, T3, T4).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

Con:

- h_i = spessore dello stato i -esimo;
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $VS_{,eq}$ è definita dal parametro $VS_{,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite come:

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per quanto riguarda le configurazioni topografiche si ha che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- *T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;*
- *T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;*

- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

Prove MASW

Per definire la categoria di sottosuolo, sono state condotte n. 3 indagini di sismica attiva MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) con n. 24 geofoni disposti su un array lungo 46 metri (Fig. 5). L'interdistanza geofonica adoperata per entrambe le prove è pari a 2 m, con durata dell'acquisizione dei sismogrammi di 1000 ms e passo di campionamento temporale pari a 130 μ s.

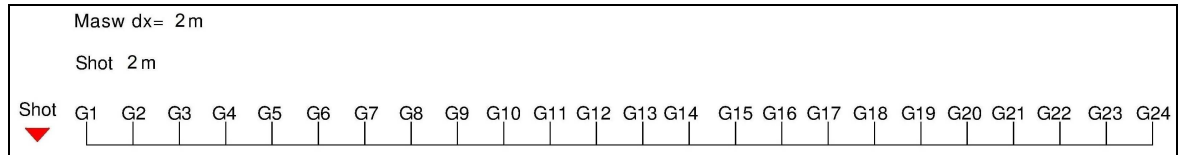
Detta metodologia consente con l'analisi in frequenza delle onde superficiali di tipo "rayleigh", generate con metodologia attiva, di ricavare tramite inversione la sismostratigrafia riferita alle onde di taglio Vs tramite il fenomeno della dispersione e quindi determinare la $V_{s,eq}$ del sito indagato.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 canali, modello Echo 24 (anno 2002) della AMBROGEO interfacciato con un computer portatile.

L'attrezzatura è composta da:

- un **sistema di energizzazione** la cui sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in acciaio posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- un **sistema di trigger**, consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.
- un **sistema di ricezione** costituito da 24 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione 8 Hz.
- un **sistema di acquisizione dati** con memoria dinamica a 16 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali per un totale di 24 canali, 2 cavi sismici a 12 take-outs ciascuno spaziato a 5 metri, notebook PC Windos XP con software Ambrogeo.

Per il campionamento delle onde di rayleigh sono stati eseguiti n. 2 shots, entrambi agli estremi dell'array geofonico a distanza di 2 metri dai geofoni estremi. Per l'elaborazione si è ritenuto scegliere lo shot avente una migliore qualità del segnale campionato.



Configurazione geometrica dello stendimento sismico tipo MASW.



Foto 1: Fase di esecuzione della MASW A-A'



Foto 2: Fase di esecuzione della MASW B-B'



Foto 3: Fase di esecuzione della MASW C-C'

Per l'elaborazione dei dati acquisiti si è adottato il software "MASW" di *Roma e Associati*.

Detto software opera schematicamente nel seguente modo:

- Importazione del sismogramma acquisito nel dominio spazio - tempo lungo lo stendimento e determinazione dello spettro di potenza dal segnale tramite trasformata bidimensionale di *Fourier (FFT)* nel dominio frequenza/velocità di fase con individuazione di possibili eventuali "famiglie" di modi superiori di vibrazione del terreno;
- Calcolo automatico della curva di dispersione sperimentale determinata sui massimi spettrali dello spettro di potenza;
- Calcolo iterativo della curva di dispersione apparente numerica con eventuali modi superiori di vibrazione, che meglio approssima quella sperimentale, mediante il metodo "Roma" sulla base di alcuni parametri in input immessi dall'utente quali densità e profondità degli strati, velocità delle onde di corpo, parametri geotecnici etc..., con i individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica, corrispondente al modello di suolo assegnato.

L'analisi dello spettro "phase velocity-frequency (c-f)" ha consentito di ricostruire quindi un modello sismo-stratigrafico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Inoltre è stato possibile riconoscere che la curva sperimentale campionata corrisponde alla vibrazione di più modi, ossia il modo fondamentale e il primo modo superiore.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata.

Di seguito vengono riportati i parametri ricostruiti dal modello MASW per le due misure:

“MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO MASW A-A”

Strato 1

h [m].....	0.4
z [m].....	-0.4
Densità [kg/m ³]	1500
Poisson.....	0.3
Vp [m/s].....	200
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	107

Strato 2

h [m].....	1
z [m].....	-1.4
Densità [kg/m ³]	1700
Poisson.....	0.3
Vp [m/s].....	299
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	160

Strato 3

h [m].....	9
z [m].....	-10.4
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson.....	0.3
Vp [m/s].....	541
Falda non presente nello strato	

Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 289

Strato 4

h [m]..... 10
 z [m].....-20.4
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 649
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 347

Strato 5

h [m]..... 12
 z [m].....-32.4
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 711
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 380

Strato 6

h [m]..... 0
 z [m].....-∞
 Densità [kg/m³] 2000
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 1001
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 535

“MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO MASW B-B”

Strato 1

h [m]..... 0.2
 z [m].....-0.2
 Densità [kg/m³] 1500
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 299
 Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 160

Strato 2

h [m]..... 0.5

z [m].....-0.7

Densità [kg/m³] 1700

Poisson 0.3

Vp [m/s] 500

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 267

Strato 3

h [m]..... 7

z [m].....-7.7

Densità [kg/m³] 1800

Poisson 0.3

Vp [m/s] 660

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 353

Strato 4

h [m]..... 8

z [m].....-15.7

Densità [kg/m³] 1800

Poisson 0.3

Vp [m/s] 670

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 358

Strato 5

h [m]..... 10

z [m].....-25.7

Densità [kg/m³] 1800

Poisson 0.3

Vp [m/s] 1001

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 535

Strato 6

h [m]..... 0
 z [m].....-00
 Densità [kg/m³] 2000
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 2000
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 1069

“MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO MASW C-C”

Strato 1

h [m]..... 1
 z [m].....-1
 Densità [kg/m³] 1500
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 281
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 150

Strato 2

h [m]..... 3
 z [m].....-4
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 550
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 294

Strato 3

h [m]..... 8
 z [m].....-12
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 601
 Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 321

Strato 4

h [m]..... 8
 z [m].....-20
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 700
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 374

Strato 5

h [m]..... 4
 z [m].....-24
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 1500
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 802

Strato 6

h [m]..... 0
 z [m].....-∞
 Densità [kg/m³] 2000
 Poisson 0.3
 Vp [m/s] 1800
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 962

Il sismogramma, le curve di dispersione sperimentali, il profilo delle Vs e lo spettro f-k sono riportati di seguito negli allegati (Fig. 8, 9, 10, 11).

Le indagini di tipo MASW hanno dato:

- "MASW A-A'" - $V_{s,eq} = V_{s30} = 315 \text{ m/s}$ ossia **Cat. "C"**;
- "MASW B-B'" - $V_{s,eq} = 401 \text{ m/s}$, ossia **Cat. "B"**.
- "MASW C-C'" - $V_{s,eq} = 316 \text{ m/s}$, ossia **Cat. "C"**.

Per quanto riguarda riguarda le caratteristiche topografiche il sito rientra nella categoria **T1**, ossia:

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

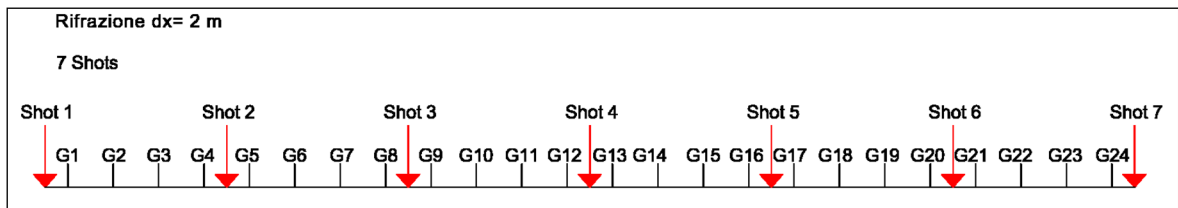
Tomografia sismica a onde rifratte

Sono state condotte n. 3 indagini di sismica a rifrazione con metodo tomografico utilizzando gli stessi array delle indagini MASW , nonché uguale ubicazione (Fig. 5), geometria e distanze intergeofoniche.

La configurazione adottata per la sismica a rifrazione è a 7 shots così distribuiti:

- 2 end – shots, posti a 1 metro dai geofoni esterni (S1 e S7);
- 4 intermedi, posti tra 4° – 5° geofono (S2) , 8°- 9° geofono (S3), e tra 16°- 17° geofono (S5) e 20°-21° geofono (S6);
- 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4).

In questo modo sono state generate n. 7 registrazioni, una per ogni shot; da questi sono stati letti i tempi di “primo arrivo” delle onde sismiche di tipo P per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo - distanza).



Configurazione geometrica array sismico per rifrazione.



Foto 4: Fase di esecuzione della Rifrazione (A-A')



Foto 5: Fase di esecuzione della Rifrazione (B-B')



Foto 6: Fase di esecuzione della Rifrazione (C-C')

Per le analisi interpretative, è stato utilizzato il software Rayfract (versione 3.19) che consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo, con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde.

Tale software si avvale di due metodi di calcolo accoppiati, ossia quello di inversione DELTA t-v (con implementazione dell'equazione di Wiechert-Herglotz), mediante il quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai dati di traveltime e il metodo di inversione 2D WET (Schuster 1993), mediante il quale si ottimizzano i modelli di velocità ottenuti con il metodo DELTA t-v.

Il software Rayfract è stato supportato dal software SURFER 8 mediante il quale è stato eseguito automaticamente il gridding, l'imaging ed il contouring dei suddetti modelli di velocità.

Le sezioni tomografiche ottenute hanno permesso l'interpretazione del modello sismico di sottosuolo ad onde P evidenziando alcuni rifrattori; nel particolare la sezione tomografica A-A' (fig. 12) ha messo in evidenza un rifratte profondo posto alla quota di circa 20 m, attribuibile molto probabilmente al banco calcareo dolomitico cretaceo; la sezione B-B' (fig. 13) ha messo in evidenza alcuni blocchi a velocità primarie maggiori da

attribuire a blocchi calcarenitici/arenitici compatti in accordo con la formazione geologica affiorante ed infine nella sezione C-C' si osserva una generale omogeneità (fig. 14).

11 – PARAMETRI FISICO - MECCANICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Dal punto di vista geotecnico è possibile definire per l'IMPIANTO FV-PINICELLE n.3 modelli geotecnici, così come illustrati nel report "INDAGINI PENETROMETRICHE".

Per i siti ove è affiorante il termine Q_c^1 della Formazione di Gallipoli i parametri geotecnici dedotti dalle n. 2 prove DPSH effettuate ossia DPSH1 e DPSH3 si schematizzano sotto:

Parametri prova DPSH1:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 3,20	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	29°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	73,32 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	69,93 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,47 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / \sigma_{hv}$	[Navfac 1971-1982]	1,86
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA CON LIMO (ORIZZONTE 3)	3,20 ÷ 4,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	29°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	65,14 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	64,94 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,45 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,90 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / \sigma_{hv}$	[Navfac 1971-1982]	1,58
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 4)	4,60 ÷ 5,40	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	29°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	74,30 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	70,53 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,47 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / \sigma_{hv}$	[Navfac 1971-1982]	1,93
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA CON LIMO (ORIZZONTE 5)	5,40 ÷ 6,40	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	83,47 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	86,03
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,49 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,93 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / \sigma_{hv}$	[Navfac 1971-1982]	2,27

Parametri prova DPSH3:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 4,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	92,21 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	69,93 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,47 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	1,89
Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA		
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 3)	4,60 ÷ 5,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	125,82 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	91,91 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	3,17
Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA		
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 4)	5,60 ÷ 7,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	32°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	143,31 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	120,64 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,98 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	3,79
Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA		

Per i siti ove è affiorante il termine Q_s^1 della Formazione di Gallipoli i parametri geotecnici dedotti dalla n. 1 prove DPSH effettuata ossia DPSH2 si schematizzano sotto:

Parametri prova DPSH2:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 4,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	109,28 Kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	92,01 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,50 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,94 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$	[Navfac 1971-1982]	2,55
Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA		
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 3)	4,60 ÷ 5,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	126,61 (Kg/cm ²)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	106,59 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$	[Navfac 1971-1982]	3,20
Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA		
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 4)	5,60 ÷ 7,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	32°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	143,31 Kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	120,64 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,98 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$	[Navfac 1971-1982]	3,79
Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA		

Per i siti ove è affiorante il termine Q_c^1 della Formazione di Gallipoli si consiglia al progettista geotecnico di utilizzare i parametri più cautelativi tra i due modelli.

12- CONCLUSIONI

Lo studio effettuato ha messo in evidenza i seguenti punti:

- I terreni oggetto di indagine sono costituiti da un esiguo strato di terreno vegetale fino a circa 0,6 m misurato dal p.c.; segue un substrato costituito da sabbie più o

meno limose Q_c^1 , ove nei termini Q_s^1 si ritrovano dispersi elementi e blocchi litici calcarenitici/arenacei;

- Il suolo di fondazione dei parchi FV secondo il "D.M. 17/01/2018", rientra nella categoria "C", con condizioni topografiche "T1"; Mentre una parte del cavidotto, ubicata sul termine Q_s^1 ammette suolo di fondazione di categoria "B" con condizioni topografiche medesime al precedente;
- Nell'area in studio non è stata intercettata la falda superficiale stagionale di tipo freatico anche se non si esclude la comparsa della stessa nei periodi più piovosi, la cui superficie piezometrica potrebbe innalzarsi sino al p.c.;
- Dalla consultazione completa della cartografia ufficiale del PTA/P, si rappresenta che sui terreni oggetto di realizzazione dei parchi FV non sussiste alcun vincolo di protezione speciale degli acquiferi (ZPSI) e nessun vincolo recante misure di tutela quali-quantitativa; essi tuttavia ricadono in zona di contaminazione salina, comunque di nessuna rilevanza per le opere in progetto;
- Lo studio del P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) (Fig. 2) e la sua consultazione, ha messo in evidenza che i terreni interessati dal progetto in parola ricadono parzialmente in:
 - Area a pericolosità idraulica;
 - Aree gravate dalle componenti della Carta Idrogeomorfologica cui agli art. nn. 6, 10 delle NTA PAI/P.

Tale vincolistica implica che sia realizzato uno studio di compatibilità idrologica/idraulica, il quale dimostri che le opere in progetto siano realizzate in condizioni di sicurezza idraulica. Per tale studio si rimanda alla consultazione degli specifici elaborati specialistici allegati al progetto dell'IMPIANTO FV-PINICELLE.

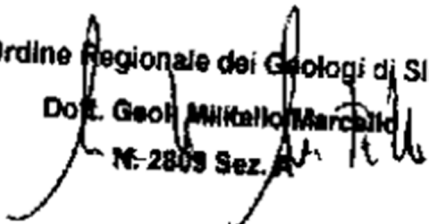
In relazione a quanto sopra esposto si ritiene che non vi siano condizioni geologiche ostative alla realizzazione delle opere in progetto.

Palermo, lì Giugno 2022

I geologi

Dott. Marcello Militello

Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia
Dott. Geol. Militello Marcello
N. 2809 Sez. A



Dott. Vincenzo D'Amico

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI
PUGLIA
Geologo
VINCENZO
D'AMICO
N° 586



Dott. Cosimo Santoro

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI
PUGLIA
geologo
COSIMO
SANTORO
N° 824



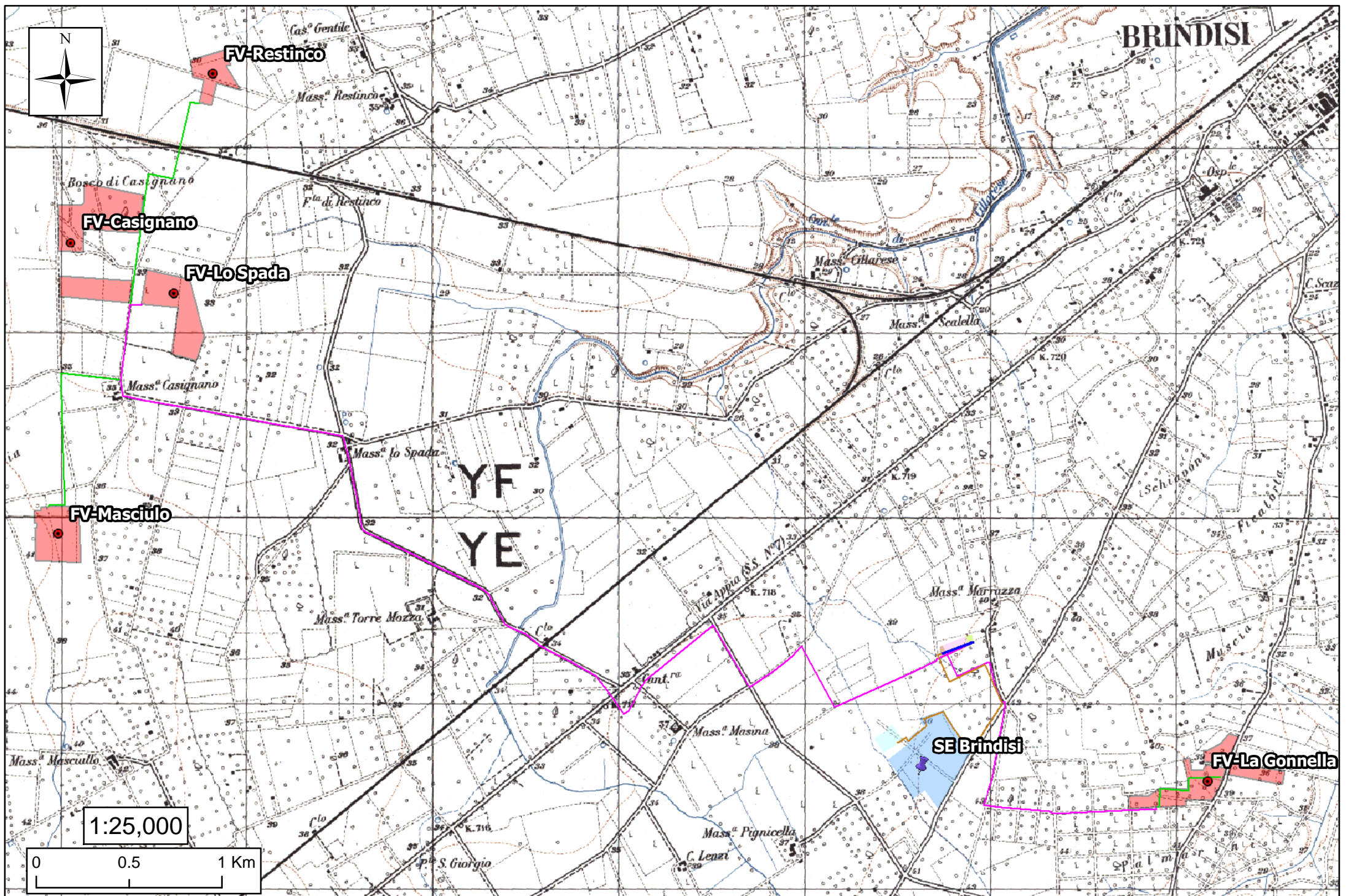


Fig.1: Stralcio IGM

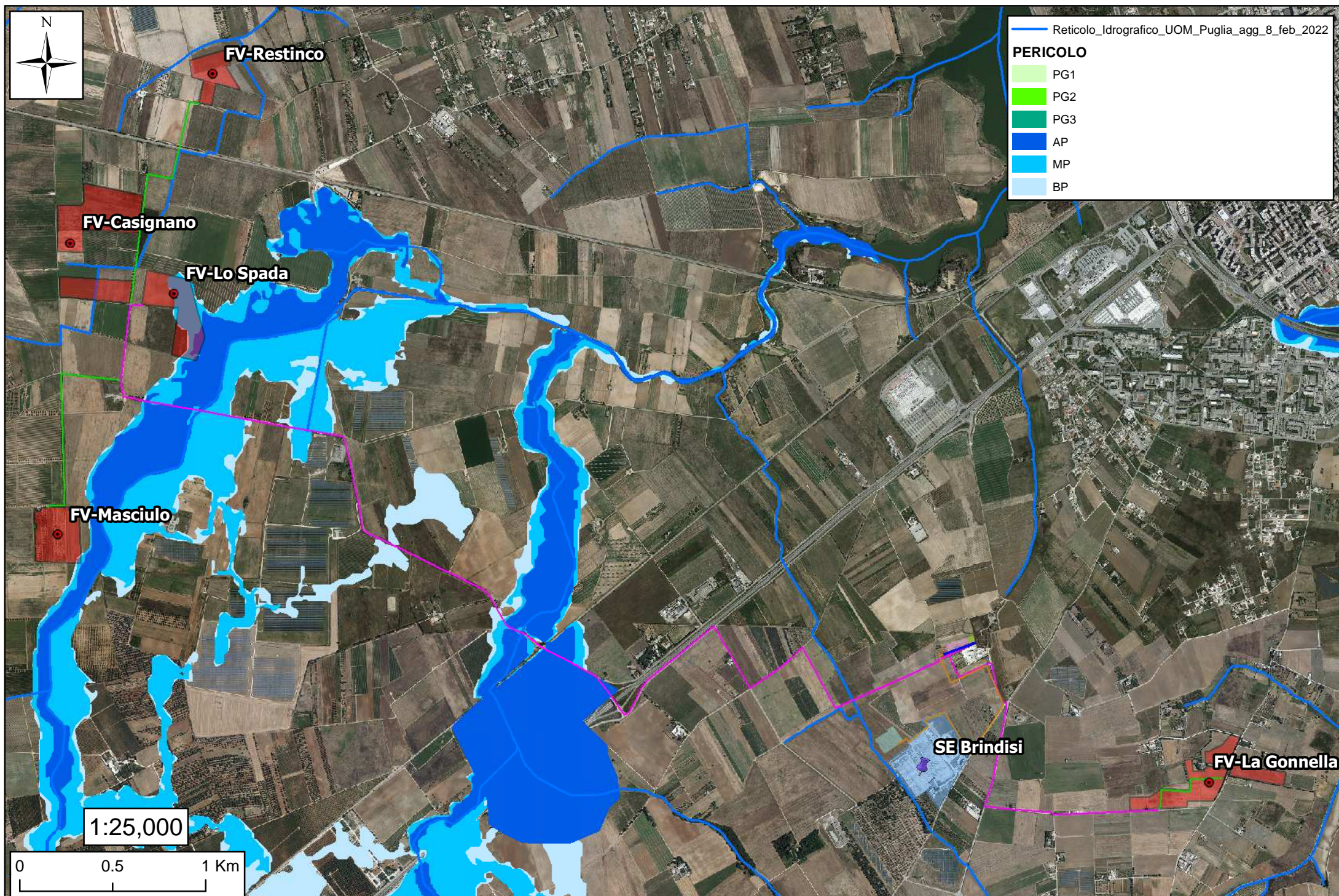
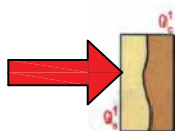


Fig.2: Stralcio PAI-PGRA e reticolo idrografico AdB DAM



Fig.3a: Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio 203 - Brindisi

Fig. 3b: Legenda formazioni F. 203 - Brindisi

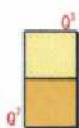


Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurastre (Q_1^1); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q_2^1). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB., *carinata* SILV., *Bulinina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEISTOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB., *carinata* SILV., *Bulinina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, aventi le seguenti caratteristiche:

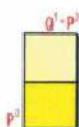
(Q^1) Calcareniti e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulinina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Uvigerina peregrina* CUSH., *Sphaeroidina bulloides* D'ORB., *Cibicides boueanus* (D'ORB.), *Cibicides floridanus* (CUSH.)

In trasgressione su (Q^1), oppure sulle formazioni cretatiche. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



(Q^2) Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (D'ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERO.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (P^1) oppure sul Cretacico. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

(Q^1-P^1) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione celebriene: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulinina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.



(P^1) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sisonidai* MEY. var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulinina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERO.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *C. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. saeculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, e frattura irregolare, calcari grigio-chiari. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Praeglobotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ). R. cf. *reichelli* (MORN.), *Nummoloculina* sp. (GENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).



Fig.4: Stratigrafia interpretata da prove DPSH

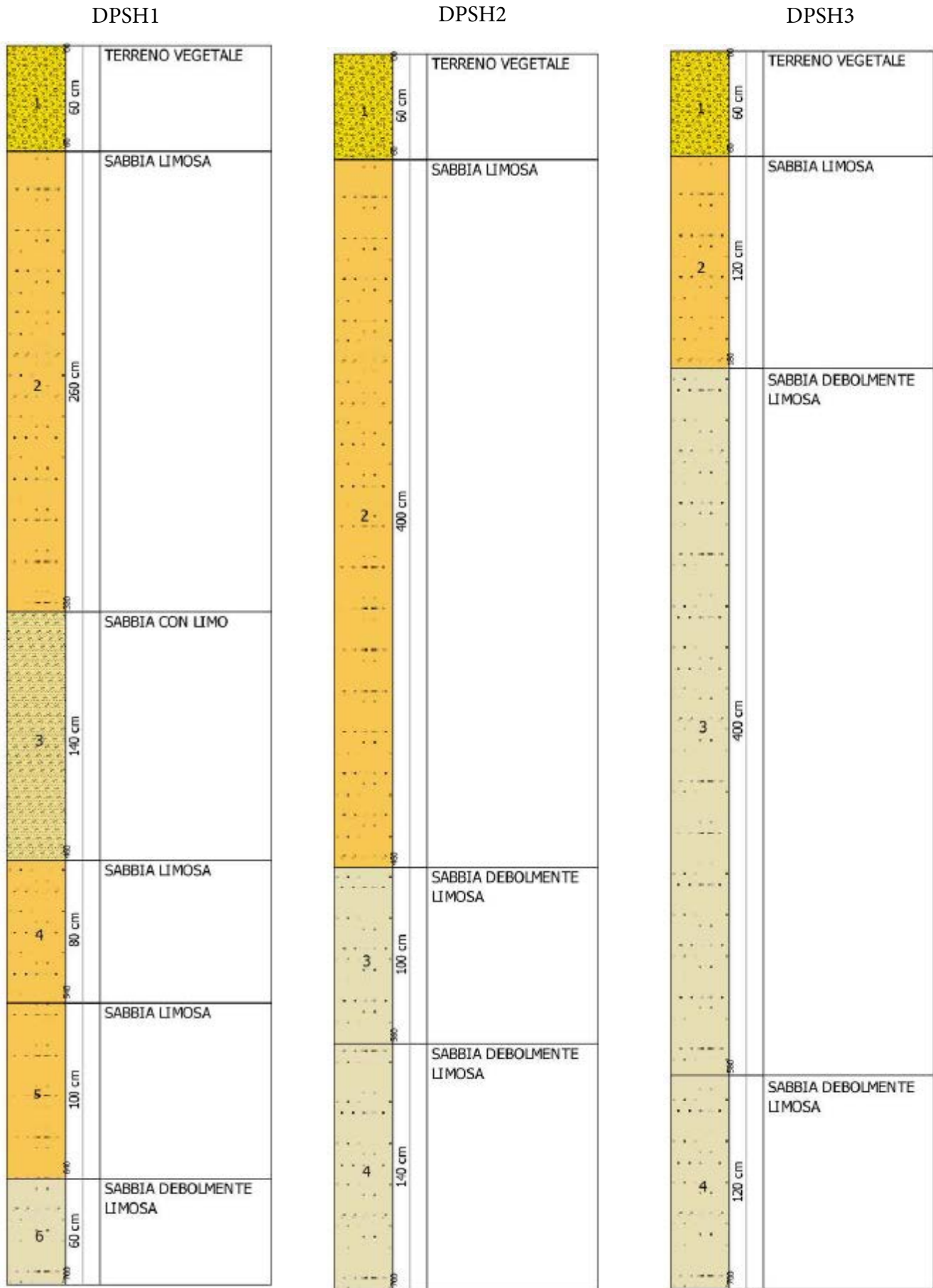
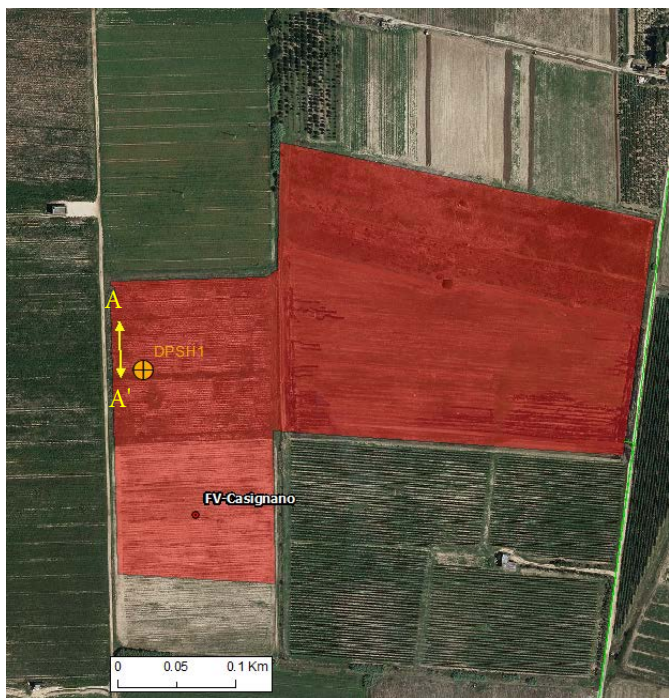


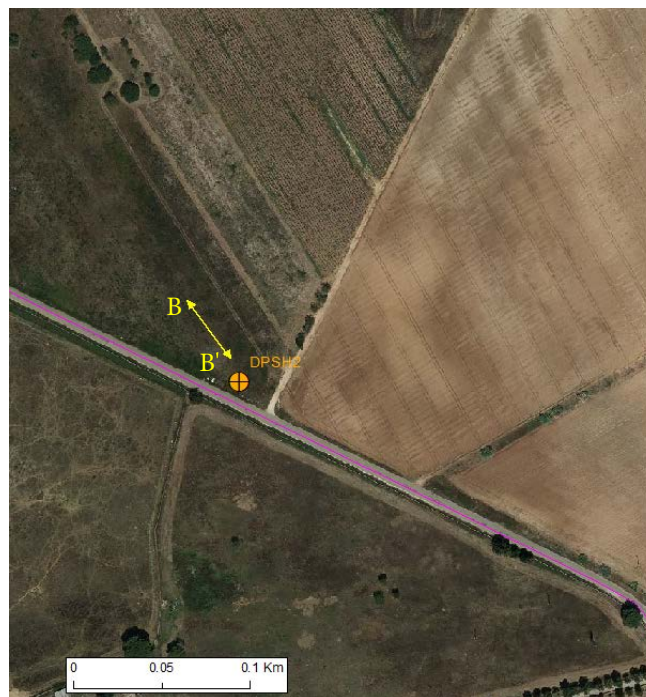


Fig.5a: Ubicazione prove penetrometriche e sismiche

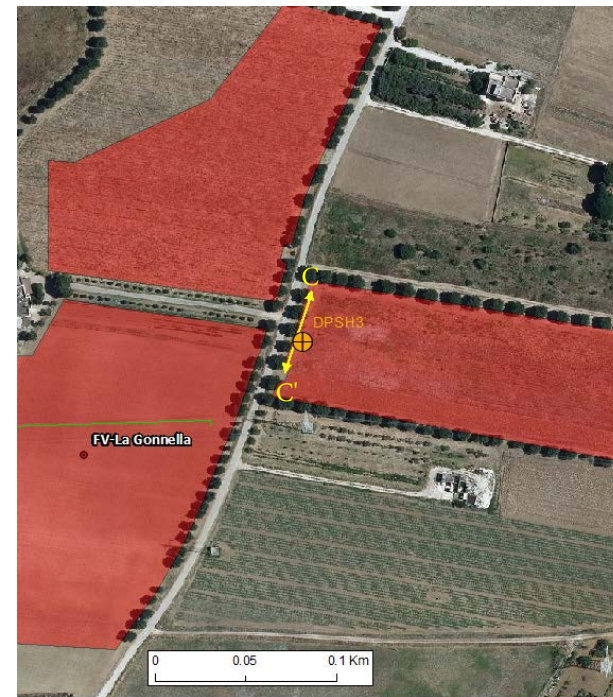
- ↔ Array sismica a rifrazione e MASW
⊕ Prova penetrometrica pesante DPSH



Lat: 40.628590, lon: 17.848611



Lat: 40.611253, lon: 17.871861



Lat: 40.600048, lon: 17.921742

Fig. 5b: Dettaglio ubicazione prove penetrometriche e sismiche

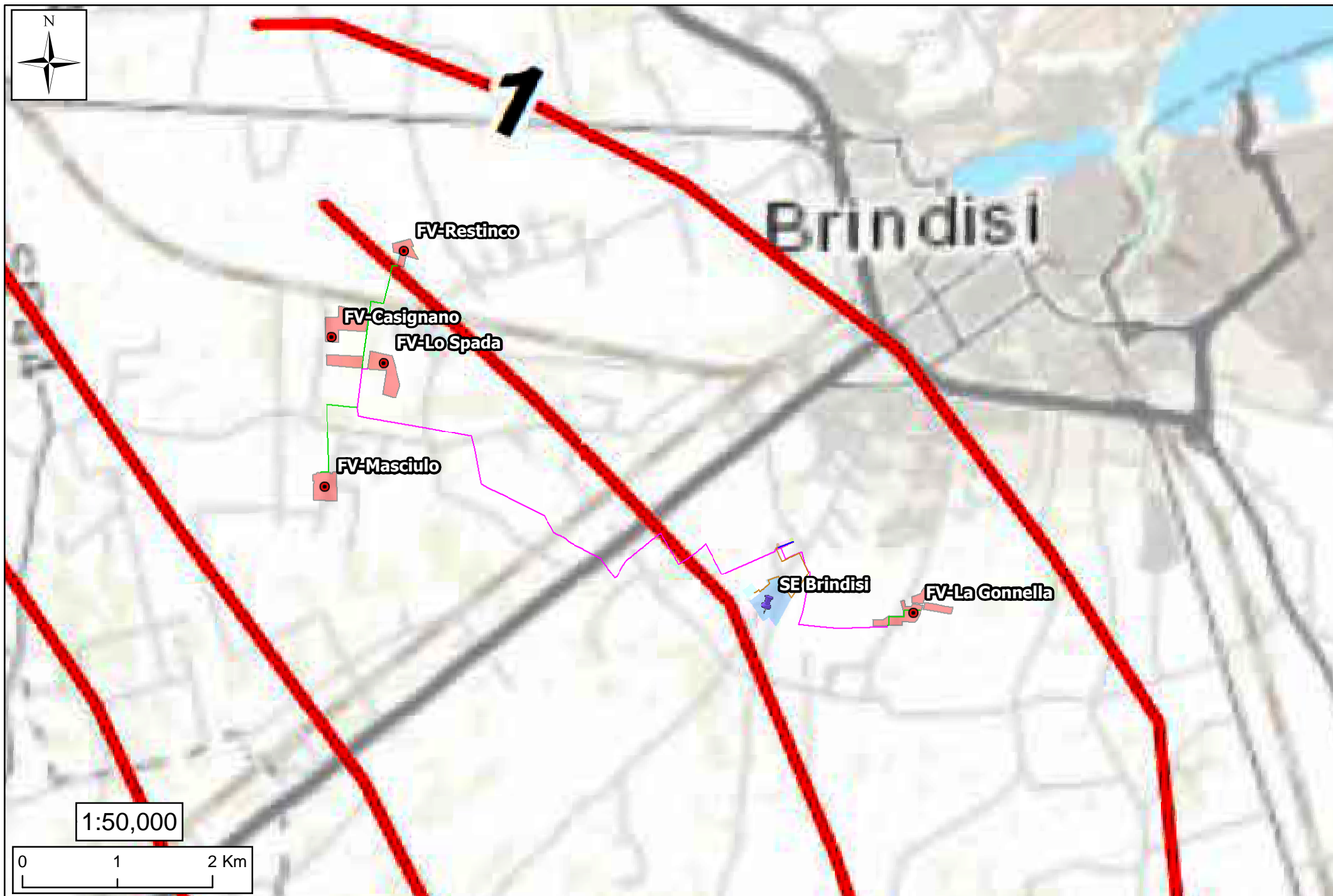


Fig. 6: Stralcio tav. C5 PTA/P 2015-2021 con distribuzione carichi piezometrici falda profonda

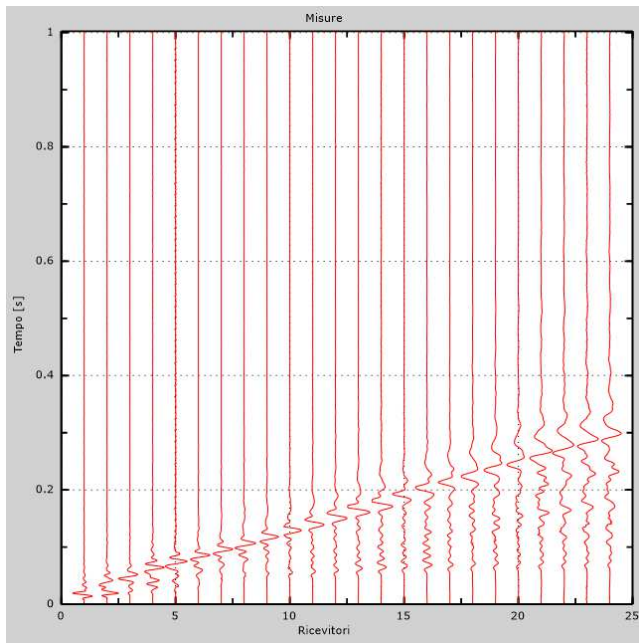


Fig. 7a: Sismogramma sperimentale MASW A-A'

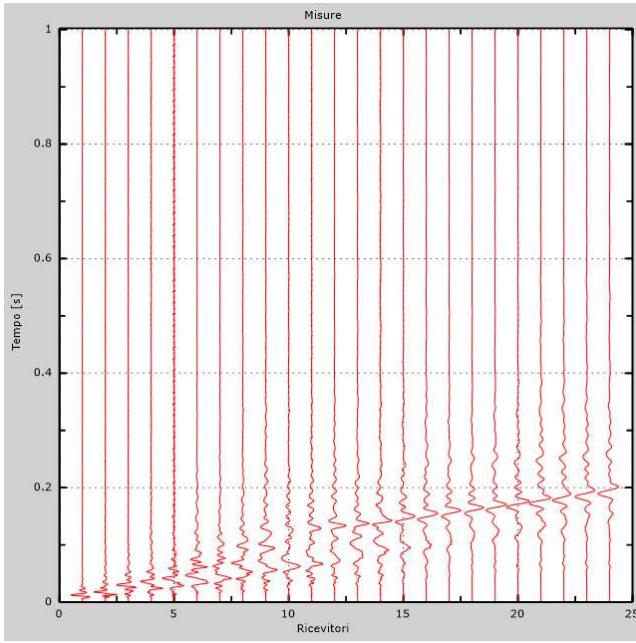


Fig. 7b: Sismogramma sperimentale MASW B-B'

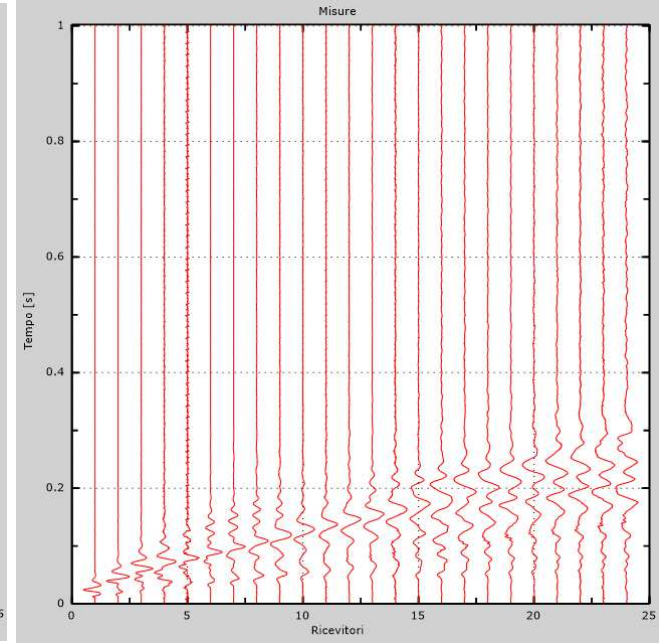


Fig. 7b: Sismogramma sperimentale MASW C-C'

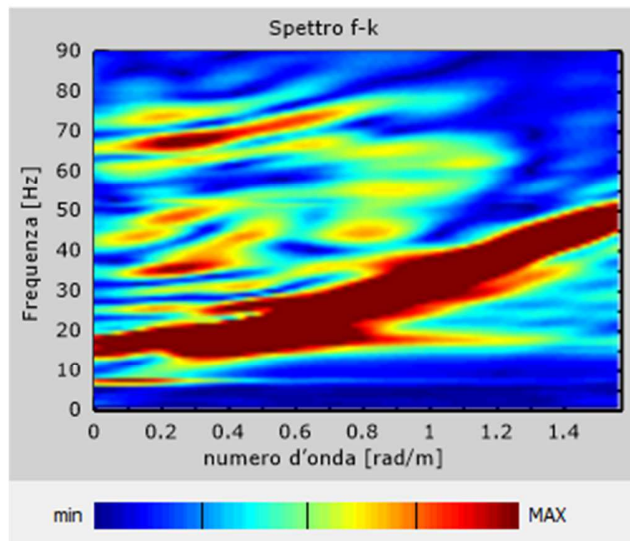


Fig. 8a: Spettro F-K MASW A-A'

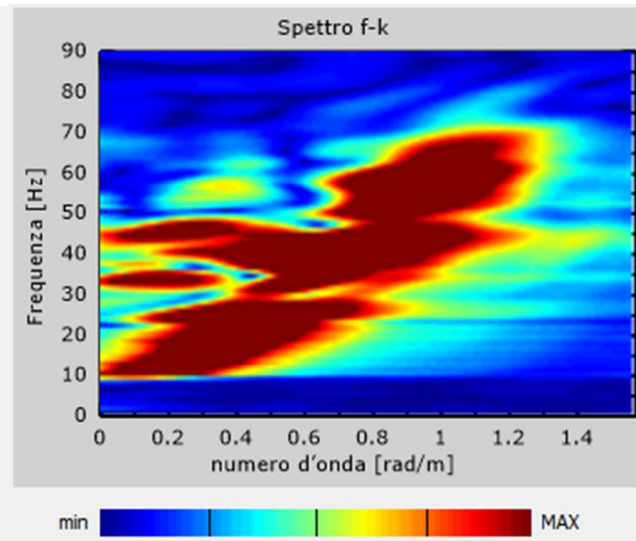


Fig. 8b: Spettro F-K MASW B-B'

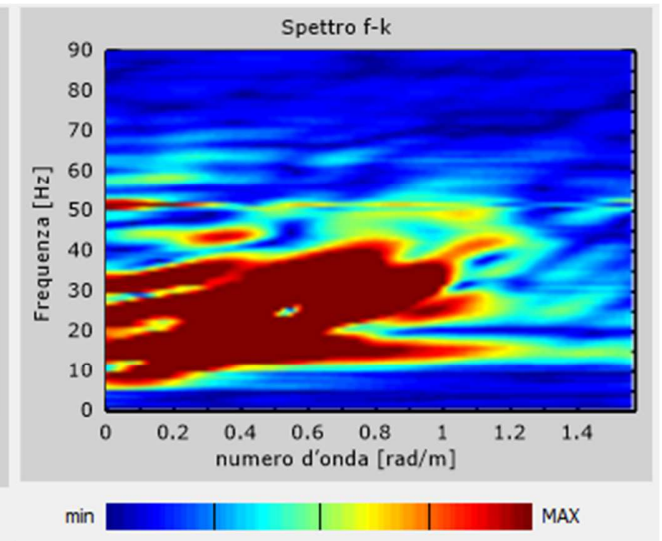


Fig. 8b: Spettro F-K MASW C-C'

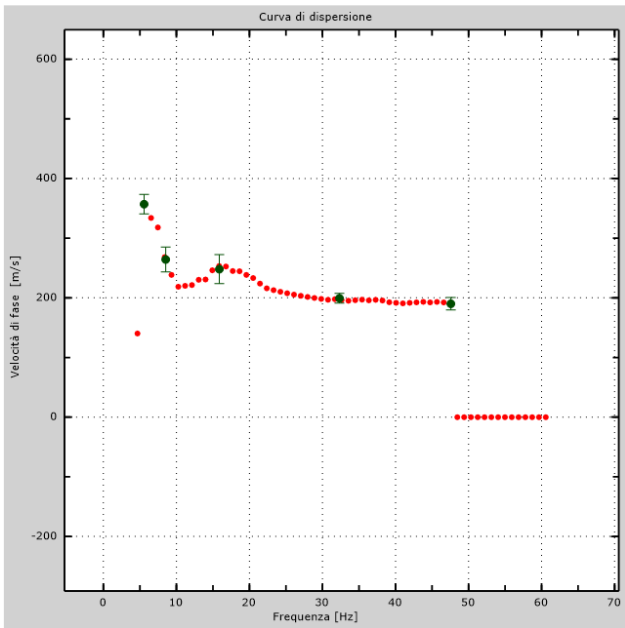


Fig. 9a: Curva di dispersione sperimentale MASW A-A'

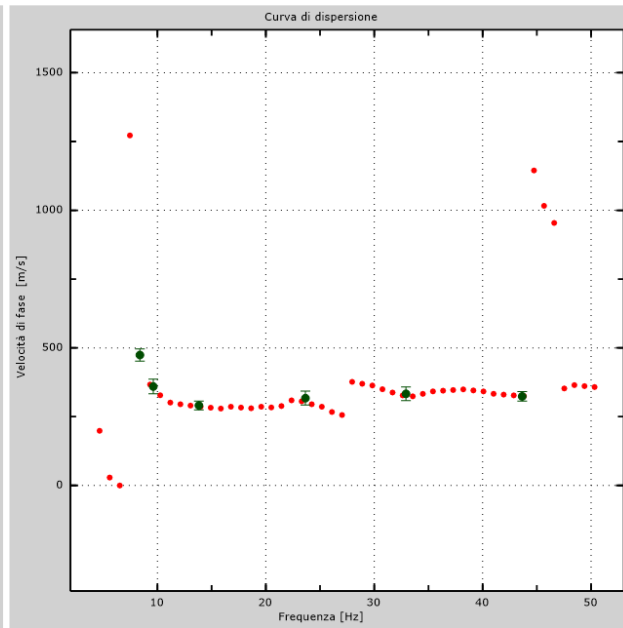


Fig. 9b: Curva di dispersione sperimentale MASW B-B'

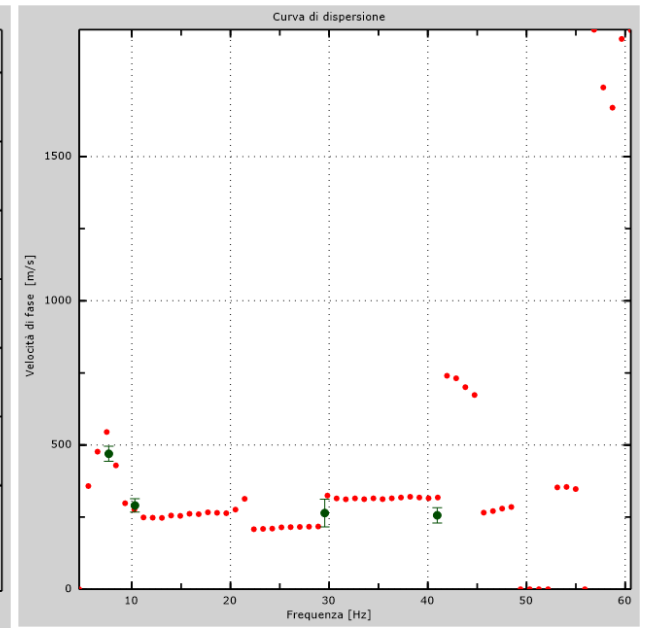


Fig. 9c: Curva di dispersione sperimentale MASW C-C'

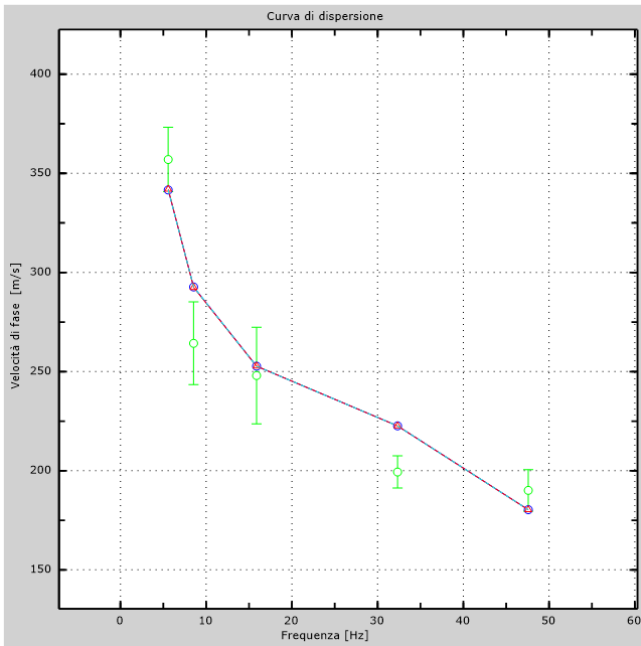


Fig. 10a: Punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso) MASW A-A'

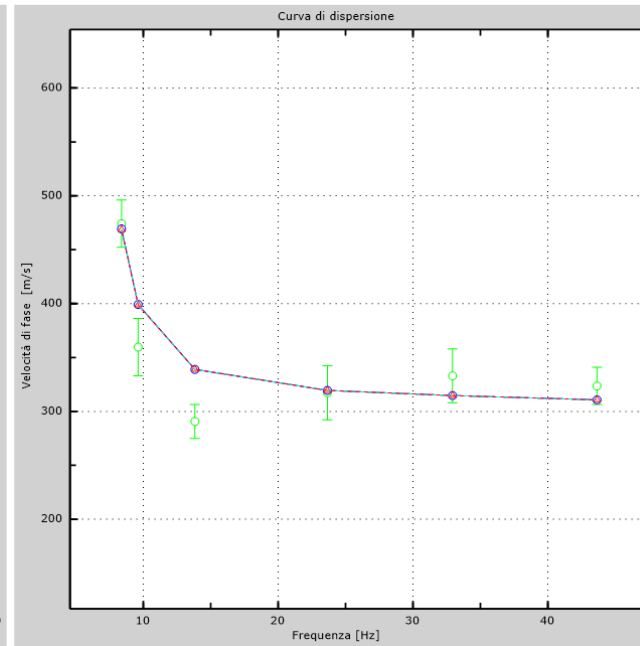


Fig. 10b: Punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso) MASW B-B'

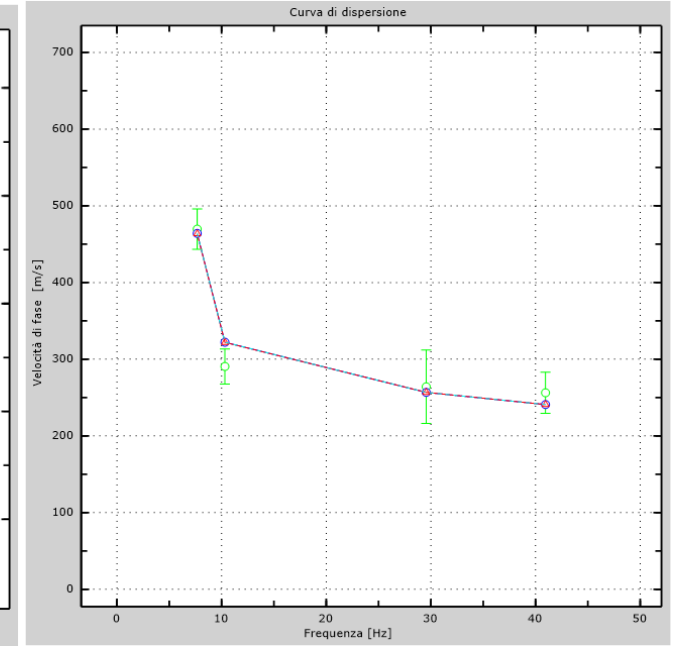


Fig. 10c: Punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso) MASW C-C'

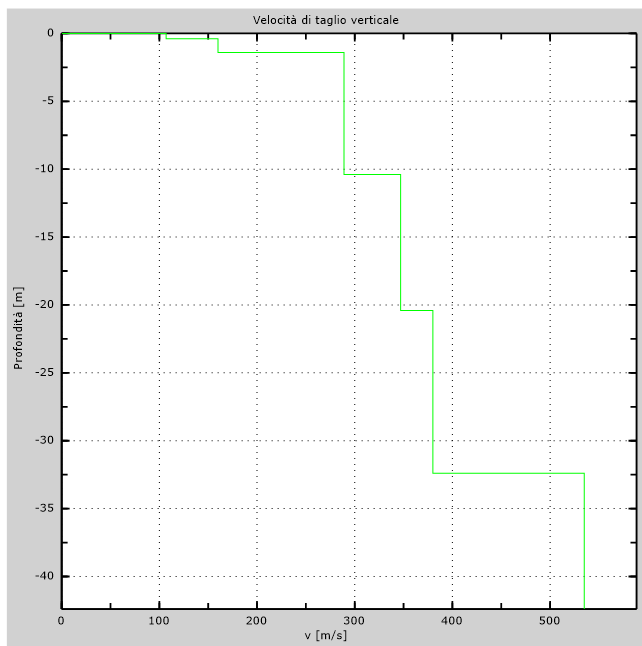


Fig. 11a: Profilo Vs numerico calcolato MASW A-A'

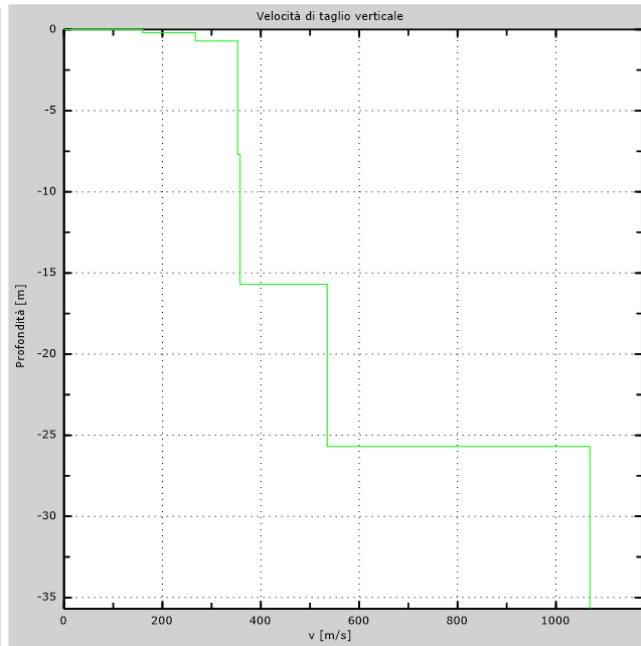


Fig. 11b: Profilo Vs numerico calcolato MASW B-B'

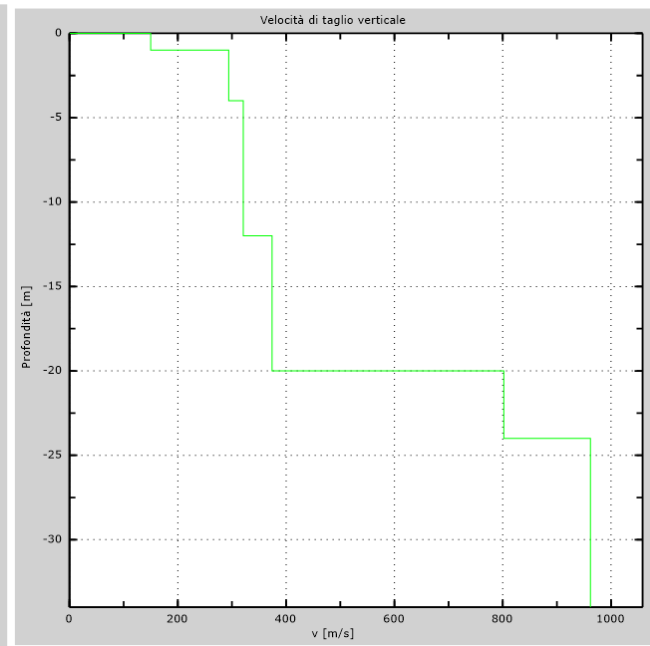


Fig. 11c: Profilo Vs numerico calcolato MASW C-C'

Fig. 12b: A-A' 20 WET iterations, RMS error 2.6 %, rays paths

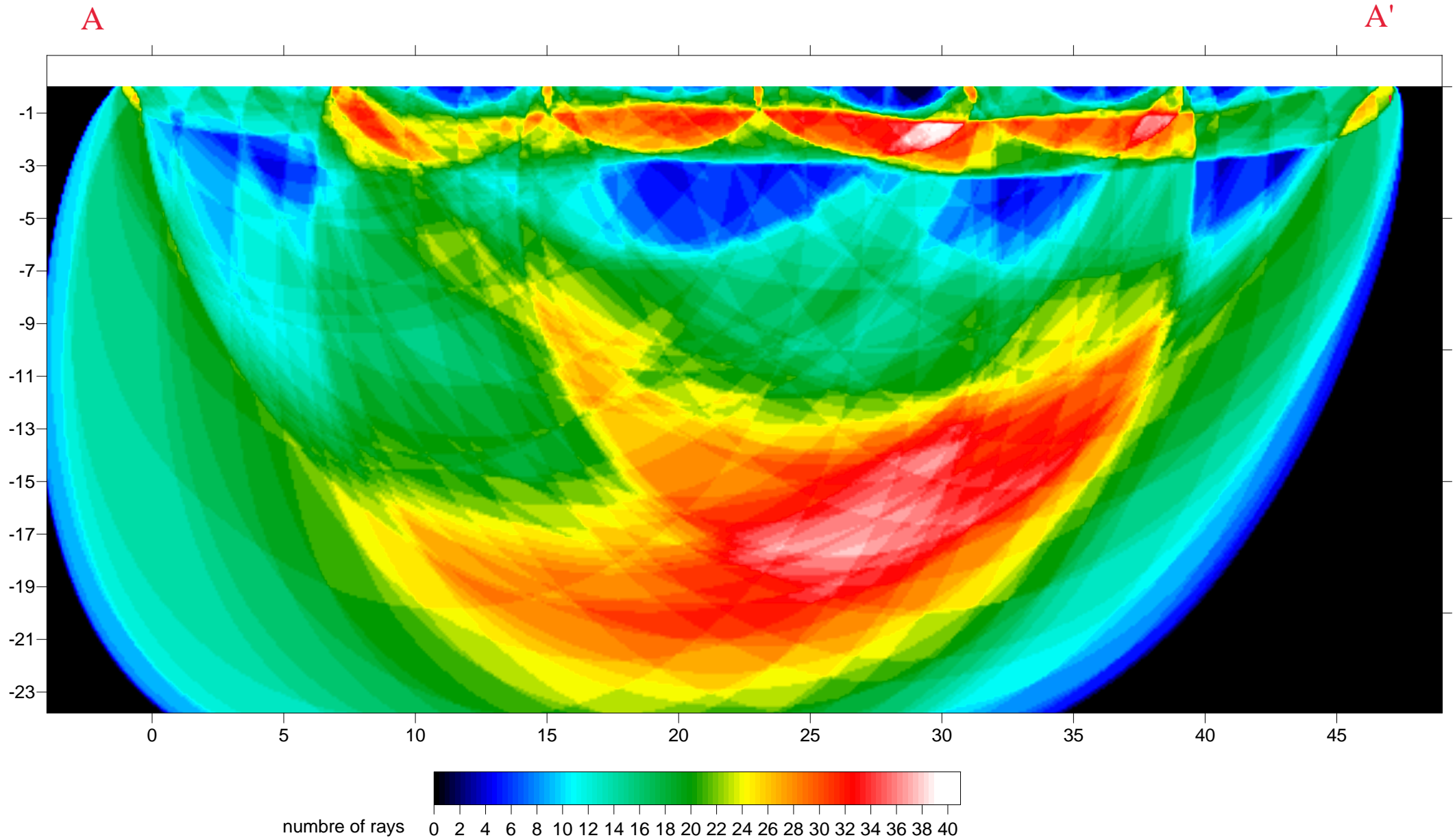


Fig. 13a: B-B', 20 WET iterations, RMS error 2.8 %, refraction tomography

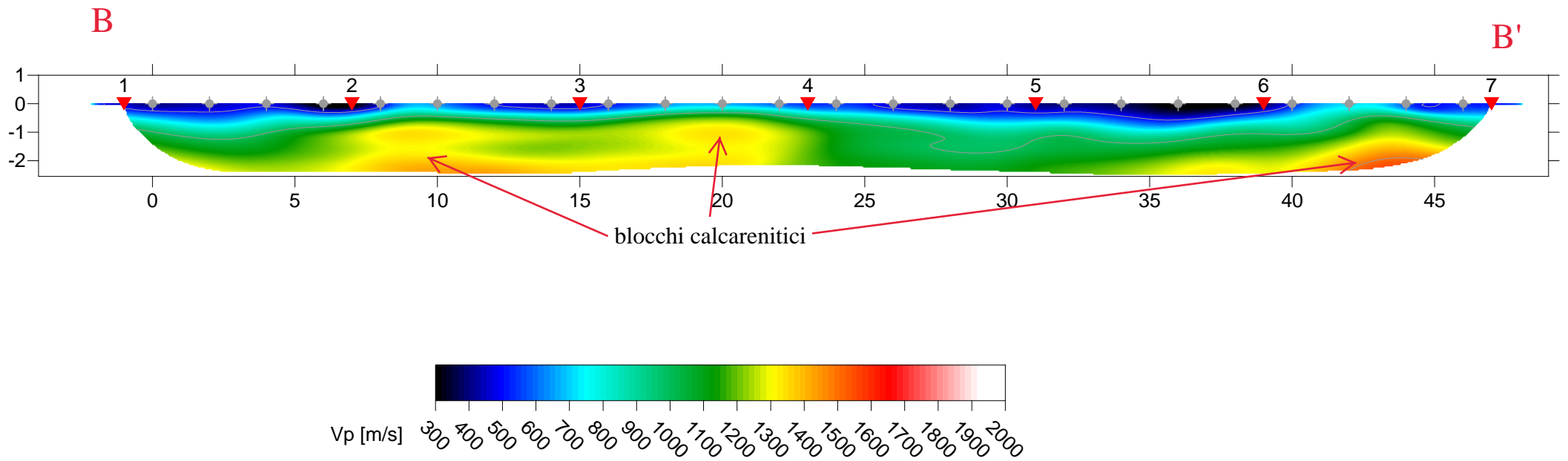


Fig. 13b: B-B', 20 WET iterations, RMS error 2.8 %, rays paths

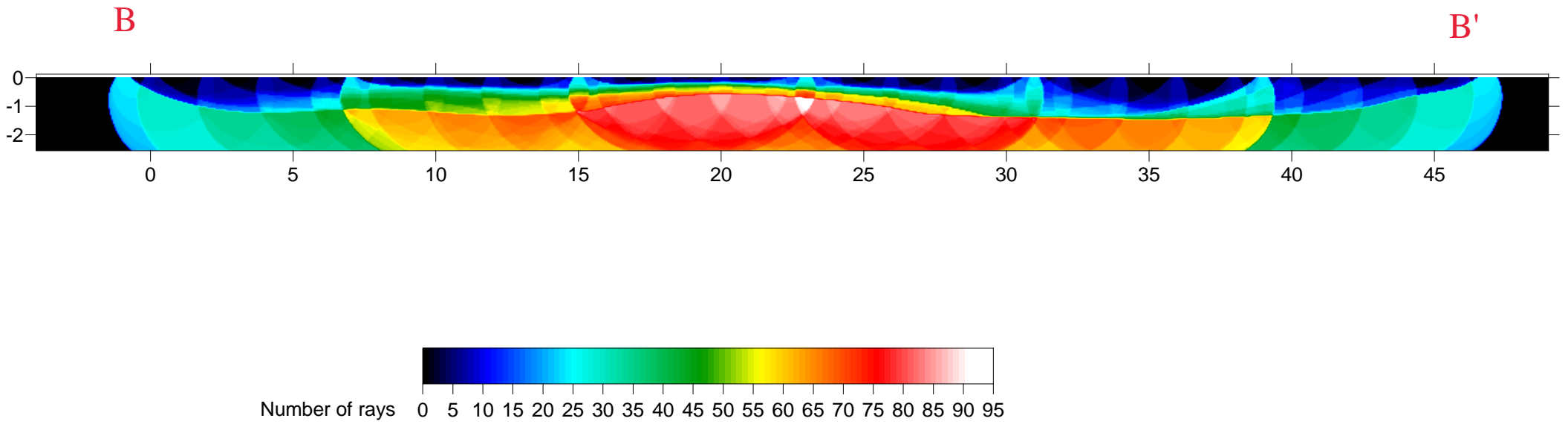


Fig. 14a: C-C' 20 WET iterations, RMS error 3.2 %, refraction tomography

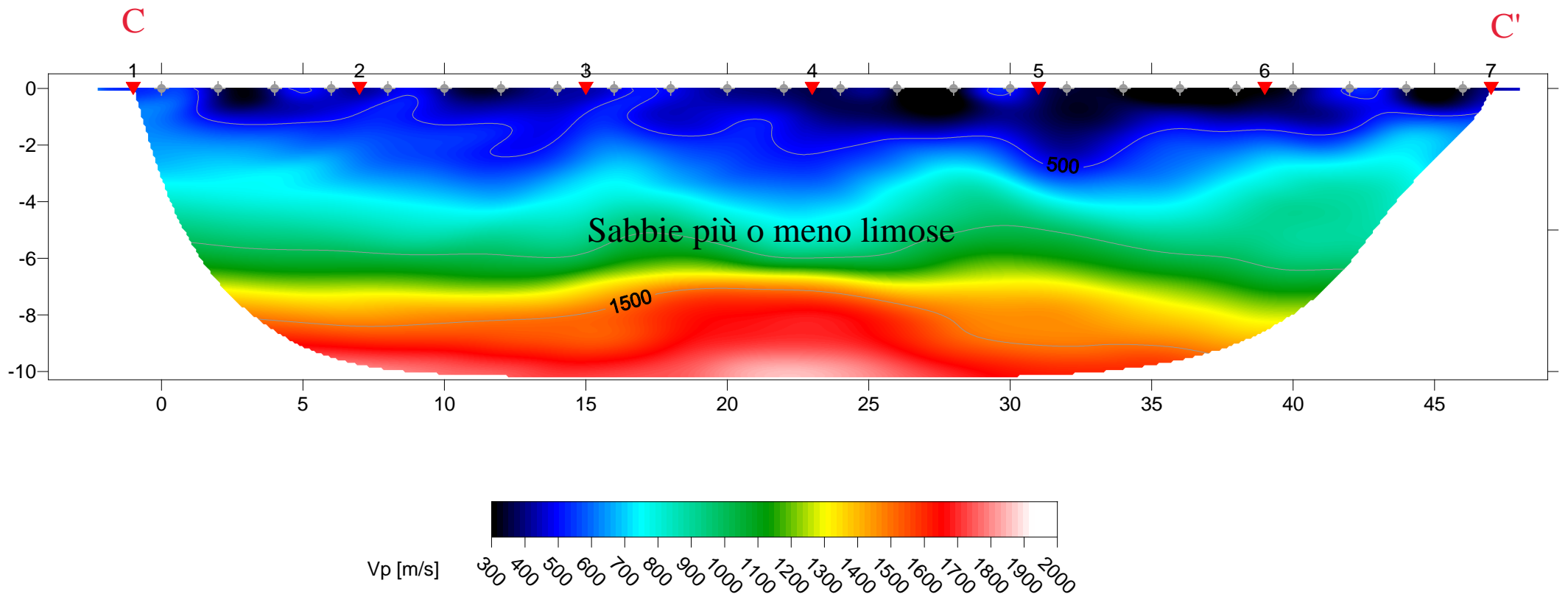
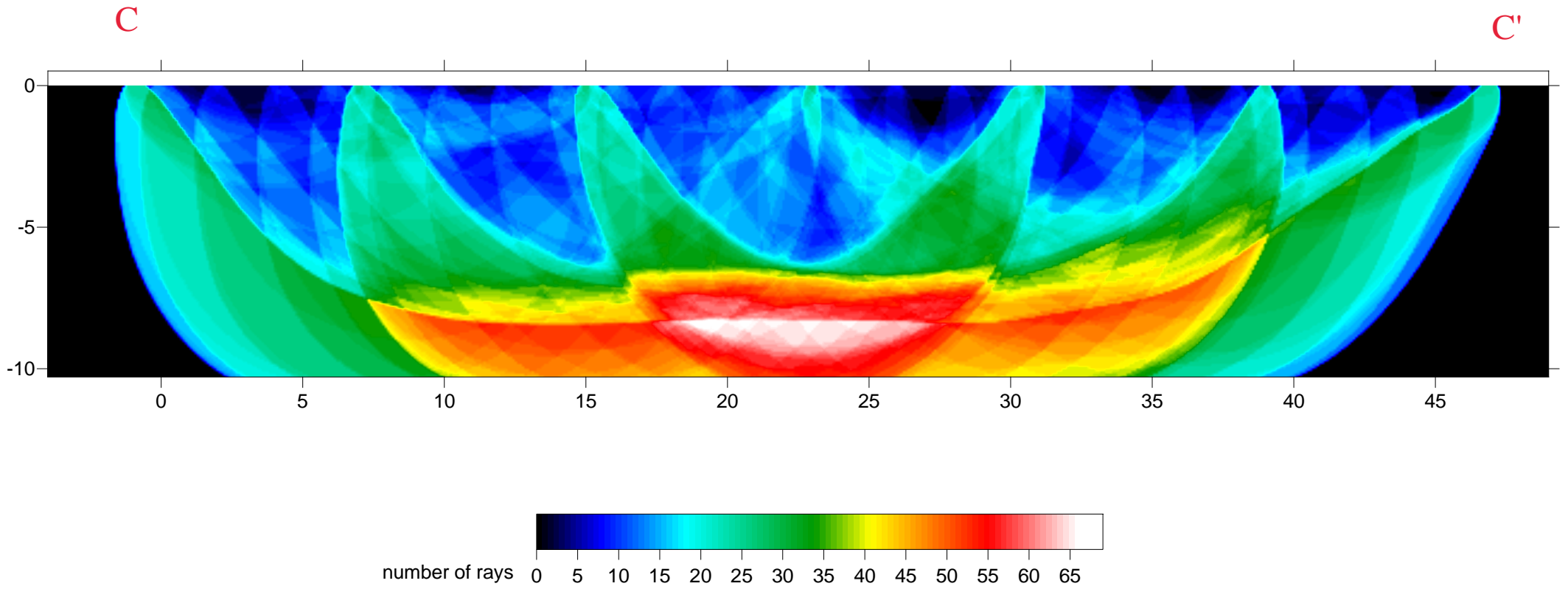


Fig. 14b: C-C', 20 WET iterations, RMS error 3.2 %, rays paths





COMUNE DI BRINDISI

Provincia di Brindisi



REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

(D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni")

Rev. 22.06.2022

Campagna di indagine geognostica sui terreni ubicati nel territorio comunale di Brindisi (BR) che saranno interessati dall'installazione di impianti agro-fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

COMMITTENTE: ENERGIE GREEN PUGLIA S.R.L.
Via XX Settembre, 69
90141 Palermo (PA)
P.IVA: 06829690822

IL TECNICO: **STUDIO TECNICO & AMBIENTALE**

Geologo dott. Dario FISCHETTO

Corso Garibaldi, 27 – 72100 Brindisi (BR)
Tel./Fax 0831 1521256 Cell. 389 0382220
e.mail: fischetto.dario@libero.it

P.IVA: 01892970748 C.F.: FSC DRA 71E27 B180Z





INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	3
4. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DINAMIC PROBING SUPER HEAVY)	5
PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO N° 1	11
PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO N° 2	16
PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO N° 3	20



1. PREMESSA

La **ENERGIE GREEN PUGLIA S.R.L.** con sede in Palermo (PA) alla via XX Settembre civ. 69, ha affidato allo scrivente Geologo dott. Dario Fischetto iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 475 con studio in Brindisi (BR) al Corso Garibaldi civ. 27, l'incarico di effettuare una campagna di indagine geognostica su terreni ubicati nel territorio comunale di Brindisi (BR) che saranno interessati dall'installazione di impianti agro-fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Lo studio dell'area, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", è finalizzato alla definizione della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definirne il modello geotecnico.

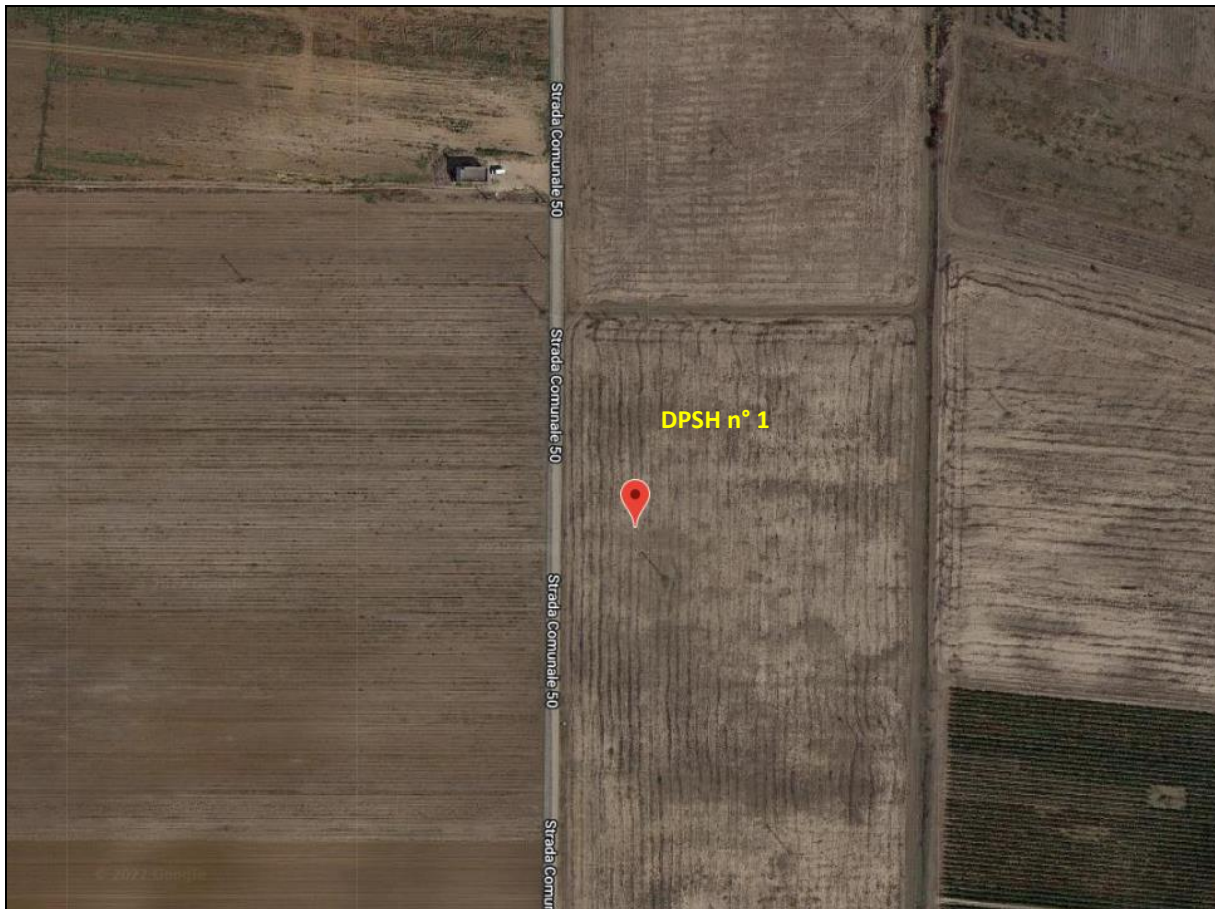
2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.M. 14.01.2008 – "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- D.M. 11.03.1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4 (CAPITOLO 2.7 del D.M. 14.01.2008).



3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni oggetto dell'intervento in progetto, è stata eseguita dallo scrivente una campagna di indagine geognostica (D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"), per mezzo di **n° 3 Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY)**, come di seguito ubicate:





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

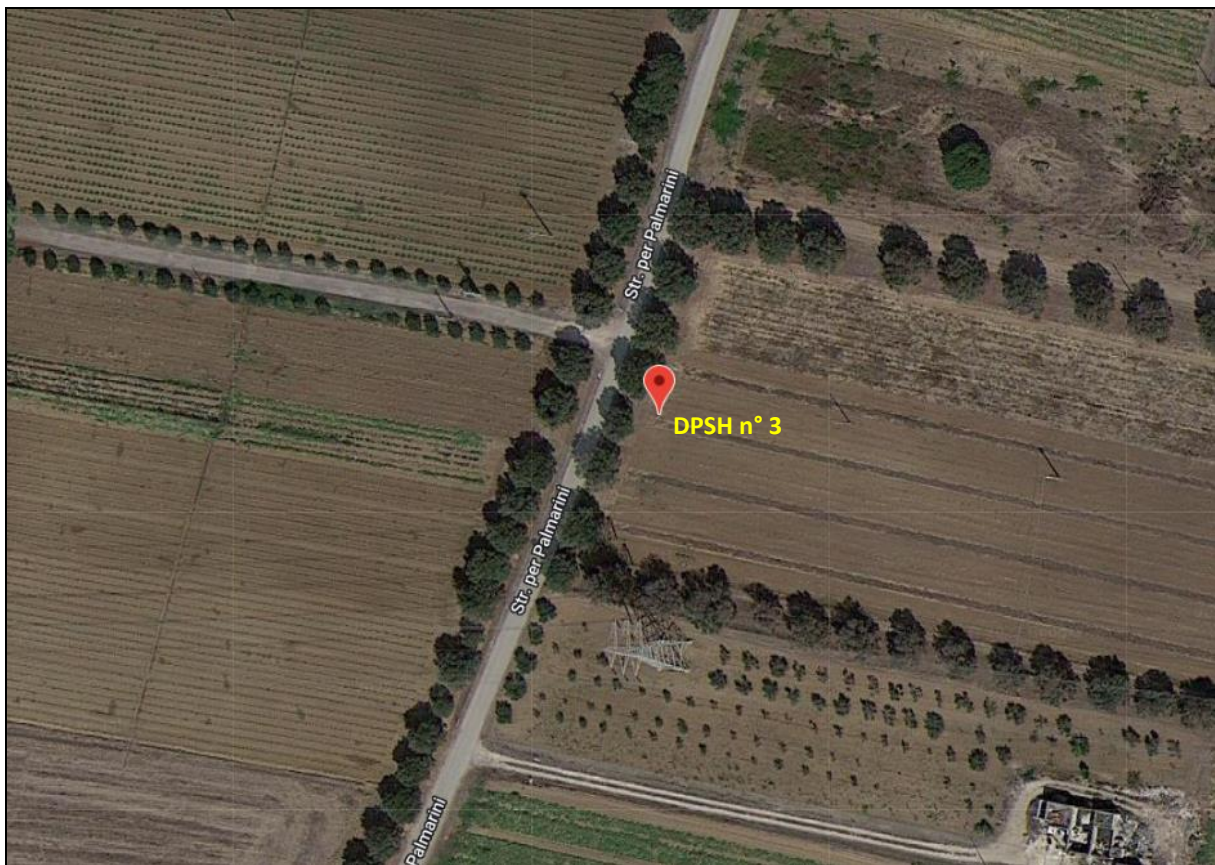
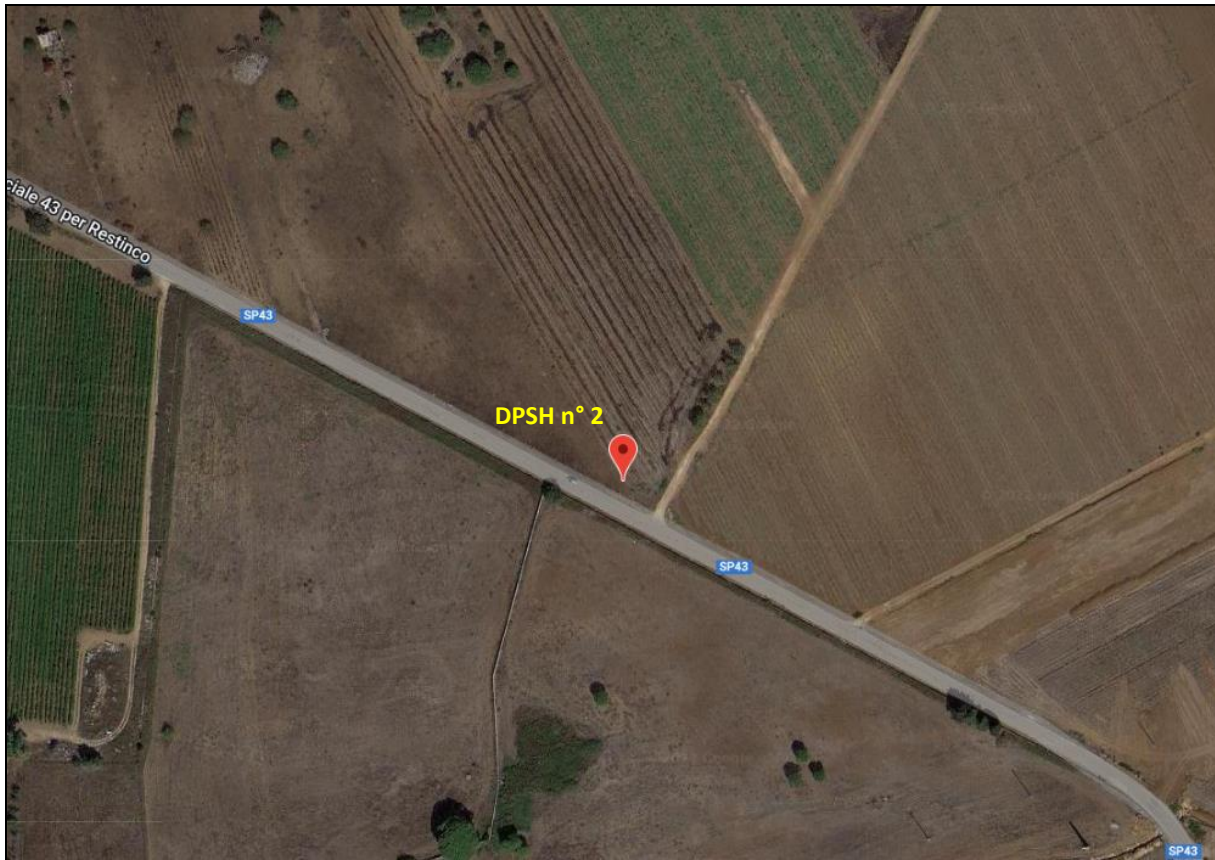


Fig. 1: Ubicazione Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante (DPSH) – COMUNE DI BRINDISI (BR)



4. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DINAMIC PROBING SUPER HEAVY)

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei depositi indagati, è stata eseguita una campagna di indagine di prospezione geologica dei terreni a mezzo di **N° 3 Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesanti** (Dynamic Probing Super Heavy) all'interno della sagoma di ingombro delle opere in progetto.

La prova penetrometrica dinamica consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione, secondo una procedura standardizzata.

Le prove in sito sono state effettuate utilizzando un penetrometro dinamico modello DPSH63-73 della GEO DEEP DRILL, con attrezzatura superpesante, DPSH (peso massa battente $M \geq 60$ kg), eseguite secondo lo standard DIN 4094 (la prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi N20 necessari).

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH63-73 GEO DEEP DRILL

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

La resistenza opposta dal terreno alla punta conica viene correlata alle caratteristiche fisico-meccaniche e portanti del terreno, consentendo inoltre di riconoscere, con buona approssimazione, la stratigrafia del sottosuolo; il tutto fino alla profondità a cui la resistenza del terreno è tale da non permetterne più l'infissione (rigetto della punta).

Per il riconoscimento ed il calcolo delle più significative caratteristiche fisico-meccaniche del terreno di fondazione, sono state elaborate le norme relative al penetrometro superpesante medio italiano usato per le prove (DPSH63-73 GEO DEEP DRILL).

Correlazione con N_{spt}

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:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

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:

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

Dove:

M = peso massa battente.

M' = peso aste.

H = altezza di caduta.

A = area base punta conica.

D = passo di avanzamento.

Attraverso la nota "Formula degli Olandesi", di seguito riportata, ci si ricava la resistenza dinamica alla punta (altrimenti detta resistenza di rottura dinamica alla punta) (R_{pd}), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo.

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

Dove:

R_{pd} = resistenza dinamica punta;

A = sezione della punta conica;

e = infissione media per colpo (20 / N) = 20/N cm (con N corrispondente al n° di colpi per ogni approfondimento di 20 cm);

M = peso massa battente (maglio)

H = altezza caduta massa battente;

P = peso totale aste e sistema battuta.



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

La resistenza dinamica alla punta (Rpd) è correlata alla pressione ammissibile specifica sull'interstrato (Qad altrimenti detta portanza) (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = $20 \div 22$) 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 immersione $d = 1$ m.

$$Qad = \frac{Rpd}{[20 \div 22]}$$

Dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche, attraverso l'utilizzo del software Dynamic Probing versione 2022.27.5.1090 ci si è ricavati i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati.



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)



DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 1

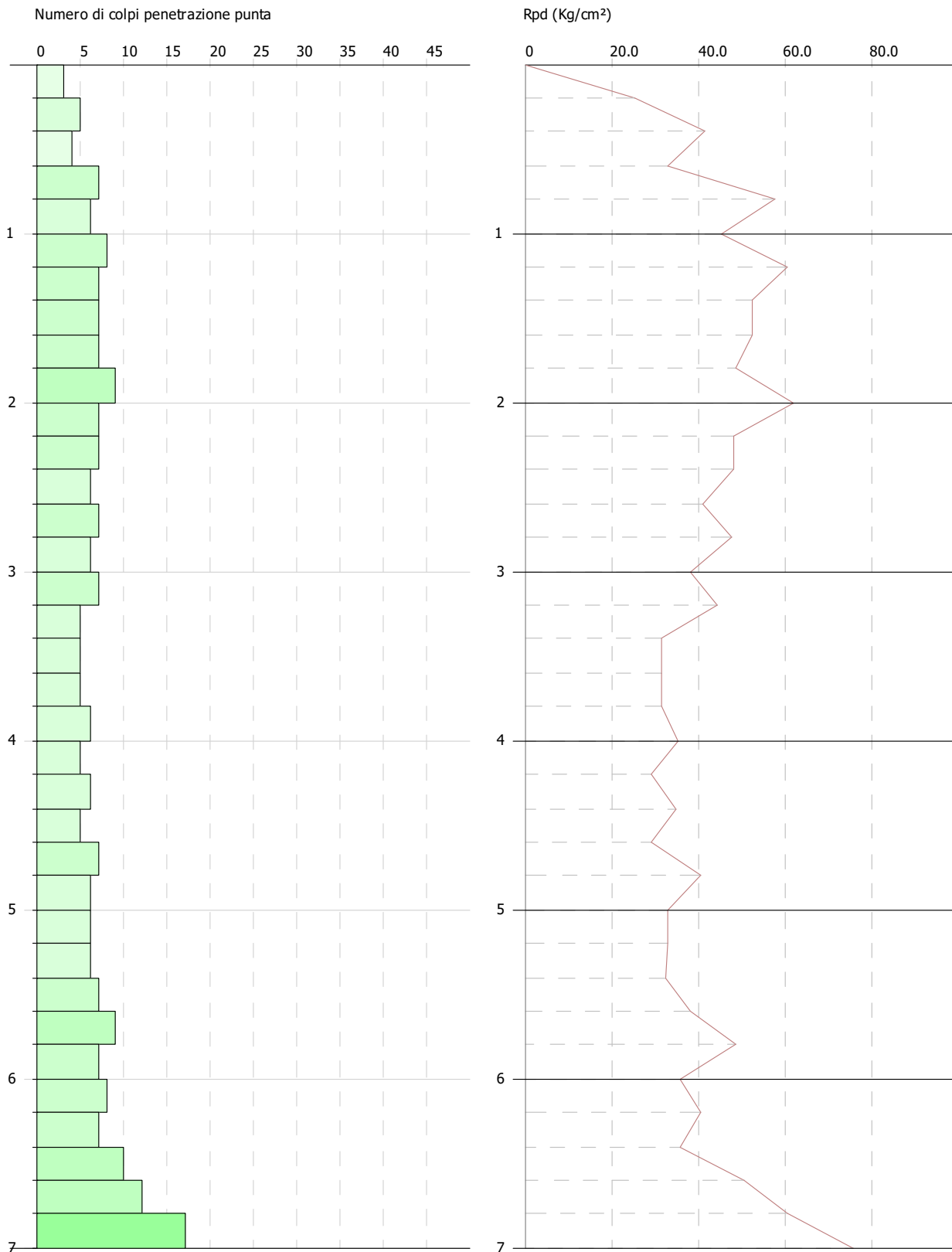
Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**
 Prova eseguita in data: **21/06/2022**
 Profondità prova: **7,00 mt**
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**
 Certificato **Nr. 1 del 22.06.2022**
 Codice commessa nr. **27/2022GT**
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**
 Comune di: **Brindisi (BR)**

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	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	5	0.851	41.34	48.59	2.07	2.43
0.60	4	0.847	32.92	38.87	1.65	1.94
0.80	7	0.843	57.37	68.02	2.87	3.40
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	8	0.836	60.14	71.92	3.01	3.60
1.40	7	0.833	52.41	62.93	2.62	3.15
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	9	0.823	61.96	75.27	3.10	3.76
2.20	7	0.820	48.01	58.54	2.40	2.93
2.40	7	0.817	47.84	58.54	2.39	2.93
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	7	0.811	47.50	58.54	2.38	2.93
3.00	6	0.809	37.94	46.91	1.90	2.35
3.20	7	0.806	44.11	54.73	2.21	2.74
3.40	5	0.803	31.41	39.09	1.57	1.95
3.60	5	0.801	31.31	39.09	1.57	1.95
3.80	5	0.798	31.21	39.09	1.56	1.95
4.00	6	0.796	35.06	44.04	1.75	2.20
4.20	5	0.794	29.13	36.70	1.46	1.84
4.40	6	0.791	34.86	44.04	1.74	2.20
4.60	5	0.789	28.97	36.70	1.45	1.84
4.80	7	0.787	40.44	51.38	2.02	2.57
5.00	6	0.785	32.58	41.50	1.63	2.08
5.20	6	0.783	32.50	41.50	1.62	2.08
5.40	6	0.781	32.42	41.50	1.62	2.08
5.60	7	0.779	37.73	48.42	1.89	2.42
5.80	9	0.777	48.39	62.25	2.42	3.11
6.00	7	0.775	35.50	45.78	1.78	2.29
6.20	8	0.774	40.48	52.32	2.02	2.62
6.40	7	0.772	35.34	45.78	1.77	2.29
6.60	10	0.770	50.38	65.40	2.52	3.27
6.80	12	0.769	60.33	78.48	3.02	3.92
7.00	17	0.717	75.62	105.44	3.78	5.27



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

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)
						





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

MODELLO GEOTECNICO DPSH N° 1

Prova eseguita in data: **22/06/2022**
 Profondità prova: **7,00 mt**
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**

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	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	6	0.843	49.17	58.31	2.46	2.92
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	6	0.830	44.75	53.94	2.24	2.70
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	6	0.811	40.72	50.18	2.04	2.51
3.00	6	0.809	37.94	46.91	1.90	2.35
3.20	6	0.806	37.81	46.91	1.89	2.35
3.40	5	0.803	31.41	39.09	1.57	1.95
3.60	5	0.801	31.31	39.09	1.57	1.95
3.80	5	0.798	31.21	39.09	1.56	1.95
4.00	5	0.796	29.22	36.70	1.46	1.84
4.20	5	0.794	29.13	36.70	1.46	1.84
4.40	5	0.791	29.05	36.70	1.45	1.84
4.60	5	0.789	28.97	36.70	1.45	1.84
4.80	6	0.787	34.67	44.04	1.73	2.20
5.00	6	0.785	32.58	41.50	1.63	2.08
5.20	6	0.783	32.50	41.50	1.62	2.08
5.40	6	0.781	32.42	41.50	1.62	2.08
5.60	7	0.779	37.73	48.42	1.89	2.42
5.80	7	0.777	37.64	48.42	1.88	2.42
6.00	7	0.775	35.50	45.78	1.78	2.29
6.20	7	0.774	35.42	45.78	1.77	2.29
6.40	7	0.772	35.34	45.78	1.77	2.29
6.60	10	0.770	50.38	65.40	2.52	3.27
6.80	10	0.769	50.28	65.40	2.51	3.27
7.00	10	0.767	47.58	62.02	2.38	3.10



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO N° 1

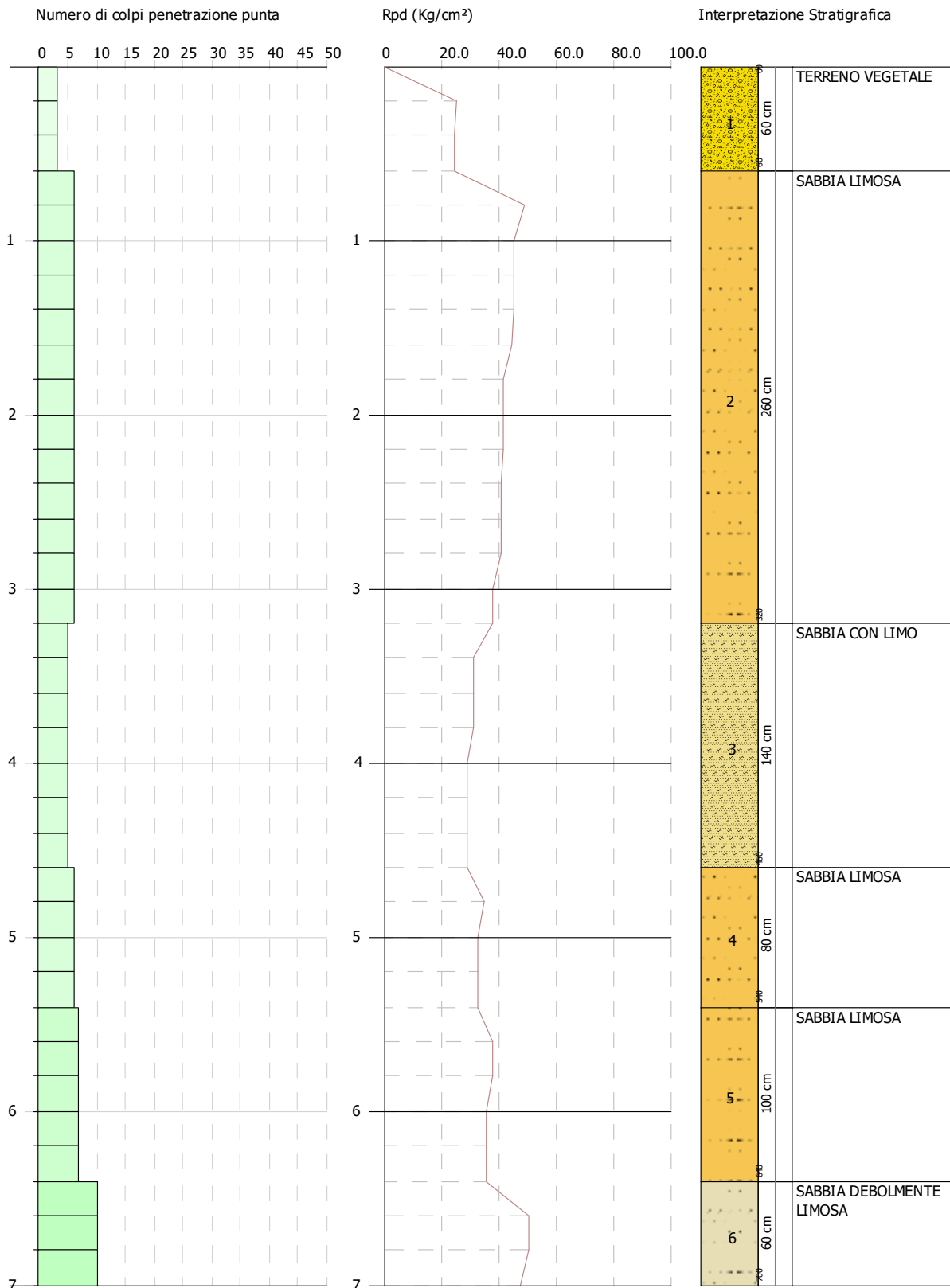
Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 3,20	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	29°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	73,32 Kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	69,93 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,47 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ _s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo K ₀ =SigmaH/P ₀	[Navfac 1971-1982]	1,86
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA CON LIMO (ORIZZONTE 3)	3,20 ÷ 4,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	29°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	65,14(Kg/cm ²)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	64,94 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,45 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ _s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,90 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo K ₀ =SigmaH/P ₀	[Navfac 1971-1982]	1,58
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 4)	4,60 ÷ 5,40	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	29°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	74,30 Kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	70,53 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,47 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ _s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo K ₀ =SigmaH/P ₀	[Navfac 1971-1982]	1,93
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA CON LIMO (ORIZZONTE 5)	5,40 ÷ 6,40	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	83,47 (Kg/cm ²)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	86,03
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,49 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ _s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,93 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo K ₀ =SigmaH/P ₀	[Navfac 1971-1982]	2,27



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 6)	6,40 ÷ 7,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	126,93 Kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	106,86 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo K ₀ =SigmaH/P ₀	[Navfac 1971-1982]	3,21
				Falda profondità dal p.c.





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)



DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 2

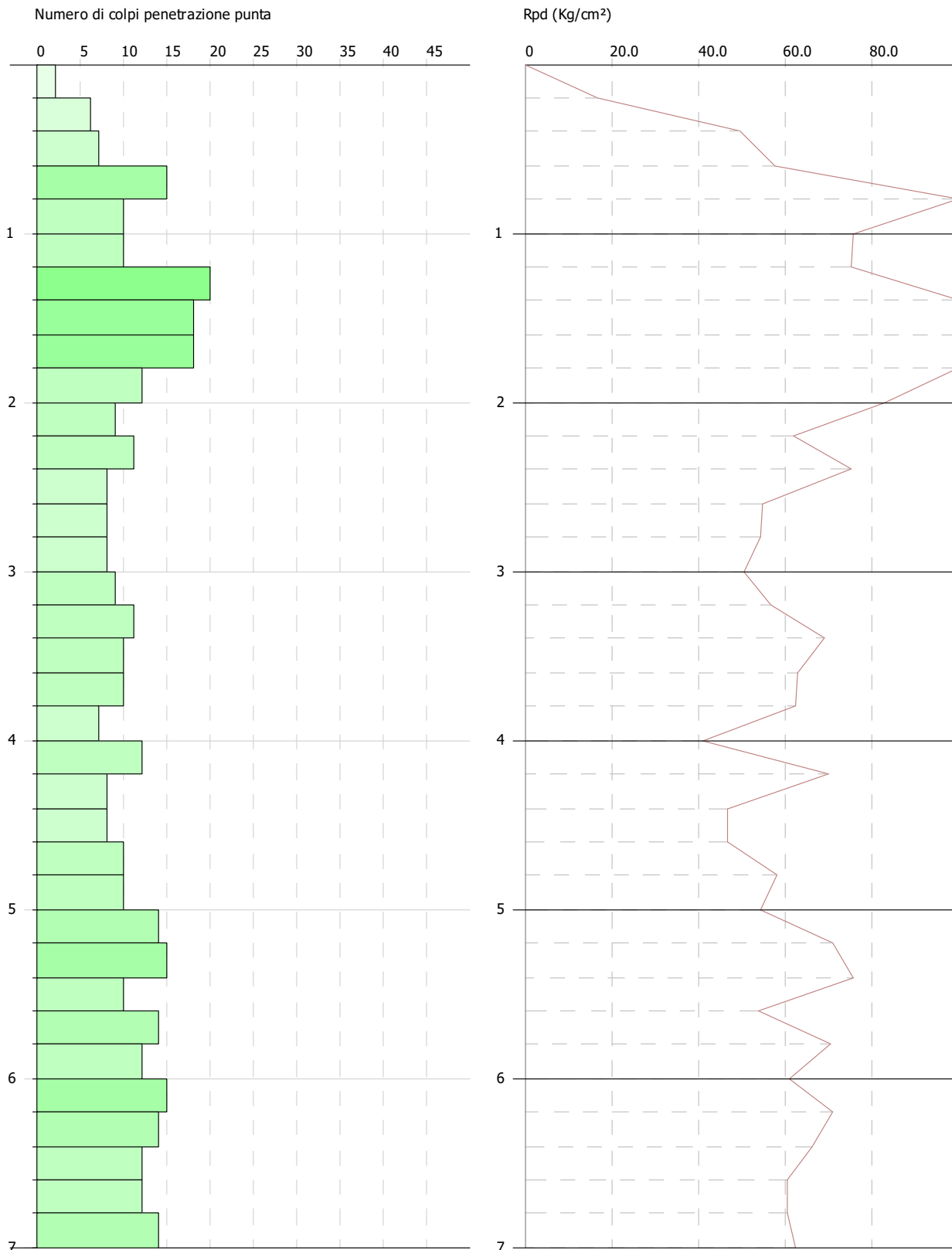
Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**
 Prova eseguita in data: **21/06/2022**
 Profondità prova: **7,00 mt**
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**
 Certificato **Nr. 2 del 22.06.2022**
 Codice commessa nr. **27/2022GT**
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**
 Comune di: **Brindisi (BR)**

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	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	6	0.851	49.61	58.31	2.48	2.92
0.60	7	0.847	57.62	68.02	2.88	3.40
0.80	15	0.793	115.64	145.77	5.78	7.29
1.00	10	0.840	75.49	89.90	3.77	4.49
1.20	10	0.836	75.18	89.90	3.76	4.49
1.40	20	0.783	140.76	179.80	7.04	8.99
1.60	18	0.780	126.15	161.82	6.31	8.09
1.80	18	0.776	125.62	161.82	6.28	8.09
2.00	12	0.823	82.61	100.36	4.13	5.02
2.20	9	0.820	61.73	75.27	3.09	3.76
2.40	11	0.817	75.17	92.00	3.76	4.60
2.60	8	0.814	54.48	66.91	2.72	3.35
2.80	8	0.811	54.29	66.91	2.71	3.35
3.00	8	0.809	50.58	62.55	2.53	3.13
3.20	9	0.806	56.72	70.37	2.84	3.52
3.40	11	0.803	69.10	86.00	3.45	4.30
3.60	10	0.801	62.62	78.18	3.13	3.91
3.80	10	0.798	62.42	78.18	3.12	3.91
4.00	7	0.796	40.90	51.38	2.05	2.57
4.20	12	0.794	69.91	88.08	3.50	4.40
4.40	8	0.791	46.47	58.72	2.32	2.94
4.60	8	0.789	46.35	58.72	2.32	2.94
4.80	10	0.787	57.78	73.40	2.89	3.67
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	14	0.733	70.98	96.84	3.55	4.84
5.40	15	0.731	75.85	103.76	3.79	5.19
5.60	10	0.779	53.89	69.17	2.69	3.46
5.80	14	0.727	70.43	96.84	3.52	4.84
6.00	12	0.775	60.86	78.48	3.04	3.92
6.20	15	0.724	71.00	98.10	3.55	4.91
6.40	14	0.722	66.11	91.56	3.31	4.58
6.60	12	0.770	60.46	78.48	3.02	3.92
6.80	12	0.769	60.33	78.48	3.02	3.92
7.00	14	0.717	62.27	86.83	3.11	4.34



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

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)
						





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

MODELLO GEOTECNICO DPSH N° 2

Prova eseguita in data: **22/06/2022**
 Profondità prova: **7,00 mt**
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**

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	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	8	0.843	65.56	77.74	3.28	3.89
1.00	8	0.840	60.39	71.92	3.02	3.60
1.20	8	0.836	60.14	71.92	3.01	3.60
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	8	0.830	59.66	71.92	2.98	3.60
1.80	8	0.826	59.43	71.92	2.97	3.60
2.00	8	0.823	55.08	66.91	2.75	3.35
2.20	8	0.820	54.87	66.91	2.74	3.35
2.40	8	0.817	54.67	66.91	2.73	3.35
2.60	8	0.814	54.48	66.91	2.72	3.35
2.80	8	0.811	54.29	66.91	2.71	3.35
3.00	8	0.809	50.58	62.55	2.53	3.13
3.20	8	0.806	50.41	62.55	2.52	3.13
3.40	8	0.803	50.25	62.55	2.51	3.13
3.60	8	0.801	50.09	62.55	2.50	3.13
3.80	8	0.798	49.94	62.55	2.50	3.13
4.00	8	0.796	46.74	58.72	2.34	2.94
4.20	8	0.794	46.61	58.72	2.33	2.94
4.40	8	0.791	46.47	58.72	2.32	2.94
4.60	8	0.789	46.35	58.72	2.32	2.94
4.80	10	0.787	57.78	73.40	2.89	3.67
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	10	0.783	54.16	69.17	2.71	3.46
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	10	0.779	53.89	69.17	2.69	3.46
5.80	12	0.777	64.52	83.01	3.23	4.15
6.00	12	0.775	60.86	78.48	3.04	3.92
6.20	12	0.774	60.72	78.48	3.04	3.92
6.40	12	0.772	60.59	78.48	3.03	3.92
6.60	12	0.770	60.46	78.48	3.02	3.92
6.80	12	0.769	60.33	78.48	3.02	3.92
7.00	12	0.767	57.10	74.43	2.85	3.72

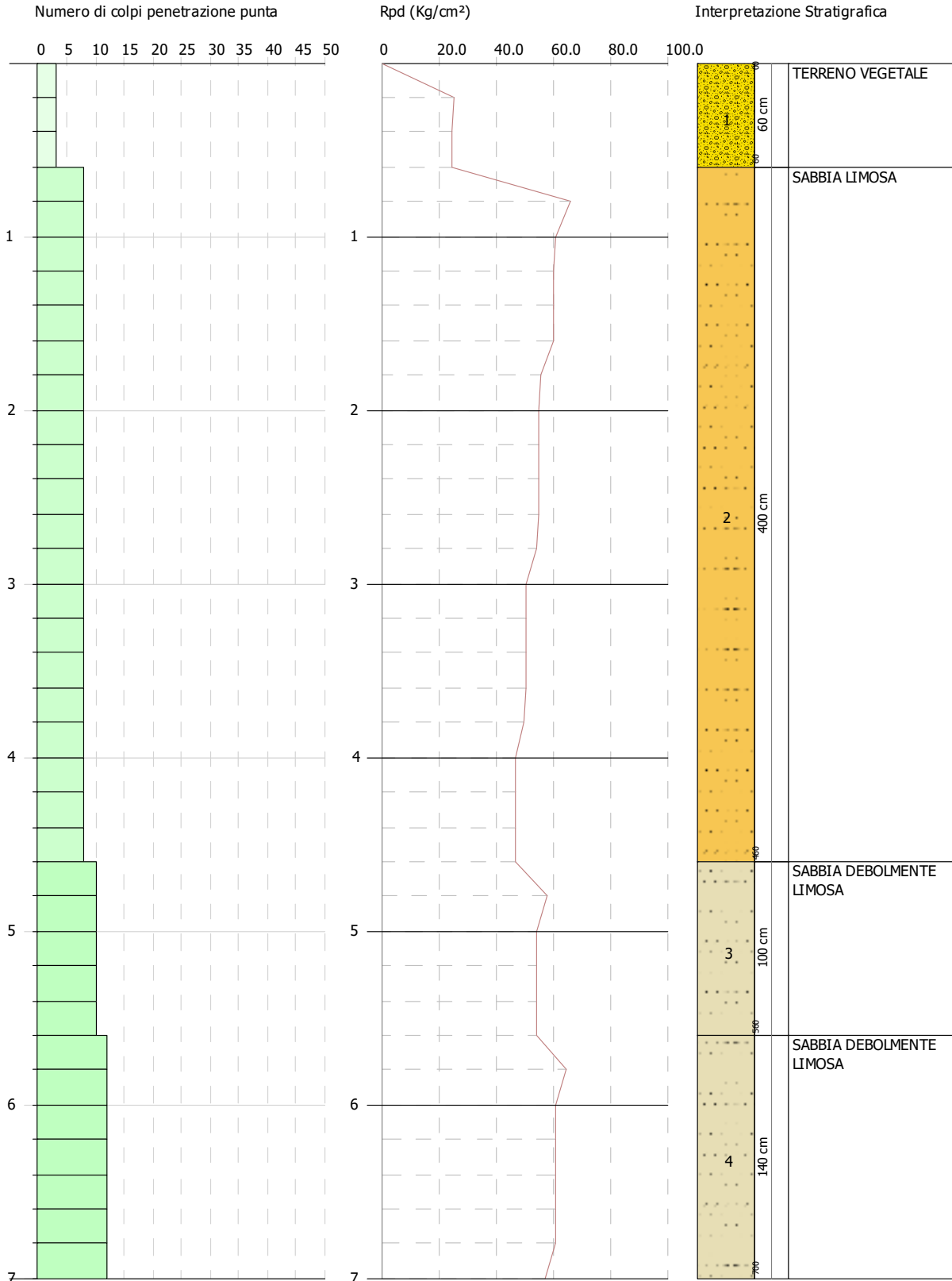


REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO N° 2

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 4,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	109,28 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	92,01 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,50 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,94 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$	[Navfac 1971-1982]	2,55
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 3)	4,60 ÷ 5,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	126,61 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	106,59 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$	[Navfac 1971-1982]	3,20
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 4)	5,60 ÷ 7,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	32°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	143,31 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	120,64 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,98 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$	[Navfac 1971-1982]	3,79
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)



DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 3

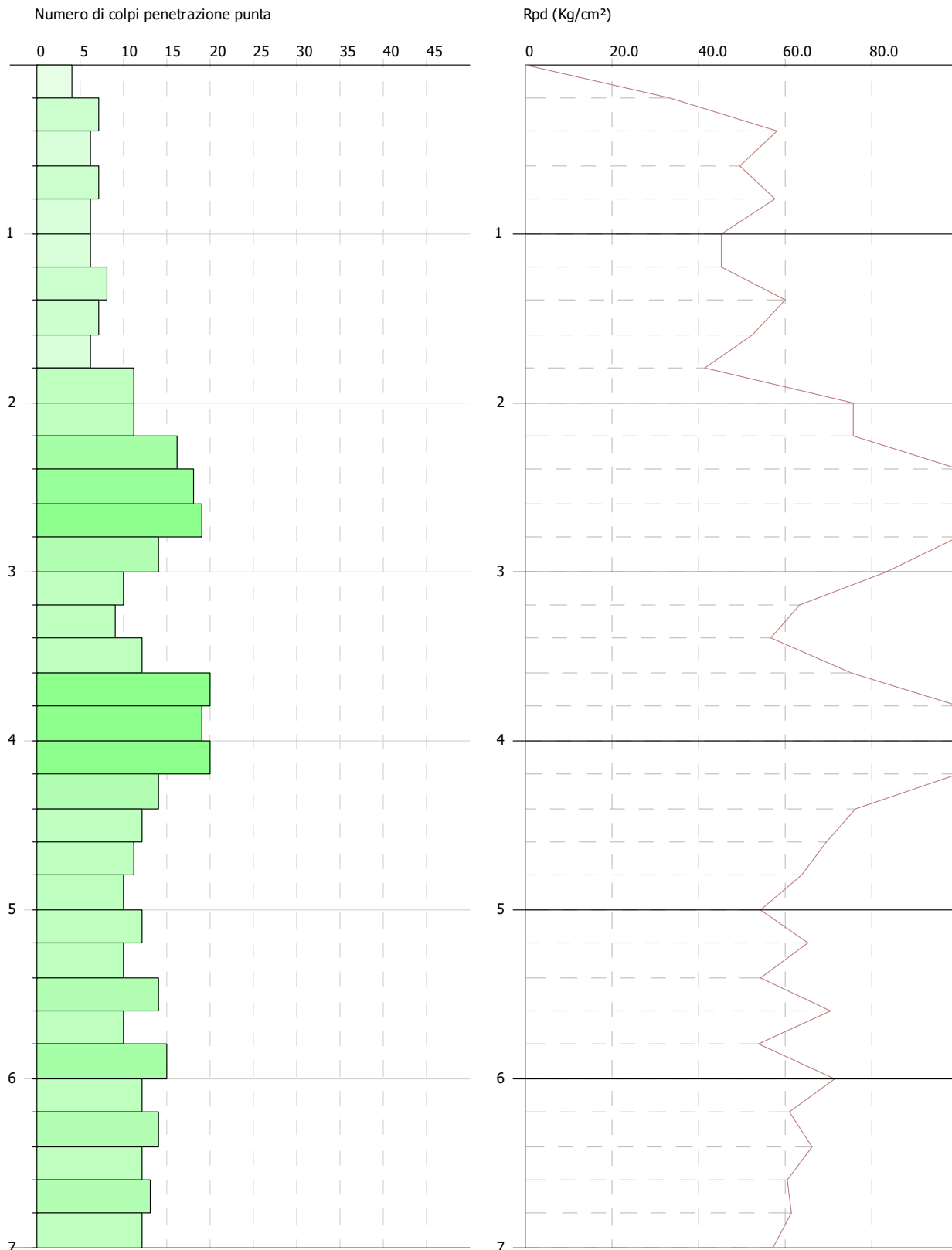
Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**
 Prova eseguita in data: **21/06/2022**
 Profondità prova: **7,00 mt**
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**
 Certificato **Nr. 2 del 22.06.2022**
 Codice commessa nr. **27/2022GT**
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**
 Comune di: **Brindisi (BR)**

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	33.22	38.87	1.66	1.94
0.40	7	0.851	57.87	68.02	2.89	3.40
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	7	0.843	57.37	68.02	2.87	3.40
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	11	0.823	75.73	92.00	3.79	4.60
2.20	11	0.820	75.45	92.00	3.77	4.60
2.40	16	0.767	102.65	133.81	5.13	6.69
2.60	18	0.764	115.05	150.54	5.75	7.53
2.80	19	0.761	120.99	158.90	6.05	7.95
3.00	14	0.759	83.04	109.46	4.15	5.47
3.20	10	0.806	63.02	78.18	3.15	3.91
3.40	9	0.803	56.53	70.37	2.83	3.52
3.60	12	0.801	75.14	93.82	3.76	4.69
3.80	20	0.748	117.03	156.37	5.85	7.82
4.00	19	0.746	104.04	139.47	5.20	6.97
4.20	20	0.744	109.18	146.81	5.46	7.34
4.40	14	0.741	76.19	102.76	3.81	5.14
4.60	12	0.789	69.52	88.08	3.48	4.40
4.80	11	0.787	63.55	80.74	3.18	4.04
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	12	0.783	64.99	83.01	3.25	4.15
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	14	0.729	70.61	96.84	3.53	4.84
5.80	10	0.777	53.77	69.17	2.69	3.46
6.00	15	0.725	71.17	98.10	3.56	4.91
6.20	12	0.774	60.72	78.48	3.04	3.92
6.40	14	0.722	66.11	91.56	3.31	4.58
6.60	12	0.770	60.46	78.48	3.02	3.92
6.80	13	0.719	61.11	85.02	3.06	4.25
7.00	12	0.767	57.10	74.43	2.85	3.72



REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

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)
						





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

MODELLO GEOTECNICO DPSH N° 3

Prova eseguita in data: **22/06/2022**
 Profondità prova: **7,00 mt**
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**

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	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	6	0.843	49.17	58.31	2.46	2.92
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	6	0.830	44.75	53.94	2.24	2.70
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	10	0.823	68.85	83.63	3.44	4.18
2.20	10	0.820	68.59	83.63	3.43	4.18
2.40	10	0.817	68.34	83.63	3.42	4.18
2.60	10	0.814	68.10	83.63	3.40	4.18
2.80	10	0.811	67.86	83.63	3.39	4.18
3.00	10	0.809	63.23	78.18	3.16	3.91
3.20	10	0.806	63.02	78.18	3.15	3.91
3.40	10	0.803	62.81	78.18	3.14	3.91
3.60	10	0.801	62.62	78.18	3.13	3.91
3.80	10	0.798	62.42	78.18	3.12	3.91
4.00	10	0.796	58.43	73.40	2.92	3.67
4.20	10	0.794	58.26	73.40	2.91	3.67
4.40	10	0.791	58.09	73.40	2.90	3.67
4.60	10	0.789	57.93	73.40	2.90	3.67
4.80	10	0.787	57.78	73.40	2.89	3.67
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	10	0.783	54.16	69.17	2.71	3.46
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	10	0.779	53.89	69.17	2.69	3.46
5.80	10	0.777	53.77	69.17	2.69	3.46
6.00	12	0.775	60.86	78.48	3.04	3.92
6.20	12	0.774	60.72	78.48	3.04	3.92
6.40	12	0.772	60.59	78.48	3.03	3.92
6.60	12	0.770	60.46	78.48	3.02	3.92
6.80	12	0.769	60.33	78.48	3.02	3.92
7.00	12	0.767	57.10	74.43	2.85	3.72

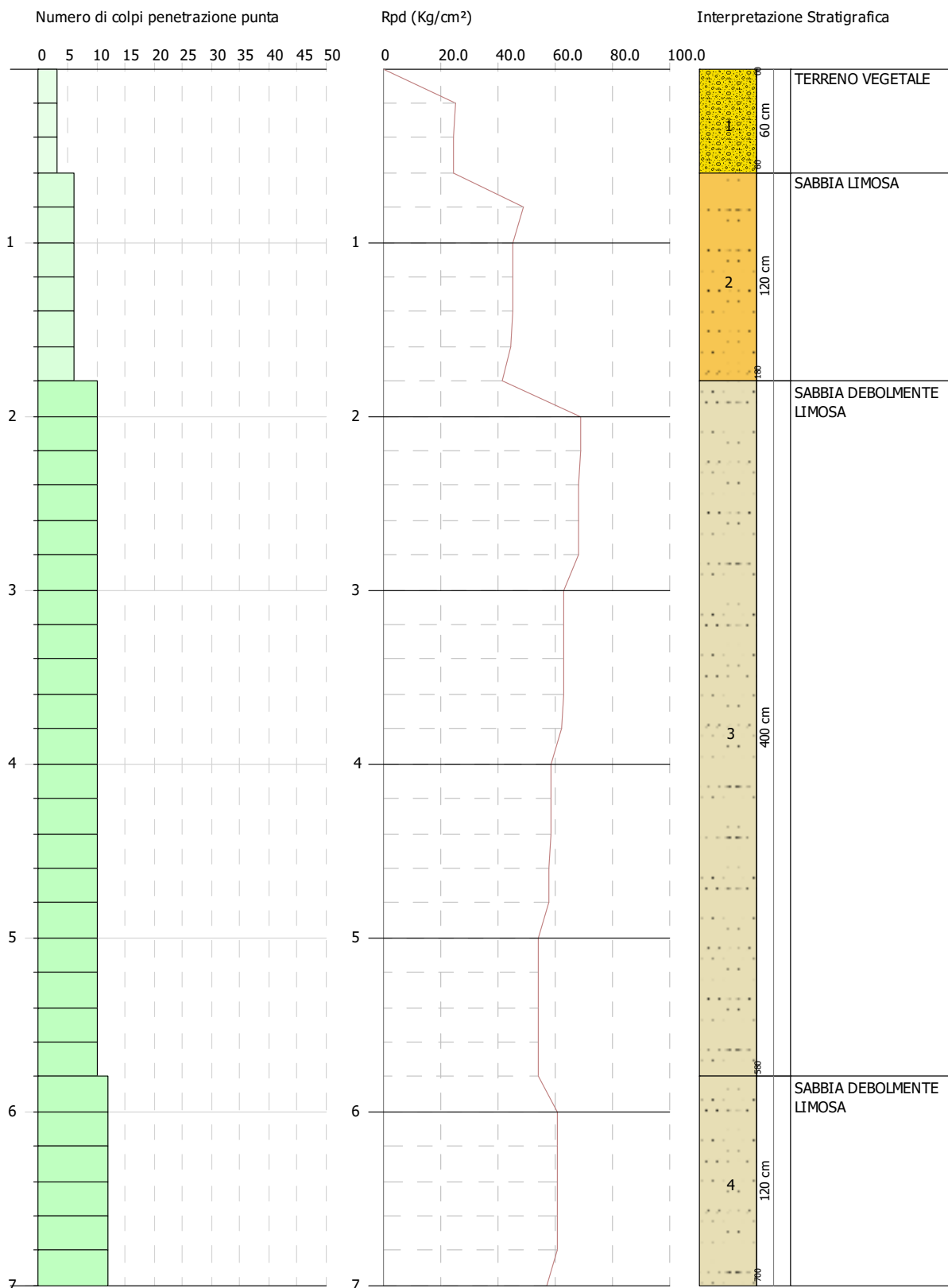


REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO N° 3

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
SABBIA LIMOSA (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 4,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	92,21 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	69,93 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,47 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	1,89
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 3)	4,60 ÷ 5,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	125,82 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	91,91 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	3,17
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA (ORIZZONTE 4)	5,60 ÷ 7,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	32°
		Modulo Elastico (di Young)	Schultze-Menzenbach	143,31 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	120,64 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,98 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	3,79
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA





REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(Software Dynamic Probing Ver.: 2022.27.5.1090)

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico affidatomi.

Brindisi, li 22.06.2022

IL TECNICO
(Timbro e firma)





PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) 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 a);
- avanzamento (penetrazione) d ;
- 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)	$M \leq 10$	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 $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ 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 $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ 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 $d = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $d = 20-30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$)
diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

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.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
d	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 (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

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

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

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 immersione $d = 1$ 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

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

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) $s > 15$ 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 t 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/cm²) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.



- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm q) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm q), 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/cm q)-, 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.