

# REGIONE TOSCANA

Provincia di Grosseto (GR)

COMUNE DI GROSSETO

## PROGETTO DI IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 44MW E POTENZA DI PICCO PARI A 45,78 MWp



**ARCA.LAB S.R.L.**

Largo della Fiera 21 - Venturina Terme (LI)  
tel. 0565 855314  
mail: [info@bernardinieiacovazzi.com](mailto:info@bernardinieiacovazzi.com)  
[www.bernardinieiacovazzi.com](http://www.bernardinieiacovazzi.com)



**D.R.E.A.m. ITALIA Soc. Coop. Agr. For.**

Via Garibaldi, 3 - Pratovecchio Stia (AR)  
tel. 0575 529514  
mail: [ar@dream-italia.it](mailto:ar@dream-italia.it)  
[www.dream-italia.it](http://www.dream-italia.it)



**Tuscany Engineering**

Via Aldo Rossi 31 - Montecatini Terme (PT)  
tel. 0572 74912  
mail: [info@tsng.it](mailto:info@tsng.it)  
[www.tuscanyengineering.com](http://www.tuscanyengineering.com)

FIRMA/Signature:

FIRMA/Signature:

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

FIRMA/Signature:

00/00/00	00/00/00	00/00/00	00/00/00	00/00/00	DATA/Date	COMMITTENTE/Purchaser: <b>SOLEROSELLE S.R.L.</b>	LOCALITA'/Place: <b>LOCALITA' POGGIONE (GR)</b>	COMMESSA/P.o.: <b>24-AV-001</b>
----------	----------	----------	----------	----------	-----------	---	--	------------------------------------

ESEGUITA	ESEGUITA	ESEGUITA	ESEGUITA	ESEGUITA/Carriè/out	TITOLO/Title: <b>RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA</b>					
3 MODIFICA3	2 MODIFICA2	1 MODIFICA1	0 PRIMA_EMISSIONE	N° MODIFICA/Modified	EMESSO/Issue	NOME/Name	DATA/Date	DISEGNO NUMERO/Drawing number	<b>24-AV-001-A03</b>	0
					VERIFICATO/Designed	Bizzarri	24/06/24			
					CONTROLLATO/Checked	Bizzarri	24/06/24			
					SCALA/Scale	N.A.	26/06/24			
								Anno Comessa Gruppo Tavola		
Reproduction and divulgation forbidden without written permission of the owner.										REV

## Sommario

1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
2.	PREMESSA.....	4
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'AREA VASTA.....	5
4.	UBICAZIONE, MORFOLOGIA, GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO .....	10
5.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	15
6.	INQUADRAMENTO DELL'AREA ALL'INTERNO DEGLI SU COMUNALI E DI PIANO.....	17
6.1.	PERICOLOSITÀ E CRITERI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....	17
6.2.	PERICOLOSITÀ E CRITERI DI FATTIBILITÀ IDRAULICA .....	19
6.3.	PERICOLOSITÀ E CRITERI DI FATTIBILITÀ SISMICA .....	21
7.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	22
8.	CARATTERI GEOLOGICI, STRATIGRAFICI E LITOLOGICI .....	23
8.1.	ELABORAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI GEOTECNICI .....	25
8.2.	CENNI TEORICI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT .....	31
9.	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (NTC 2018).....	36
10.	MODELLO SISMICO SITOSPECIFICO .....	37
10.1.	CLASSIFICAZIONE SISMICA COMUNALE.....	37
11.	PARAMETRI SISMICI SITOSPECIFICI (NTC 2018).....	38
11.1.	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	38
11.2.	CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	40
11.3.	PARAMETRI SISMICI SITOSPECIFICI .....	40
11.4.	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (NTC 2018).....	43
12.	CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE RIGUARDO L'ELETTRODOTTO .....	44
13.	CONCLUSIONI.....	44

## 1. Normativa di riferimento

La seguente relazione tecnica è stata redatta ai sensi della seguente disciplina pianificatoria sovracomunale e normativa regionale e nazionale:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture
- Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- Regolamento Forestale della Toscana D.P.G.R. 05/05/2015 - n. 53/r
- Legge Regione Toscana n° 41 del 24/07/2018
- DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
- Allegato 1 – art.5 Regolamento 1R/2022 “Linee guida sulle tipologie e classi d’indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell’art. 3 del reg. 1/r/2022“;
- Strumenti urbanistici Comunali.

## 2. Premessa

La presente relazione geologica ha per oggetto l'esame dei terreni a supporto al progetto di un impianto agrivoltaico da realizzarsi nel comune di Grosseto in località Poggione (coordinate 42°47'04.5"N 11°08'19.7"E). L'impianto sarà costituito da un numero complessivo di pannelli pari a 64480, da installare su strutture metalliche con un sistema ad inseguimento solare monoassiale Est-Ovest (con asse di rotazione +/- 55° nord-sud azimuth 12° circa).

L'impianto avrà una potenza nominale  $P_n = 44,00$  MW e una potenza di picco  $P_p = 45,78$  MWp. Le file dei pannelli avranno un interasse pari a 6m per garantire la coltura e la lavorazione del terreno con macchine agricole. La superficie complessiva dell'intervento risulta pari a circa 70 Ha.

All'interno dell'area sarà realizzata una sottostazione elettrica (SSE) per l'installazione delle apparecchiature di protezione e controllo dell'impianto. In particolare all'interno della SSE sarà installato un trasformatore elevatore da 30 a 132kV.

Il collegamento alla Rete Nazionale avverrà in AT (132kV) mediante un elettrodotto interrato fino a raggiungere la cabina primaria denominata Grosseto Nord dove è prevista l'installazione di un nuovo stallo AT da collegare a sbarre esistenti.

Richiedente: Società: SOLERSELLE S.R.L.



*Ubicazione area oggetto di studio*

In ordine alle normative vigenti con particolare riguardo al D.M. 17/01/18 Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), si è giunti alla:

- caratterizzazione e modellazione geologica del sito (cfr. § 6.2.1 NTC18);

- caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo (cfr. § 6.2.2. NTC18);
- definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2 NTC18);
- condizioni geomorfologiche del sito;
- condizioni idrologiche del sito.

Mediante le seguenti indagini di superficie e geognostiche:

- Un rilievo geologico di superficie,
- Un rilievo topografico dell'area di progetto;
- L'esecuzione prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- L'esecuzione di saggi con l'ausilio di un pescatore meccanico;
- Esecuzione di prove sismiche MASW;
- La raccolta materiale bibliografico (carte tematiche allegate agli SU Comunali)

Scopo del lavoro è la formulazione di un giudizio di fattibilità geologica e geotecnica delle opere in progetto, in accordo con le disposizioni di legge vigenti. <https://www.regione.toscana.it/-/piano-di-indirizzo-territoriale-con-valenza-di-piano-paesaggistico>

### 3. Inquadramento geologico d'area vasta

Al fine di dare inquadramento, divulgativo, dell'area oggetto d'intervento all'interno di un comprensorio di massima ampiezza si riporta quanto pubblicato all'interno del PIT redatto dalla Regione Toscana (Ambito 18 Maremma Grossetana): Per ulteriori e più esaustive indicazioni si rimanda al sito regionale: <https://www.regione.toscana.it/-/piano-di-indirizzo-territoriale-con-valenza-di-piano-paesaggistico>;

#### **Strutturazione geologica e geomorfologica**

*L'evoluzione geologica dell'ambito è inquadrabile nella storia geologica del settore dell'Appennino a cui appartiene la Toscana meridionale. Nell'ambito sono riconoscibili molti dei motivi principali riguardanti la storia tettonica e la storia deposizionale delle principali unità appenniniche, in particolare quelli riconducibili all'evoluzione del sistema della pianura costiera.*

*La successione e l'assetto attuale delle unità formazionali è il prodotto di una lunga e complessa storia geologica: in questo settore si ritrovano strutture e motivi tettonici di fasi compressive e distensive, affiorano le unità più antiche e quelle più recenti e si trovano depositi ed apparati vulcanici, come corpi ignei intrusivi, a cui si associano diffuse ed importanti mineralizzazioni, e attività geotermiche. L'età delle Formazioni*

*va dal Paleozoico al Quaternario, ma con una successione irregolare, sia per deposizione disomogenea, discontinua e con serie stratigrafiche ripetute, e soprattutto per sovrapposizione dei complessi eterogenei per motivi tettonici. A tal proposito, proprio nell'area di Grosseto si può osservare che le formazioni dei complessi Liguri Cretaceo-Eocenici sono sovrapposti proprio sulle unità più antiche della serie Toscana, incompleta (Serie Toscana ridotta), dove affiora anche il basamento del Verrucano. Quest'ultimo a testimonianza del completo denudamento tettonico. Anche laddove affiora estesamente la formazione del Macigno non si rileva la serie completa della Falda Toscana. Formazioni carbonatiche e rocce appartenenti al Verrucano costituiscono i rilievi della dorsale dei Monti dell'Uccellina e di Poggio Moscona.*

*Nei rilievi a nord di Grosseto (Monti Leoni, terminazione meridionale della Dorsale Medio Toscana), le unità strutturali affioranti appartengono al substrato paleozoico delle Unità Metamorfiche Toscane, a queste sono sovrapposti i sedimenti evaporitici del triassico superiore ed i sedimenti carbonatici da Cretacico al Triassico superiore delle unità toscane. Nel resto dell'ambito affiorano lembi delle Unità Liguri (tra cui le ofioliti) e delle Unità Sub-liguri. Particolarmente importante è la struttura di faglia normale che ha determinato un notevole abbassamento del bordo occidentale della pianura che corre lungo i versanti dei rilievi a nord di Grosseto, dal Bottegone fino ai rilievi di Roccastrada. Dopo la formazione delle principali dorsali, dal Pliocene al Quaternario, si ebbero fasi di fenomeni distensivi e compressivi, con ingressioni e regressioni marine. Le ultime fasi hanno contribuito all'attuale struttura ed assetto geo-morfologico dell'area, anche con sedimentazioni neoauctone che costituiscono le colline a bassa energia, argillose, sabbiose e ghiaioso ciottolose, che bordano la pianura (Bacino di Baccinello – Cinigiano, Bacino di Grosseto e sedimenti neogenici nel bacino dell'Albegna, con importanti accumuli lignitiferi, come a Baccinello).*

*Successivamente alla messa in posto delle unità e alla formazione dei complessi collinari e montuosi, intensi processi morfogenetici modellarono i rilievi, con l'incisione dei versanti, l'erosione delle pendici ed il trasporto notevole dei detriti a valle. La sedimentazione intensa ha determinato la trasformazione degli ambienti di transizione con il mare, con l'evoluzione delle lagune, delle foci fluviali, delle paludi, dei*

*cordoni litorali e dunali, con processi attivi fino in epoca storica e recente. Gran parte dell'ambito è pertanto costituito dalla pianura grossetana, una pianura alluvionale, formata a partire dal Pleistocene superiore (1,5 milioni di anni fa), grazie all'apporto dei sedimenti del fiume Ombrone nel grande golfo che si era creato in conseguenza delle trasgressioni legate alle fasi interglaciali. La formazione di cordoni dunali lungo il litorale in epoca etrusca, favorì la creazione di una laguna che in tempi più recenti si trasformò in un grande lago (lago Prile),*

*che successivamente andò interrandosi creando zone paludose. Dalla fine del XVI secolo i Lorena iniziarono ad affrontare il problema del risanamento delle zone paludose divenute veicolo di malaria: la prima grande bonifica venne realizzata poi nel XVIII secolo ad opera di Ximenes, incaricato dal granduca Pietro Leopoldo Lorena. Residui delle antiche aree impaludate si riconoscono ancora in aree lungo la costa: alcune zone umide,*

*de, come la Diaccia Botrona, conservano ancora caratteri originari del territorio maremmano un tempo occupato dall'esteso lago Prile che si formò circa 12.000 anni fa. Altri settori del litorale conservano memoria dell'evoluzione della costa come nel caso dei cordoni dunali a cavallo della Bocca di Ombrone i più antichi dei quali risalgono al VII secolo a.C. o della paleo folesia di Collelungo all'interno del Parco dell'Uccellina.*

*Attualmente il delta è in erosione: il processo è iniziato nella seconda metà del XIX secolo, dopo una fase secolare di accrescimento. L'inizio del processo erosivo è da mettere in relazione con l'inizio delle opere di bonifica per colmata che hanno diminuito l'apporto di sedimenti fluviali alla costa. Successivamente alla fine della bonifica, al deficit sedimentario del litorale hanno contribuito le opere di sistemazione dei versanti e dell'alveo e, in modo determinante, l'estrazione di inerti dai corsi d'acqua.*

*L'erosione costiera sta, inoltre, contribuendo all'intrusione marina nella falda acquifera costiera. Tale fenomeno è aggravato dall'aumento di prelievi dai pozzi, dall'aumento dell'uso dei fertilizzanti in superficie e dalla subsidenza che interessa la pianura maremmana.*

*Nell'ambito sono inoltre presenti diffuse ed importanti mineralizzazioni, ed attività geotermiche. Le principali sono ubicate al margine della Dorsale Medio Toscana nei pressi di Pietratonda (sorgente Pietratonda) e ai piedi degli affioramenti carbonatici di Poggio di Roselle (Terme di Roselle). Altre sorgenti geotermali si trovano nell'area di Monticello Amiata (sorgenti Lavatoio, Fonte Triaco e Acqua Forte); nella stessa area sono presenti fenomeni di origine vulcanica quali manifestazioni di gas. Nell'ambito sono comprese anche le Formiche di Grosseto che, assieme a Giannutri, costituiscono la parte emersa della dorsale GFR (Giannutri - Formiche di Grosseto), che separa il bacino di Punta Ala dal bacino dell'Uccellina e dal bacino delle Formiche.*

#### **Descrizione strutturale**

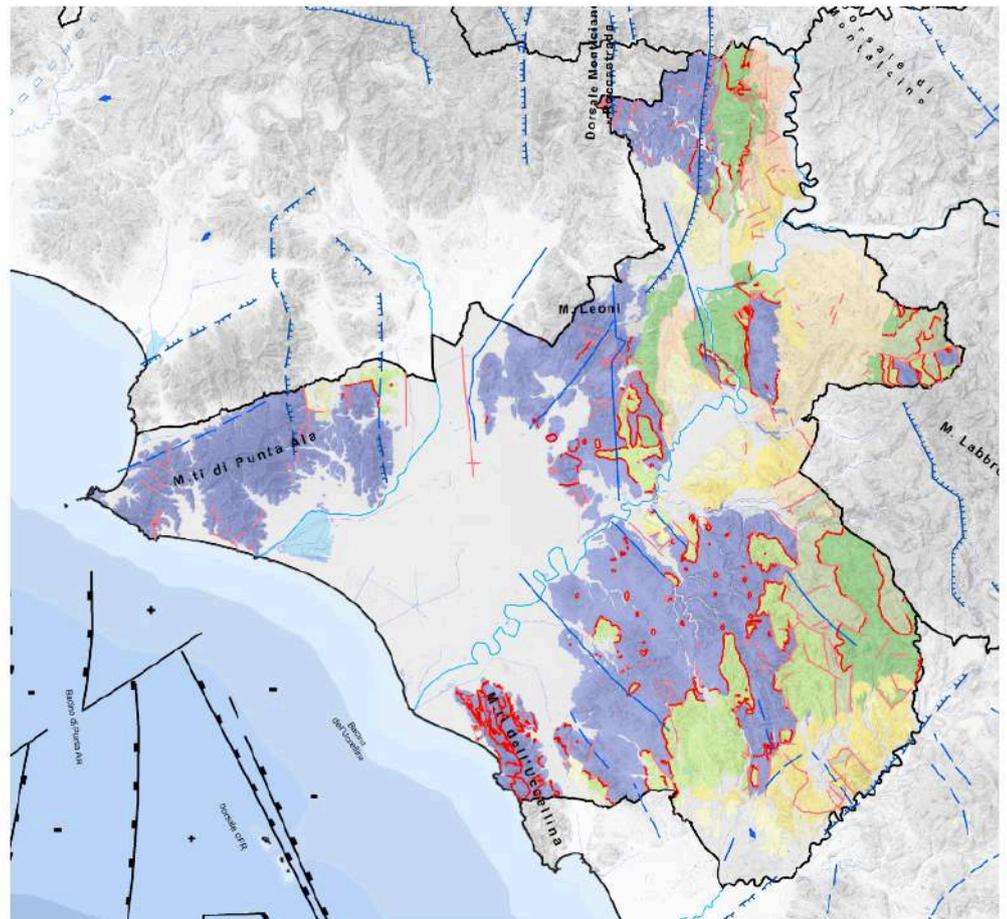
*Gli assi dominanti del complesso territorio dell'ambito sono rappresentati dalla costa e dal Fiume Ombrone. Sia la costa che le valli fluviali presentano un andamento articolato, segnato dai diversi sistemi di rilievo nell'ambito, dei quali costituiscono il collante.*

*Gran parte della costa dell'ambito è bassa, prodotta dai fenomeni di subsidenza differenziale che tanta parte hanno avuto nella storia geologica del territorio. Solo in corrispondenza dei rilievi del Poggio Ballone – Gavorrano e dei Monti dell'Uccellina si ha una costa alta, rocciosa. Sia nella pianura principale, dell'Ombrone – Bruna, sia nel Pian d'Alma la costa bassa si presenta con la classica struttura di una costa subsidente. La fascia di Costa a dune e cordoni assume notevole profondità nella pianura principale, ed è seguita verso terra da aree di Depressioni retrodunali, in buona parte bonificate ma ancora ospitanti aree umide, in particolare la Diaccia Botrona, residuo della colmata dell'antico Lago Prile; in questo sistema sono presenti acque salmastre, sia in superficie che in profondità. Salvo che lungo l'Ombrone, la pianura costiera è formata da ampie aree di Bacini di esondazione, anch'esse dal drenaggio ristrutturato dall'uomo. Nel bacino della Bruna, particolarmente subsidente, questo sistema si estende molto nell'entroterra, proseguendo nell'ambito delle Colline Metallifere. L'origine del termine Maremma (dal latino maritima, o dal castigliano marismas, ossia palude) riassume in breve i caratteri strutturali di questo settore di territorio toscano affacciato sul mare, un tempo sede di acquitrini e paludi selvagge.*

*Sebbene il bacino dell'Ombrone abbia caratteri di maturità, la valle risente comunque di forti controlli strutturali; tre grandi soglie la dividono praticamente in quattro sezioni, di cui tre incluse parzialmente o totalmente nell'ambito. Dopo aver superato una prima soglia, il fiume scorre in una sezione di valle in cui segna il confine con l'ambito delle Colline senesi. Qui il fiume meandreggia attraverso un ampio Fondovalle; terrazzi pianeggianti di Margine inferiore si trovano in destra idrografica, e fanno parte dell'ambito a valle della confluenza con l'Orcia. L'Ombrone supera quindi la soglia di Campagnatico con chiari fenomeni di sovrapposizione e antecedenza che lo portano a scorrere in una valle a V rettilinea, scavata nelle Unità Liguri. La successiva sezione di valle ampia, scavata nei sedimenti neo-quaternari, mostra in destra chiari segni di meandri abbandonati, probabilmente per azione antropica, ed ha caratteri di Pianura pensile.*

**Legenda - Schema Strutturale di ambito**

- + Allo strutturale
  - +? Allo strutturale (dato incerto)
  - Basso strutturale
  - ↕ zona in abbassamento differenziato. La freccia indica la parte più abbassata
  - ↕ zona in sollevamento connessa con la messa in posto di masse magmatiche
  - ↕ zona in sollevamento differenziato. La freccia indica la parte meno sollevata
- Principali lineamenti tettonici**
- faglia principale
  - faglia principale (certa o probabile) a prevalente rigetto verticale (trattini indicano la parte ribassata)
  - faglia principale con caratteristiche incerte
  - fascia trasversale di deformazione e/o discontinuità
  - fascia trasversale di deformazione o discontinuità certa o probabile
  - sovrascorrianti e contatti tettonici (fonte Continuum geologico regionale)
  - faglie (fonte Continuum geologico regionale)
- Depositi neogenici e quaternari**
- Depositi del Quaternario sup.
  - Depositi continentali e costieri pliocenici e quaternari
  - Rocce magmatiche neogeniche e quaternarie
  - Depositi marini pliocenici e quaternari
  - Depositi lacustri e lagunari evaporitici e post-evaporitici messiniani
  - Depositi marini pre-evaporitici messiniani
  - Depositi lacustri del Tortoniano inf.
  - Depositi marini del Miocene inf.-medio ("Epiligure trennesi" aut.)
- Successione Epiligure appenninica**
- Successione Epiligure appenninica
- Unità con metamorfismo di alta pressione**
- Unità ad affinità oozenica (Unità di Cala Grande)
  - Unità ad affinità toscana (Unità di Cala Piatti)
- Dominio Ligure**
- Dominio Ligure interno
  - Dominio Ligure esterno
  - Dominio Sub-Ligure
- Dominio Toscano**
- Dominio Toscano
- Dominio Umbro - Marchigiano**
- Dominio Umbro Marchigiano


**Ubicazione area oggetto di studio (cerchio rosso)**

Dopo l'attraversamento della soglia di Istia d'Ombrone, il fiume sviluppa infine un completo sistema di forme di pianura. Sulla destra, una grande conoide a basso angolo, terrazzata, ospita Grosseto ed ha caratteri di Alta pianura; il corso procede con andamento fortemente meandriforme, e produce una fascia significativa di Pianura pensile che si spinge quasi fino al mare, circondata da Bacini di esondazione. L'Ombrone sfocia a mare formando un delta poco sviluppato, contraddistinto da tomboli sabbiosi e ampie depressioni umide che occupano le zone retroduali.

Estese superfici terrazzate circondano la valle dell'Ombrone, testimoniando antiche pianure. Verso sud, i terrazzi si fondono con la base delle colline a formare superfici di Margine antiche, dove i suoli fortemente evoluti testimoniano la presenza di antiche dune e l'afflusso di depositi dalle colline; questo sistema è in relazione con analoghe aree situate sulla destra della valle dell'Albegna. Verso nord, i terrazzi hanno forme più pianeggianti, formando superfici di Margine inferiore, in continuità con la valle della Bruna, che hanno già richiesto opere di drenaggio in conseguenza della subsidenza.

I sistemi di rilievo che contornano le valli e le pianure dell'ambito sono particolarmente complessi, e appartengono a tre tipologie principali.

I rilievi più antichi sono resti delle prime fasi della formazione dell'Appennino; fortemente erosi e forse in parte riesumati, affiorano suddivisi in tre porzioni. All'estremità nord dell'ambito, si estende il termine meridionale della "Dorsale Medio-Toscana" che, modellata sulle formazioni metamorfiche del basamento, ha caratteri di Montagna antica sui terreni silicei del basamento al confine con l'ambito Colline Senesi, per poi addolcirsi nella Collina sui terreni silicei del basamento. Questo sistema ricompare, oltre la depressione di Paganico, nelle colline di Montepescali - Batignano; qui, il sistema si abbassa ulteriormente, e verso sud compaiono porzioni residue di calcari toscani, a formare frammenti di Collina calcarea separati da depositi alluvionali antichi e recenti, chiaro indizio della subsidenza. La terza porzione di antichi rilievi corrisponde ai Monti dell'Uccellina, divisi tra Collina sui terreni silicei del basamento, verso l'interno, e Collina calcarea verso il mare; anche qui, frammenti di Collina calcarea "annegati" da aree di Margine compaiono nell'interno. Il paesaggio dei rilievi antichi è aspro e prevalentemente boscoso, solo nella zona di Montepescali i centri abitati si spingono sui bordi dei sistemi collinari.

Il secondo tipo di rilievi dell'ambito è invece recente, ed è legato agli eventi magmatici del Quaternario, raggruppati sotto la definizione di Provincia Magmatica Toscana. Se i vulcani si trovano negli ambiti adiacenti, i sollevamenti legati alle spinte magmatiche endogene sono ben presenti. Il principale è il massiccio di Poggio Ballone, che rappresenta la parte meridionale della struttura nota come antiforme di Gavorrano, espressione superficiale di un grande duomo magmatico che non è mai emerso alla superficie. Si tratta essenzialmente di un'unica massa di Macigno, fortemente fessurata ed incisa da valli strette e profonde con versanti ripidi e boscosi, a formare un sistema di Collina a versanti ripidi sulle Unità Toscane. Il sollevamento recente è testimoniato dalla continuità e potenza dei depositi che lo circondano, con caratteri di Margine testimoniati dall'antichità dei tipici suoli. Caratteristiche simili si ritrovano all'estremità nord-orientale dell'ambito, nella zona di Monticello, che rappresenta l'estremità settentrionale del massiccio di Roccalbegna, tipico dell'ambito Amiata. Qui si ritrovano la Montagna silicoclastica, la Montagna su unità da argillitiche a calcareo-marnose, la Collina a versanti dolci sulle Unità Toscane e la Collina sulle Unità Liguri, a versanti dolci o a versanti ripidi.

La maggior parte del territorio collinare dell'ambito ha caratteri più dolci, e risulta da processi di sollevamento recente meno intensi o di subsidenza differenziale, altrettanto recenti. Questo è particolarmente il caso della parte sud dell'ambito, un esteso territorio collinare costituito dalla dorsale di Scansano e dai suoi contrafforti, verso ovest e verso nord. Si tratta di un paesaggio unico di Collina a versanti dolci, in parte sulle Unità Liguri ma soprattutto sulle Unità Toscane. Le forme sono uniche, rappresentate da ampie superfici sommitali piatte, sensibilmente erose e dissecate nella dorsale ma raccordate da dolci ondulazioni altrove, risultato di una evoluzione profondamente diversa da quella che ha interessato queste stesse formazioni nella maggioranza del territorio toscano, e ancora in parte da chiarire.

Si tratta di un paesaggio dominato dai seminativi, in parte trasformati in pascoli, con i boschi ristretti ai brevi versanti ripidi o ad aree la cui netta delimitazione indica specifiche condizioni storiche di proprietà e gestione. Gli insediamenti sono limitati, senza dubbio per la carenza di risorse idriche, e localizzati sulle sommità.

Altri significativi nuclei di Collina a versanti dolci si trovano tra Istia d'Ombrone e Batignano, nella zona di Campagnatico e tra la Dorsale Medio Toscana e l'Ombrone, con forme più tipiche.

I bacini neo-quaternari maremmani sono più frammentati che altrove, ma sono comunque ben rappresentati. Il più importante è il bacino di Cinigiano – valle del Trasubbie, prevalentemente modellato nel sistema della Collina dei bacini neo-quaternari a litologie alternate, con zone di argille dominanti verso nord e l'Orcia e zone di sabbie dominanti verso ovest e l'Ombrone. Aree di Collina dei bacini neo-quaternari seguono, in modo irregolare, la destra idrografica dell'Ombrone, mentre un'area compatta si trova sulla destra dell'Albegna, al limite meridionale dell'ambito.

Le ampie estensioni di Collina dei bacini neo-quaternari a sabbie dominanti nel bacino del torrente Gretano, a valle di Civitella Marittima, sono costituite da depositi quaternari anche recenti, ma eccessivamente erosi per poter essere definiti come Margine.

All'ambito appartengono anche i piccoli isolotti delle Formiche di Grosseto, al largo della Bocca d'Ombrone. Costituite dal Calcare Massiccio della Falda Toscana, le Formiche (Formichino, Formica Media e Formica rande) costituiscono, assieme a Giannutri, la parte emersa della dorsale che separa il bacino di Punta Ala dal bacino dell'Uccellina. Le isole presentano sommità spianate dall'erosione marina e coste rocciose, in una manifestazione "marina" del sistema della Collina Calcarea.

#### **Dinamiche di trasformazione**

Il territorio della Maremma Grossetana è storicamente condizionato dall'evoluzione paleogeografica delle aree pianeggianti e costiere, che in passato ospitavano aree paludose malsane. Gli insediamenti si sono sviluppati prevalentemente in posizioni elevate; importanti zone archeologiche, torri e castelli sono situati su colli: si pensi alle aree archeologiche di Roselle e Vetulonia. Solo le bonifiche, iniziate dai Lorena nel XVIII secolo e proseguite nei secoli successivi, hanno permesso a espansione urbanistica e agricoltura di spostarsi nelle aree di pianura.

La bonifica ha profondamente modificato il paesaggio delle pianure, sostituendo i paesaggi umidi oggi visibili solo nelle aree tutelate con un paesaggio rurale completamente nuovo, anch'esso ormai storico.

Le estese aree di Costa a dune e cordoni sono state impiantate con estese pinete, oggi spesso monumentali, che hanno contribuito alla limitazione dell'insediamento.

L'attività mineraria ed estrattiva è stata storicamente una componente importante del paesaggio geomorfologico, ma è oggi ridotta ad attività residuali e testimonianze. Lo spostamento delle attività agricole verso le pianure bonificate ha contribuito all'inizio precoce dell'abbandono delle zone collinari, la cui lunga durata è visibile, ma conosce una parziale inversione a causa della tendenza ad espandere la coltura della vite, che interessa le aree di Margine e le aree di Collina dei bacini neo-quaternari con caratteristiche adatte.

Comune di GROSSETO

Il territorio dell'ambito, in conseguenza della sua struttura geologica, è articolato in un complesso mosaico di paesaggi, dove mare, collina e montagna si uniscono a creare un ambiente unico. L'articolazione, fisiografica paesaggistica e in genere degli spazi, costituisce un valore in se, rinforzato dalla permanenza di buoni caratteri di naturalità e dalla limitata pressione insediativa.

Alcune zone umide, come la Diaccia Botrona, conservano ancora caratteri originari del territorio maremmano, un tempo occupato dall'esteso lago Prile che si formò circa 12000 anni fa. Altri settori del litorale conservano memoria dell'evoluzione della costa come nel caso dei cordoni dunari a cavallo della Bocca di Ombrone, i più antichi dei quali risalgono al VII secolo A.C., o della falesia relitto di Colle-

lungo, all'interno del Parco dell'Uccellina. Nella falesia si aprono diverse grotte segnalate per il loro interesse geologico e naturalistico (geositi). Nella stessa zona è presente una delle dune più grandi d'Italia, la duna di Collelungo (geosito).

Ampie zone del territorio, soprattutto lungo la costa sono incluse in aree protette e parchi naturali. Il SIC-SIR dei Monti Leoni tutela un'ampia zona ai margini meridionali della Dorsale Medio Toscana e sede degli omonimi rilievi: il sito presenta un'elevata eterogeneità di ambienti naturali, in gran parte ricoperti di boschi, impostati sulle rocce metamorfiche del Verrucano.

Al confine con l'ambito "Val d'Orcia e Val d'Asso" l'ambito comprende in parte il SIR del Basso corso del Fiume Orcia e il SIC-SIR del Basso Merse: queste zone tutelano ambienti fluviali con un buon grado di conservazione ma minacciati da attività antropiche nelle vicinanze come le attività estrattive.

Il SIR "Medio corso del Fiume Albegna" include parte della pianura solcata dall'omonimo fiume al confine con l'ambito Bassa Maremma e ripiani tufacei. L'ambiente di questo SIR presenta uno dei migliori esempi toscani di esteso tratto fluviale con alveo ampio, greti ghiaiosi con terrazze fluviali, formazioni ripariali autoctone in buono stato di conservazione e scarso condizionamento antropico.

La fascia costiera è quasi completamente tutelata da siti di interesse regionale, comunitario o zone a protezione speciale: sono protetti ambienti di duna, zone umide, pinete, boschi costieri e pianure. Gli isolotti delle Formiche di Grosseto sono soggetti a tutela e offrono paesaggi naturali di superficie e sottomarini di notevole bellezza.

Gli affioramenti di rocce carbonatiche presso il Poggio di Moscona presentano caratteri di un carsismo sviluppato sia in superficie che in profondità: piccole doline e cavità carsiche, tra cui la Grotta Primavera di Roselle (geosito), si aprono all'interno del Calcere massiccio che costituisce il colle. Anche i Monti dell'Uccellina presentano caratteri carsici di notevole bellezza e varietà: sono presenti doline e grotte che in alcuni casi hanno restituito reperti preistorici e rare specie faunistiche. Alcune cavità, come le Grotte dei Cenci, dello Scoglietto, La Casa e la Grotta La Fabbrica, sono inserite nell'elenco dei geositi istituito da ISPRA. In pianura, in località Bottegone, le condizioni geologiche e la concomitanza di fenomeni, quali la subsidenza o particolari condizioni idrogeologiche, hanno determinato l'insorgere di un fenomeno carsico particolare: il sinkhole, o voragine catastrofica, del Bottegone si è originato nel 1999 nel volgere di poche ore. Attualmente l'area è occupata da un corpo idrico.

Sono presenti diverse sorgenti termali libere e captate, molte delle quali ubicate al margine della Dorsale Medio Toscana nei pressi di Pietratonda e ai piedi del Poggio di Roselle (Terme di Roselle). Attualmente le risorse termali non sono sfruttate ma per quelle ubicate nella zona di Roselle è prevista la costruzione di una struttura per lo sfruttamento delle acque. Altre sorgenti geotermali si trovano nell'area di Monticello Amiata (sorgenti Lavatoio, Fonte Triaco e Acqua Forte); nella stessa area sono presenti fenomeni di origine vulcanica quali manifestazioni di gas.

A testimonianza di un recente passato minerario rimangono alcune miniere abbandonate molte delle quali sfruttate già ai tempi degli etruschi. Tracce dell'attività estrattiva si ritrovano nei pressi di Pereta e Cerreto Piano (Antimonio, Zolfo e Cinabro), Casal di Pari, Monte Acuto (rame e antimonio) e Baccinello (lignite). Nella zona di Pereta, presso la discarica mineraria di un antico sito di estrazione di cinabro e antimonio, si riscontra la presenza di "puttizie" tuttora attive: si tratta di cavità con emanazioni di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S ad alta temperatura, di diverse dimensioni presenti all'interno dell'ex sito minerario. Per quanto riguarda l'attività estrattiva si segnala la presenza di una cava storica di travertini in località Colle di Lupo nel Comune di Magliano in Toscana.

Il paesaggio del bacino di Cinigiano Baccinello ha un'alta valenza paesaggistica e geologica e all'interno dei depositi che lo costituiscono sono stati rinvenuti resti fossili di vertebrati, tra cui le ossa di un primate antropomorfo (*Oreopithecus bambolii*, "Sandrone") dalle caratteristiche peculiari che ha fatto discutere a lungo la comunità scientifica.

Forme di erosione di tipo calanchivo caratterizzano i depositi prevalentemente argillosi di origine fluvio-lacustre o marina che affiorano nei pressi di Cinigiano.

### Criticità

Il territorio della Maremma grossetana gode generalmente di una "buona salute". Tuttavia sono presenti criticità che minacciano l'integrità dell'ambito, individuabili sia in processi naturali dell'evoluzione del territorio, sia in fattori antropici di alterazione della qualità del paesaggio.

Le risorse idriche dell'ambito sono limitate; l'approvvigionamento idropotabile dipende fortemente dall'acquedotto del Fiora, mentre le richieste sono elevate sia per l'irrigazione che per il crescente consumo residenziale e turistico. L'alto sfruttamento accentua il fenomeno di ingressione di acque salmastre nelle falde dell'entroterra, che si ripercuote sulla qualità delle acque sotterranee e del paesaggio, influenzando ad esempio la crescita ed il mantenimento delle pinete e dei boschi costieri.

Rischi di instabilità sono presenti nella pianura tra Ribolla e Grosseto per la concomitanza di subsidenza e assetto stratigrafico: la presenza di un substrato carbonatico associato a faglie sepolte fa sì che questa parte del territorio sia soggetta a rischio di creazione di voragini catastrofiche (sinkholes). Ne è un esempio il sinkhole del Bottegone, è originatosi nel 1999 nel volgere di poche ore. Attualmente l'area è occupata da un corpo idrico e il dissesto si è integrato nel paesaggio circostante. Fenomeni di subsidenza sono presenti anche in altre zone, soprattutto in corrispondenza di bonifiche recenti.

Le zone di pianura sono anche soggette a rischio idraulico e lungo i principali corsi d'acqua sono presenti aree a pericolosità idraulica da elevata a molto elevata. Il territorio maremmano è da sempre soggetto a rischio alluvioni e ne è testimonianza l'ultimo grave evento occorso nel Novembre 2012.

Lungo la costa, fenomeni di erosione marina sono presenti nella falesia fra Punta Ala e Punta delle Rocchette, caratterizzata da crolli di

massi; la costa sabbiosa è invece interessata sia da erosione che deposito con sostanziale equilibrio.

Fenomeni franosi sono diffusi in diverse aree. In particolare, nel Comune di Campagnatico, terreni geologicamente instabili e soggetti a dissesti attivi sono compresi tra il Fiume Ombrone, il Torrente Melacce ed il Torrente Trasubbie.

Tra Castiglioncello Bandini e Stribugliano, nel comune di Cinigiano, è cartografata una grossa frana inserita anche nei geositi della Provincia di Grosseto. Nella stessa zona, durante l'ultima alluvione del novembre 2012 sono state registrate diverse frane che confermano come la zona sia vulnerabile e soggetta a franosità diffusa con numerose frane attive presenti.

Nei sistemi di Collina dei bacini neo-quadernari a argille dominanti e a litologie alternate, l'erosione del suolo è un fenomeno significativo.

Nel settore collinare e montuoso dell'ambito sono presenti numerose cave attive e abbandonate in cui venivano estratti materiali lapidei. Cave di materiali inerti sono localizzate, invece, nei fondovalle e nelle aree di pianura. L'attività estrattiva ha avuto un impatto negativo su alcune cavità carsiche dell'ambito, tra cui la Grotta Primavera di Roselle in cui alcune sale e concrezioni risultano danneggiate dall'uso di esplosivi nei siti estrattivi limitrofi.

#### 4. Ubicazione, morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area di studio

L'area in studio ricade nella periferia nord-orientale di Grosseto e si sviluppa nel settore a compreso tra Via Senese e la s.s. Aurelia ed è compresa nel Foglio n°331 IV Sezione "Grosseto" della Carta Topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:25.000 ed in dettaglio nell'Elemento n° 312020 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. La proprietà in esame è ubicata nella periferia di Grosseto, il lato sud-occidentale confina con la piccola zona industriale di Via Genova, mentre gli altri due lati lo separano da un territorio a destinazione agricola; la proprietà stessa è attualmente agricola.

Nel complesso, l'area presenta caratteristiche morfologiche tipiche della zona continentale di piana alluvionale, di transizione ai retrostanti rilievi collinari in cui dominano alti morfologici di modesto rilievo (Poggio Moscona 325,89 m s.l.m.). Si tratta di una zona nell'insieme pianeggiante, priva di elementi morfologici di rilievo, con blande ondulazioni del piano di campagna che determinano nel complesso una debole immersione verso Sud-Ovest (in direzione della costa).

L'area adiacente già urbanizzata è servita dalla rete fognaria cittadina che raccoglie e smaltisce le precipitazioni meteoriche, mentre il territorio agricolo (di cui fa attualmente parte il sito d'intervento) è attraversato da un reticolo idrografico fortemente antropizzato con canali di bonifica dai tracciati sub-rettilinei e complessi di sistemazioni idraulico-agrarie orientate principalmente N/NE-S/SO e O/NO-E/SE.

Dal punto di vista geomorfologico, i rilievi di campagna permettono d'affermare che, l'area sede d'intervento non è interessata da processi erosivi diffusi o concentrati nè tantomeno gravitativi e/o dissesti in genere attivi o quiescenti. Il sito è pianeggiante ed in naturale equilibrio, non sono segnalati fenomeni di subsidenza.

I depositi alluvionali di deposizione recente e attuale si distinguono in (da PS Comunale):

*Acg - Argille sabbioso-ciottolose, in assetto generalmente rilevato rispetto ai terreni tipici di bonifica ( non quelli cosiddetti di gronda). Si tratta di materiale grossolano ghiaioso e talora ciottoloso immerso in matrice sabbioso-argillosa, quest'ultima a luoghi prevalente.*

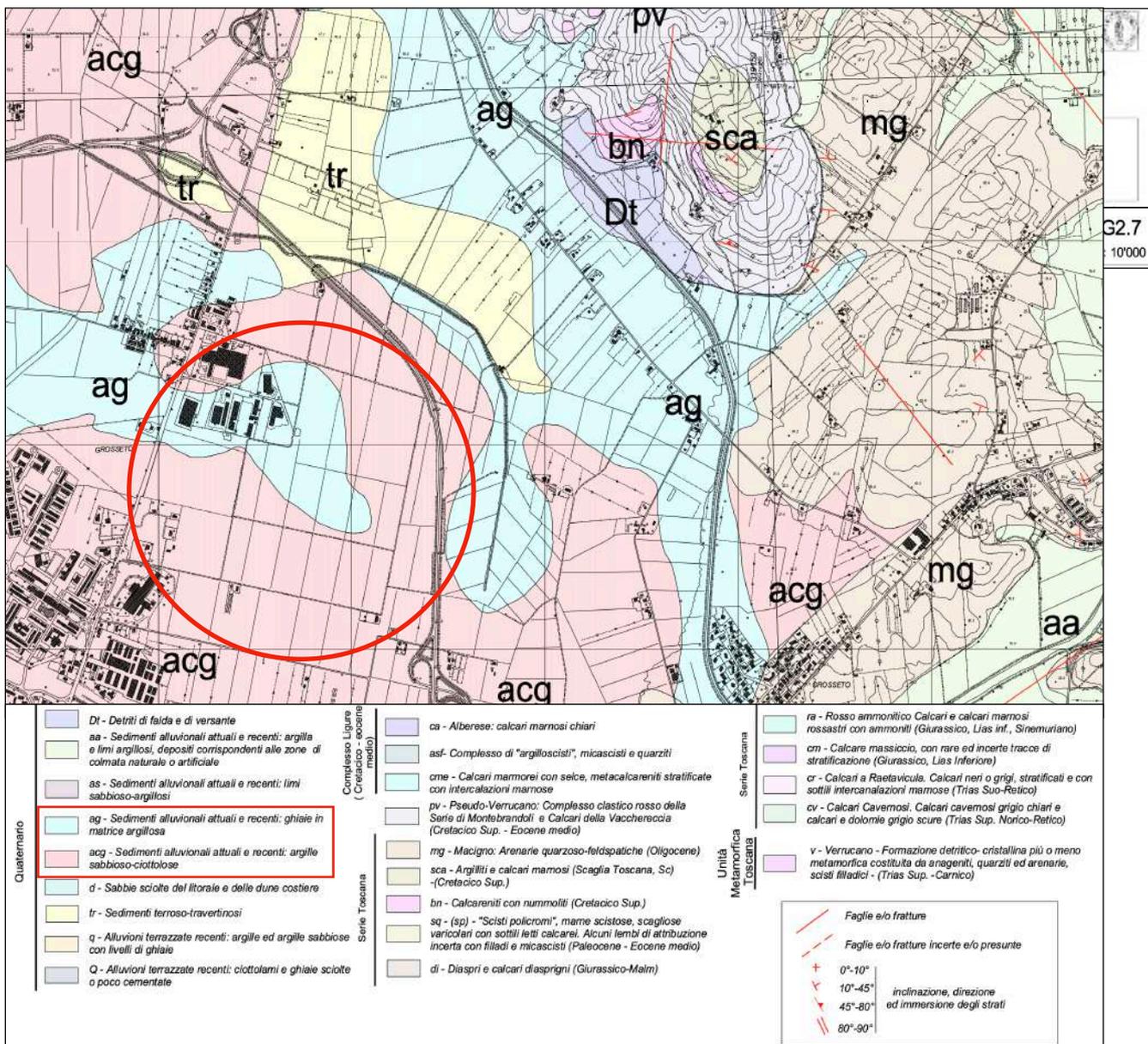
*As – Limi sabbioso-argillosi, che costituiscono la fascia di deposizione attuale del fiume Ombrone, in parte controllata dalle arginature.*

*Ag – Ghiaie in matrice argillosa. Presenti al margine settentrionale della pianura del Bruna e in lembi limitati presso l'Ombrone. Depositi costituiti da argilla e limo e rari ciottoli di varia dimensione.*

*aa - Argille e limi argillosi. Corrispondono a zone di colmata naturale (alluvioni in s.s.) o indotta.*

*d – Sabbie sciolte del litorale e delle dune costiere e dell'area deltizia. Costituiscono cordoni continui di dune che bordano la linea di costa. Depositi sabbiosi a granulometria medio-fine in parte sciolti ed in parte fissati*

dalla vegetazione della pineta. Morfologicamente rilevati rispetto ai limitrofi terreni di bonifica.



**Ubicazione dell'area d'intervento su base geologica estratta dal PS Comunale. Il cerchio indica l'area d'interesse; il rettangolo racchiude la descrizione dei litotipi presenti**

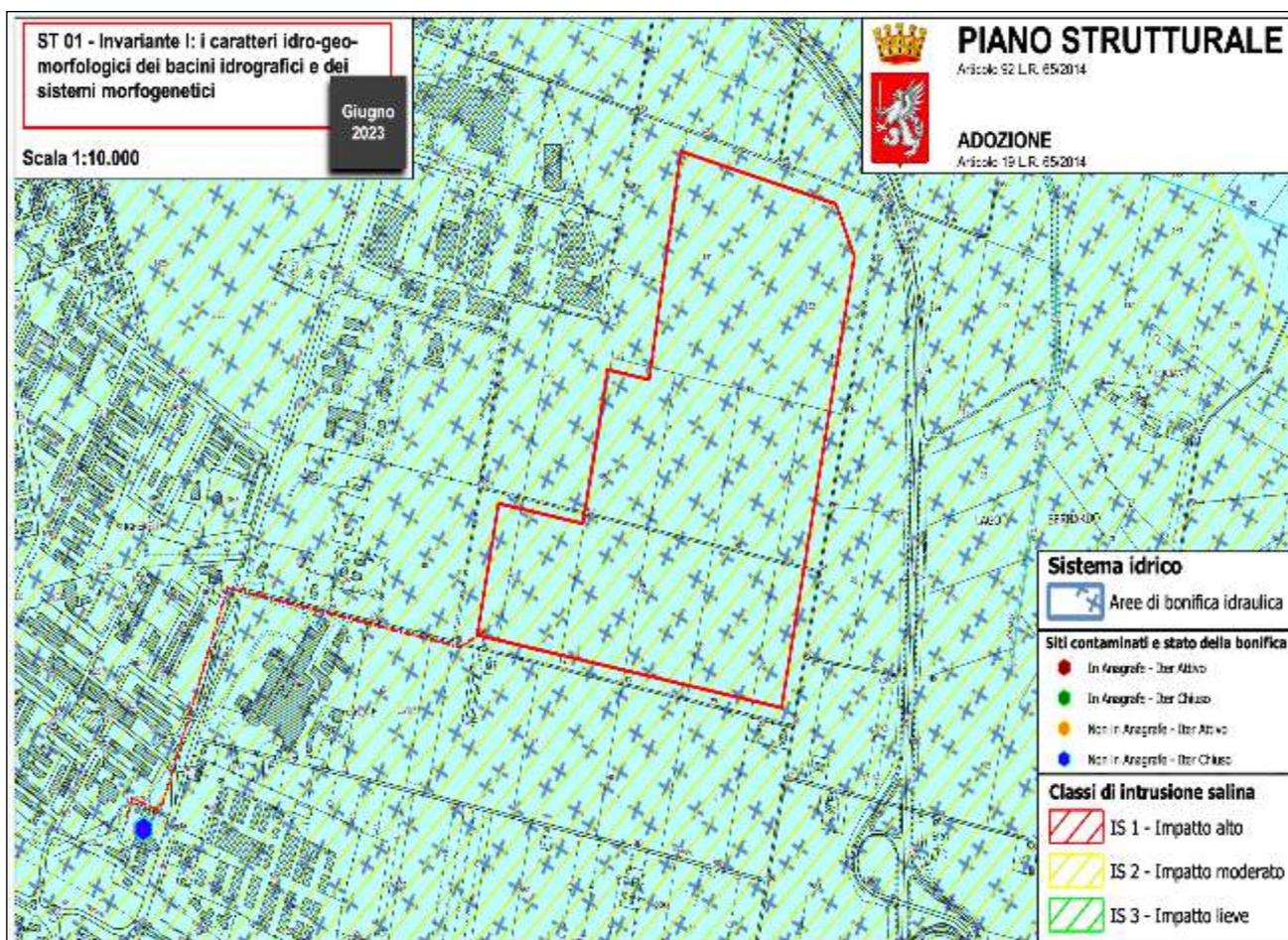
*tr* - Travertini. Affiorano nella fascia poco a sud di Bagni di Roselle e sono rappresentati da farine calcaree poco coerenti e da concrezioni; si trovano intercalati ai depositi alluvionali e detritici e sono in relazione con la risalita di acque idrotermali dal substrato.

A seguire in testo si allegano:

- a) L'estratto della cartografia da PS Comunale relativa all'invariante: i caratteri idro-geomorfologici dei bacini idrotermali e dei sistemi morfogenetici in cui si annota:
  - l'opera antropica svolta mediante azioni per la bonifica dei terreni (v. In particolare la limitrofa area un tempo

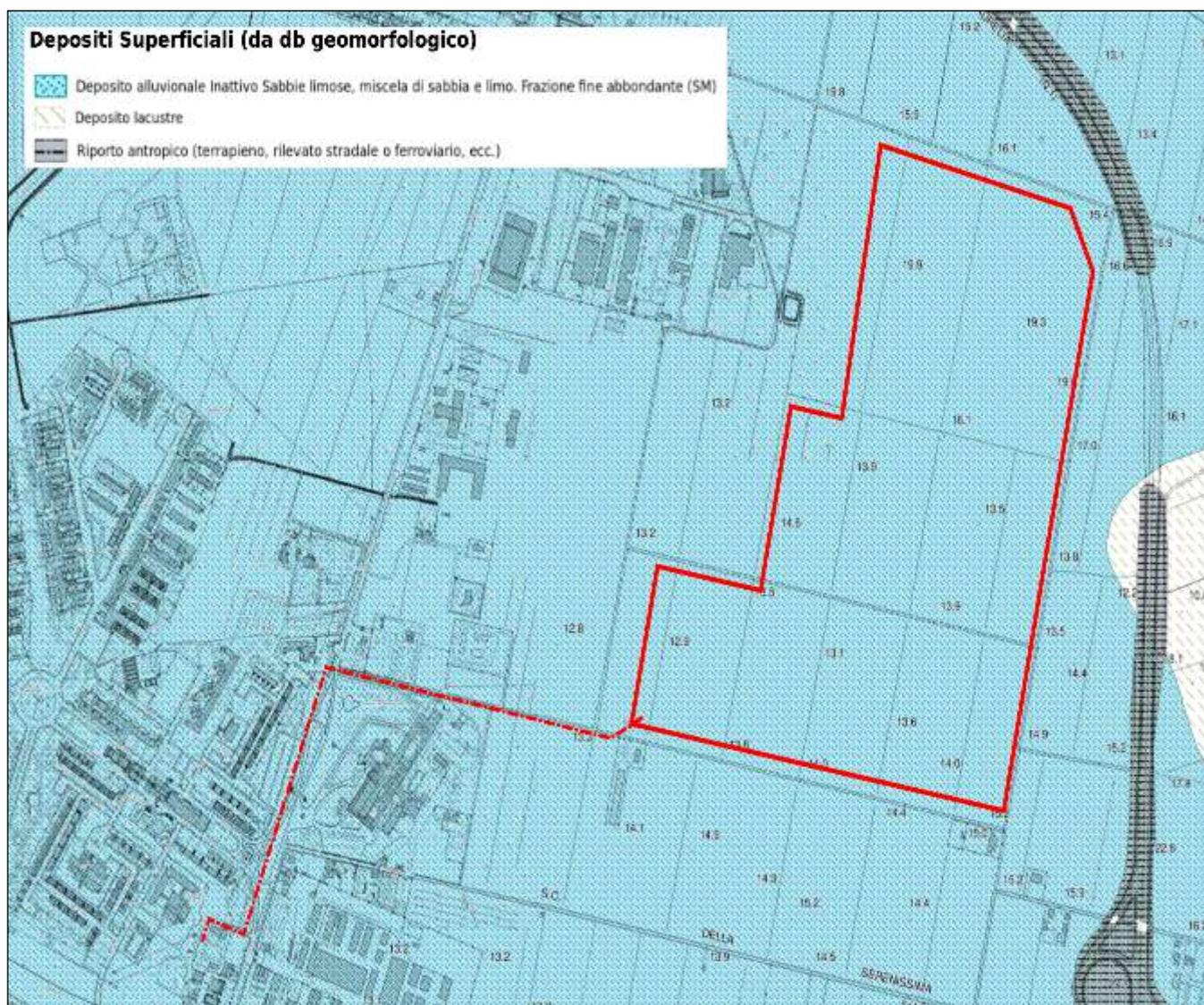
occupata dal lago Bernardo);

- l'impatto moderato nei confronti del cuneo salino (impatto per il quale gli interventi in progetto non andranno a modificare la condizione in atto);
- L'iter concluso, riguardante la stazione ENEL di consegna, per quanto concerne la presenza di siti contaminati



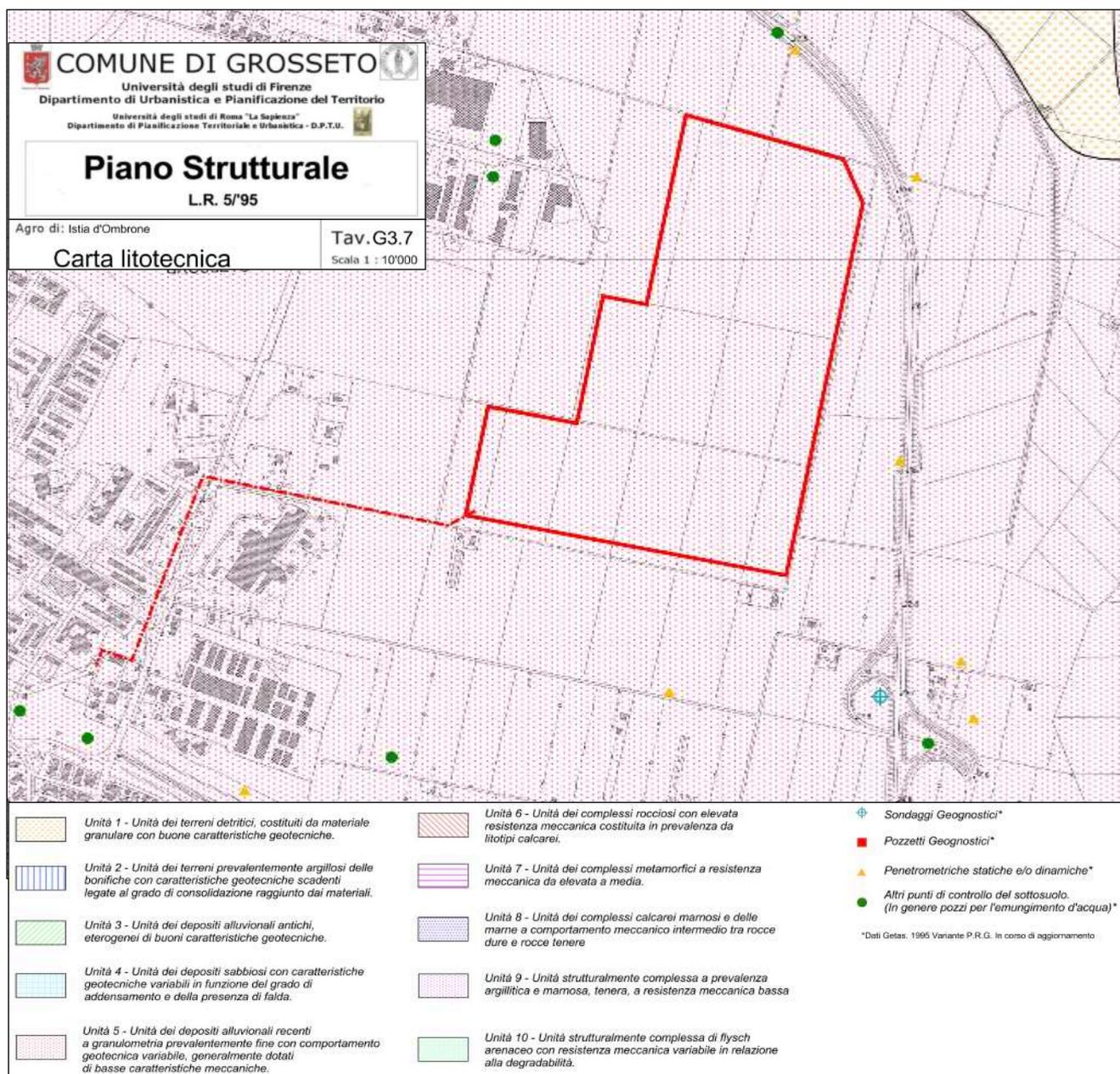
*Cartografie estratta da PS Comunale*

b) L'inquadramento geologico estratto dal portale cartografico regionale "GEOscopio" che conferma la natura alluvionale di recente deposizione dei terreni indagati.



*Carta geologica estratta dal portale cartografico regionale "GEOscopio" con ubicazione delle aree oggetto d'impianto*

c) Carta litotecnica, estratta da PS Comunale, per la quale tutta l'area interessata dai lavori ricade all'interno della:  
Unità 5 - Unità dei depositi alluvionali recenti a granulometria prevalentemente fine con comportamento geotecnica variabile, generalmente dotati di basse caratteristiche meccaniche.



## 5. Inquadramento idrogeologico

Dalla relazione di sintesi delle prove si estrae:

L'area sede d'intervento è posta lungo i margini settentrionali dell'estesa pianura grossetana, di origine alluvionale, che si sviluppa per molti chilometri quadrati fra il mare ed i rilievi collinari dell'entroterra. Quest'area pianeggiante si è formata e sviluppata durante le diverse fasi climatiche del Quaternario, quando il mare aveva un livello più basso dell'attuale (fino anche a -100 metri); ciò ha comportato lo sviluppo di un'articolata successione stratigrafica, costituita sia da sedimenti argilloso-limosi sia da sabbie e ghiaie.

In questo contesto geologico, l'assetto idrogeologico sotterraneo è direttamente legato alla costituzione stratigrafica del sottosuolo ed alle caratteristiche idrodinamiche dei terreni presenti.

I terreni affioranti e presenti nel sottosuolo per profondità di molte decine di metri, sono caratterizzati da una permeabilità per porosità, ossia, i vuoti che permettono il passaggio dell'acqua si sono formati contemporaneamente al litotipo che li contiene e fanno parte della sua struttura e tessitura. Questo tipo di permeabilità è funzione delle dimensioni, forma, disposizione e tipo di cementazione dei granuli costituenti il terreno.

Nell'area sede d'intervento, affiorano e si sviluppano nel sottosuolo le alluvioni antiche terrazzate bnb; queste formano un'unità idrogeologica costituita in prevalenza da limi ed argille e subordinatamente da intercalazioni sabbiose; è perciò possibile individuare due sontuosità:

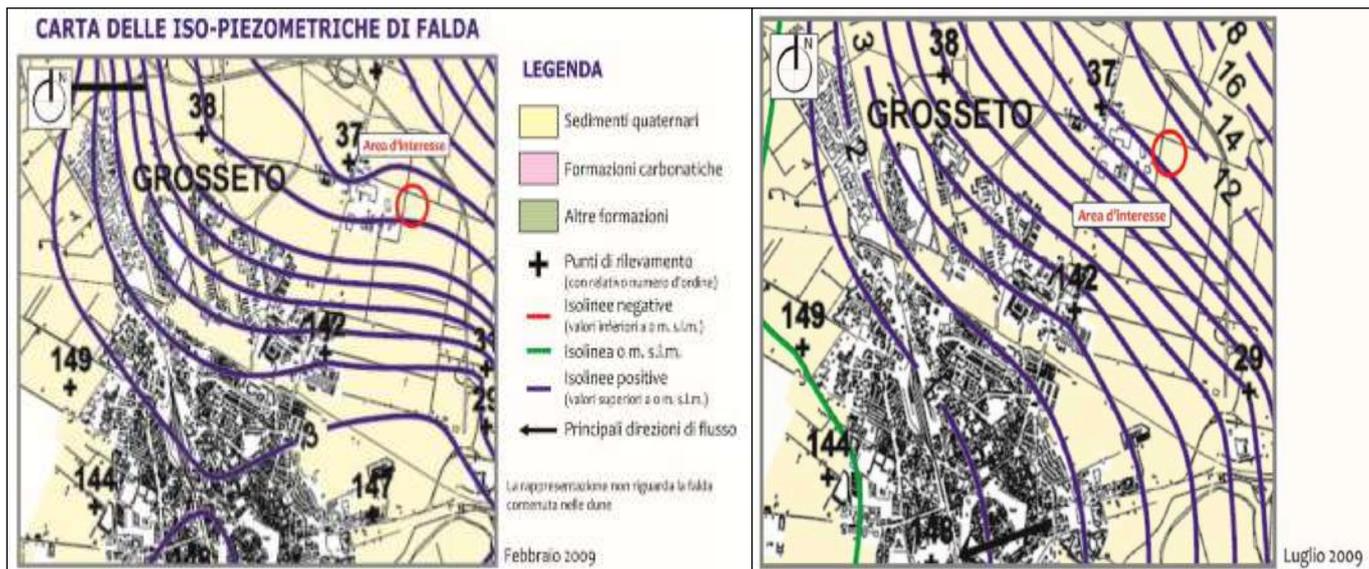
- la componente limosa-argillosa può essere inserita nel sottogruppo "CL" dei "limi inorganici e sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose o limi argillosi poco plastici" del sistema U.S.C.S. con permeabilità bassa (compresa tra 10<sup>-5</sup> e 10<sup>-7</sup> cm/sec.);
- la porzione sabbiosa è classificabile nei sottogruppi "SW" delle "sabbie ben selezionate con scarso o senza fine" del sistema U.S.C.S. con permeabilità discreta (>10<sup>-3</sup> cm/sec.).

I terreni appartenenti alla prima sotto-unità, presentano caratteristiche idrauliche tali da poter considerare trascurabile la componente orizzontale del moto dell'acqua (acquitardo-acquiclude), mentre i terreni della seconda sottounità sono classificabili come modesti acquiferi granulari.

Dalle stratigrafie dei pozzi allegate, in calce alla presente relazione, risulta che i livelli acquiferi contengono una falda a buona produttività, arrivando a portate considerevoli impostata tra i 30-35 m di profondità da p.c. (ved.re Sezione geologica-idrogeologica).

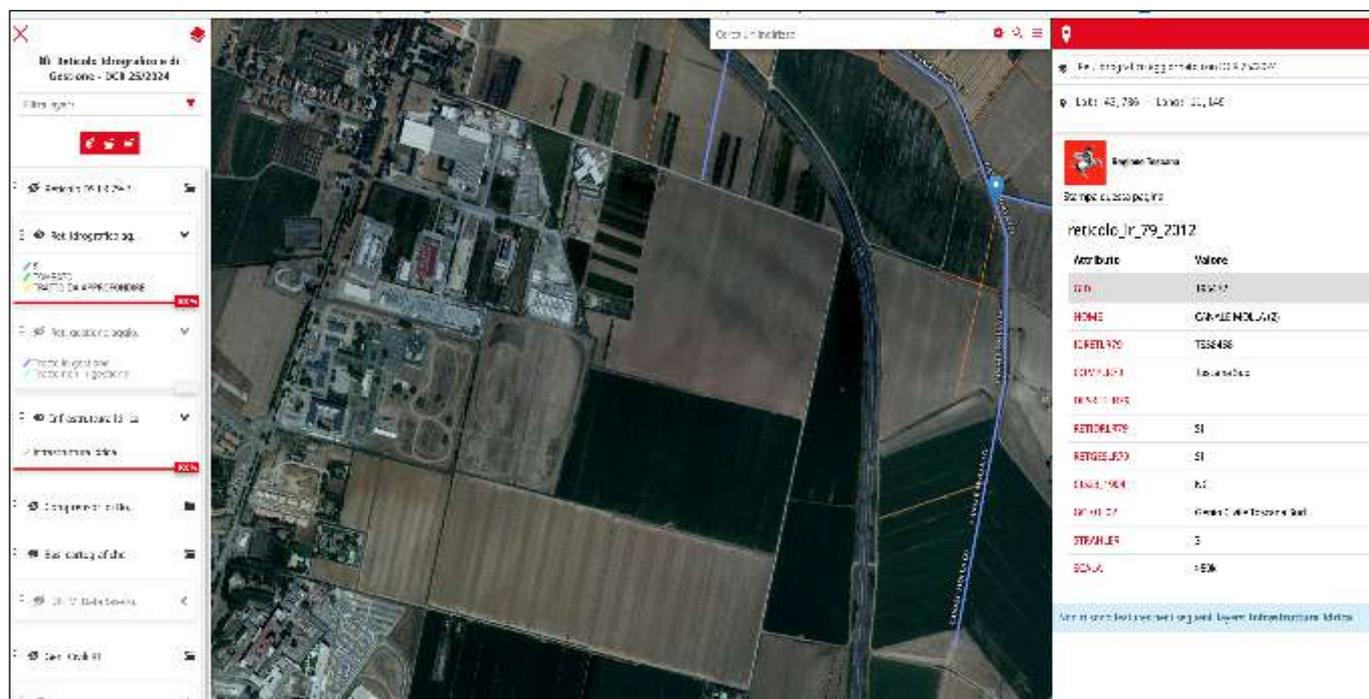
Secondo quanto evidenziato nelle "Carte delle iso-piezometriche di falda" (ved.re figura in testo), tratte dallo studio geologico preliminare finalizzato alla valutazione dell'intrusione salina negli acquiferi della zona costiera compresa tra Castiglione della Pescaia e i monti dell'Uccellina" (Università degli studi di Siena – Relazione finale, febbraio 2010), nella zona oggetto di intervento il livello piezometrico di morbida (febbraio 2009) e quello di magra (luglio

2009) presenta una variazione di circa 1 m, attestandosi a valori di circa 10/9 metri s.l.m. (circa -4,0/-5,0 m dal p.c.).



*Carte delle isopiezometrie della falda nella Pianura di Grosseto*

il sito in esame si trova in area agricola il deflusso superficiale è garantito da una articolata rete di fosse campestri che allontanano le acque piovane verso i più vicini recettori a cielo aperto: il Canale Molla (canale di drenaggio/bonifica del Lago Bernardo).



*Estratto del Reticolo Idrografico e di Gestione - DCR 25/2024*

## 6. Inquadramento dell'area all'interno degli SU Comunali e di Piano

Le indicazioni circa la pericolosità e la fattibilità delle opere in progetto vengono dedotte dagli SU urbanistici vigenti (comunali) e dalle normative nazionali di cui le principali:

- DPGR 30/01/2020 n° 5/R “Regolamento di attuazione dell’articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche”;
- DPGR 30/01/2020 n° 5/R - Allegato A: Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche;
- Allegato A – art.5 Regolamento 1R/2022 “Linee guida sulle tipologie e classi d’indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell’art. 3 del reg. 1/r/2022”
- Legge Regione Toscana n° 41 del 24/07/2018;
- Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 6.1. Pericolosità e criteri di fattibilità geologica

Dalle NTA del RU Comunale si ha:

#### Pericolosità

*geologica*

#### 1.2 Aree a pericolosità geomorfologica media (G.2)

• **Pericolosità geologica media (G.2):** aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giacimentali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi. Nel Comune di Grosseto la pericolosità geologica media (G.2) è assegnata a tutte le porzioni territorio non interessate dalle classi G.3 e G.4 descritte sopra. Il quadro delle pericolosità geologiche definite ai sensi del D.P.G.R. 5/R/2020 per il P.S. costituisce proposta di aggiornamento delle cartografie di pericolosità da



*Estratto da RU Comunale: Pericolosità geologico - geomorfologico - Area d'interesse compresa, interamente, in Classe 2:*

frana del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) a cura dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. A seguito di parere dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale il P.S. recepisce le modifiche indicate dal Distretto allineando le proprie mappe di quadro conoscitivo alle cartografie di P.A.I. per i tematismi di interesse per il Distretto.

#### **Criteri di fattibilità geologica**

**1.2.2) F2g (fattibilità geomorfologica con normali vincoli).** E' stata assegnata agli interventi che non rientrano tra quelli indicati nel punto precedente (1.2.1), ovvero:

- interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano un aumento del carico esercitato sul terreno di fondazione; interventi sulle fondazioni; scavi e rinterri in prossimità delle opere fondali;
- livellamento del terreno per un volume superiore ai 3mc e spessore massimo maggiore di 50cm;
- scavi di larghezza massima maggiore di 1m e profondità massime maggiore di 1,5m;
- realizzazione di strutture di sostegno del terreno di altezza massima maggiore di 1,5m
- realizzazioni di nuovi manufatti (di qualsivoglia natura).

Sono richieste specifiche indagini geologiche e geologico-tecniche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico del sito e del modello geotecnico del sottosuolo, necessari alla progettazione. I metodi ed i risultati delle indagini realizzate dovranno essere compiutamente esposti e commentati in una relazione geologica ed in una relazione geotecnica, a firma di professionista abilitato iscritto all'Albo; all'interno della relazione geotecnica dovrà essere riportata in modo dettagliato la verifica della capacità portante dei terreni di fondazione e la valutazione relativa ai cedimenti teorici assoluti e differenziali indotti dalle opere in progetto.

Il numero, l'estensione e la tipologia delle indagini dovranno essere opportunamente previste e programmate dal tecnico incaricato, in funzione dell'opera in progetto e della dimensione dell'area di intervento, e dovranno essere realizzati secondo la normativa vigente all'atto della esecuzione degli stessi. Si sottolinea che la Regione Toscana ha emanato con D.P.G.R. del 9 luglio 2009 n. 36/R il "Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico." con il quale vengono individuate anche la tipologia delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare al permesso di costruire o alla denuncia di inizio attività all'interno del territorio regionale.

La presente relazione geologico tecnica comprende, come da specifiche urbanistiche, le indagini geologiche e geognostiche necessarie allo svolgimento dell'incarico assegnato.

## 6.2. Pericolosità e criteri di fattibilità Idraulica

### Pericolosità idraulica

Dalle Norme Tecniche di attuazione del Piano Strutturale

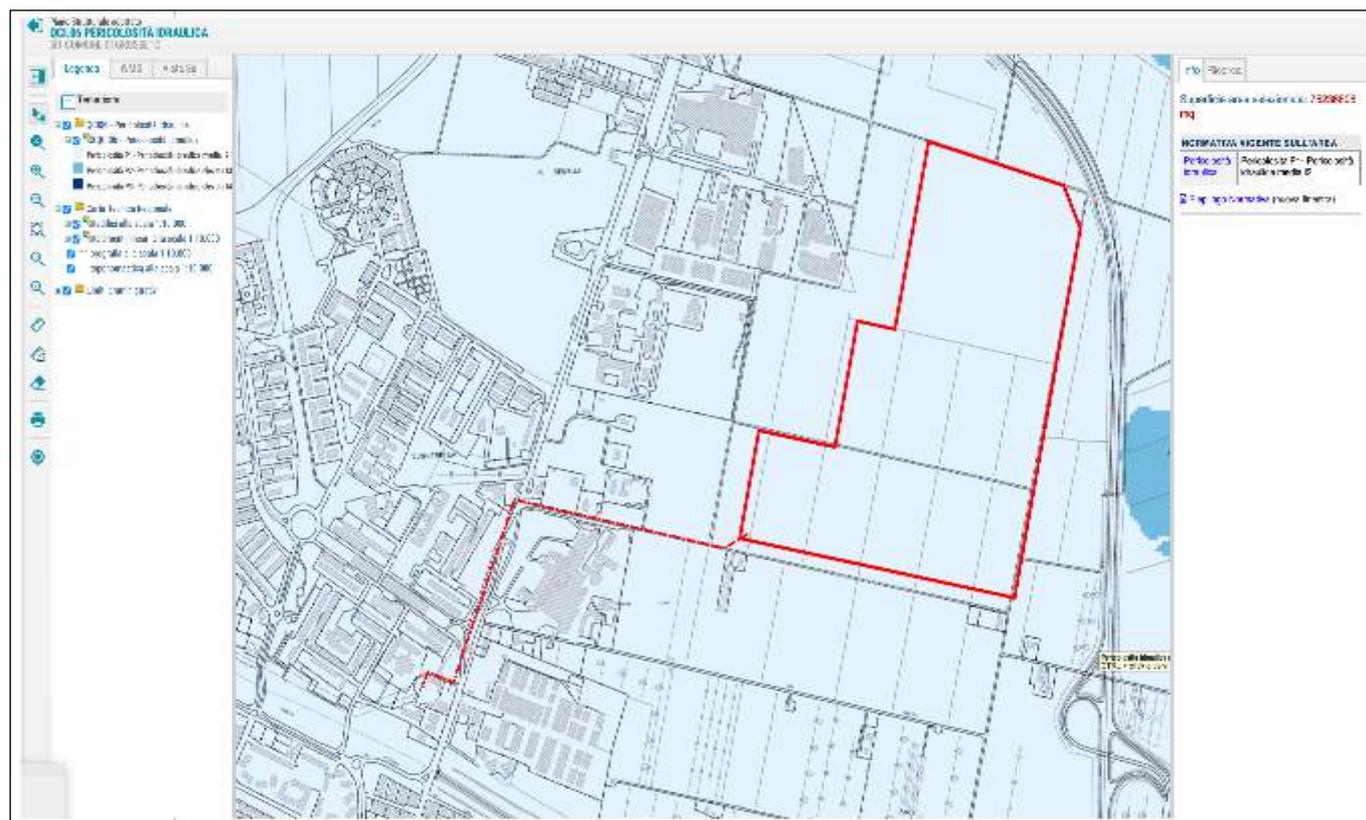
Art. 38 Definizione delle aree a pericolosità per alluvioni di cui al DPGR 5/R del 2020

Ai sensi dell'art. 5 comma 4 del D.P.G.R. n. 5/R del 30.01.2020 le individuazioni delle aree a pericolosità per alluvioni è effettuata ai sensi dell'art. 2, comma 1, lettere d) ed e) della legge regionale 24.07.2018 n. 41 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014"

Le pericolosità per alluvioni ai sensi del D.P.G.R. 5/R del 2020 corrispondono, quindi, a quelle della L.R. n. 41/2018.

Nel caso di specie siamo in:

Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010



**Estratto da PS Comunale: Pericolosità Idraulica - Area d'interesse compresa, interamente, in Classe P1 Pericolosità idraulica media I2:**

### Criteri di fattibilità idraulica

#### F2i (fattibilità idraulica con normali vincoli).

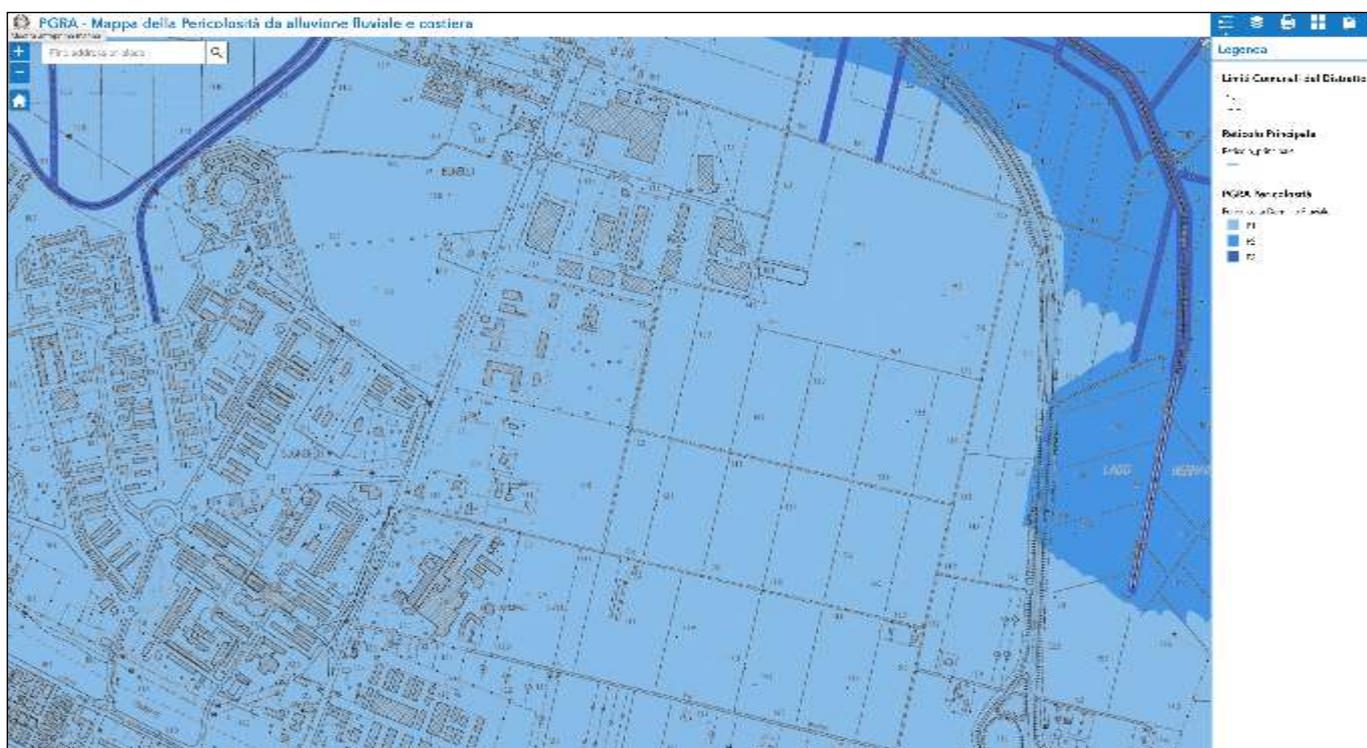
Estratto: DPGR 30/01/2020 n° 5/R - Allegato A

Nei casi in cui, la fattibilità degli interventi non sia condizionata dalla l.r.41/2018 alla realizzazione delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, ma comunque preveda che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, la gestione del rischio alluvioni può essere perseguita attraverso misure da individuarsi secondo criteri di appropriatezza, coniugando benefici di natura economica, sociale ed ambientale, unitamente ai costi ed ai benefici.

In particolare, sono da valutare le possibili alternative nella gestione del rischio alluvioni dalle misure maggiormente cautelative che garantiscono

assenza degli allagamenti fino alle misure che prevedono eventuali allagamenti derivanti da alluvioni poco frequenti. Nel caso di interventi in aree soggette ad allagamenti, la fattibilità è subordinata a garantire, durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone, attraverso misure quali opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale e procedure atte a regolare l'utilizzo dell'elemento esposto in fase di evento. Durante l'evento sono accettabili eventuali danni minori agli edifici e alle infrastrutture tali da essere rapidamente ripristinabili in modo da garantire l'agibilità e la funzionalità in tempi brevi post evento.

Nelle aree di fondovalle poste in situazione morfologica sfavorevole, come individuate al paragrafo B4, la fattibilità degli interventi è condizionata alla realizzazione di studi idraulici finalizzati all'aggiornamento e riesame delle mappe di pericolosità di alluvione di cui alla l.r. 41/2018. A tal proposito si allega, in testo) la carta della magnitudo idraulica estratta dal PS Comunale la quale pare escludere, allo stato dell'arte, condizioni di alluvionamento dell'area oggetto d'analisi



**Estratto PRGA - Autorità Distrettuale Appennino Settentrionale Bacino del Fiume Ombrone**



*Magnitudo idraulica ai sensi della LR 41/15*

La realizzazione delle opere in progetto non induce a particolari limiti di fattibilità "idrauliche". Per maggiori e più accurate considerazioni si rimanda allo specifico documento allegato alla progettazione.

### 6.3. Pericolosità e criteri di fattibilità sismica

#### **Pericolosità sismica**

*Il Comune di Grosseto ricade in zona sismica 4, e ciò ha comportato, in base DPGR 53/R una estromissione dalla redazione a livello di piano Strutturale di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello I secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'o.d.p.c. 3907/2010.*

*Pertanto per tale zona non sono richiesti, in questa fase di procedimento amministrativo, approfondimenti inerenti la riduzione del rischio sismico non fornendo perciò alcun riferimento alla pericolosità sismica.*

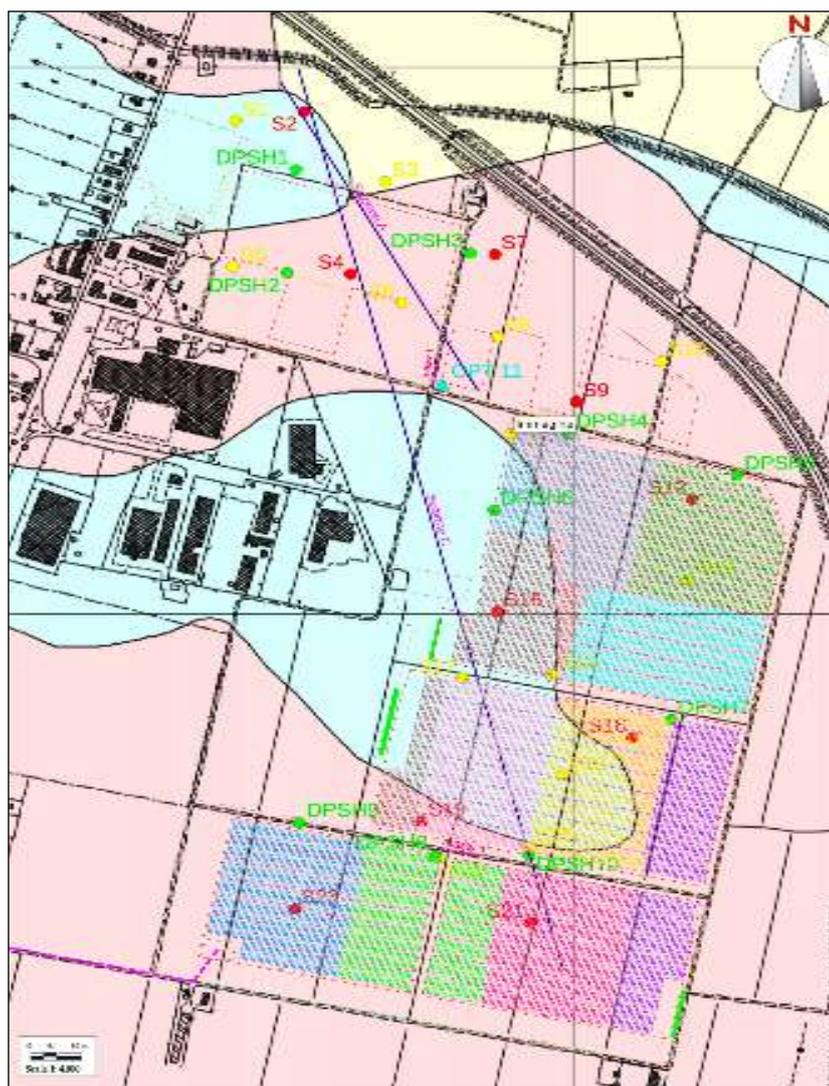
#### **Criteri di fattibilità sismica**

*In ordine all'allegato A – art.5 Regolamento 1R/2022 si ha:*

*3.6.6. Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale bassa (S1), non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Occorre, tuttavia, garantire il rispetto delle normative vigenti, con particolare riguardo alle NTC 2018, per la quale è obbligatorio acquisire, per le opere in progetto, i dati sismici sitospecifici.*

La presente relazione sviluppa considerazioni di carattere sismico sito specifico in accordo con le NTC 2018.

## 7. Indagini geognostiche



L'area in esame è stata indagata mediante l'esecuzione di:

- n. 10 scavi con escavatore con profondità comprese tra 2 e 2.7 metri dal p.c. e con prelievo di n.10 campioni per analisi chimiche e granulometriche (eseguite in data 23.04.2024);
- n. 13 scavi con mezzo meccanico a profondità comprese tra 2 e 2.4 metri dal p.c. (eseguite in data 26.04.2024);
- n. 10 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) spinte fino a profondità massima di 8 metri dal p.c. (eseguite in data 26.04.2024 e 28.04.2024);
- n. 1 prove penetrometriche statica (CPT) spinta fino a profondità di 10 metri dal p.c. (eseguite in data 28.04.2024);
- n. 2 prove sismiche MASW finalizzate alla definizione dell'assetto sismostratigrafico e alla determinazione della categoria di sottosuolo (eseguite in data 28.04.2024);
- n. 9 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) spinte fino a profondità massima di 4.8 metri dal p.c. (eseguite in data 29.05.2024);

## 8. Caratteri geologici, stratigrafici e litologici

Dalla relazione di sintesi delle prove si estrae:

L'inquadramento geologico dell'area è stato fatto riferendosi alla tavola G2-7 allegata al Piano Strutturale (anno 2003) e nella zona di interesse è cartografato l'affioramento delle seguenti formazioni, come descritte nella Relazione geologica allegata al Piano Strutturale (Luglio 2002):

- **ag - Sedimenti alluvionali attuali e recenti:** ghiaie in matrice argillosa- Depositi costituiti da argilla e limo e rari ciottoli di varia dimensione;
- **acg - Sedimenti alluvionali attuali e recenti:** argille sabbioso-ciottolose- Si tratta di materiale grossolano ghiaioso e talora ciottoloso immerso in matrice sabbioso-argillosa, quest'ultima a luoghi prevalente;
- **tr - Sedimenti terroso-travertinosi:** Affiorano nella fascia poco a sud di Bagni di Roselle e sono rappresentati da farine calcaree poco coerenti e da concrezioni; si trovano intercalati ai depositi alluvionali e detritici e sono in relazione con la risalita di acque idrotermali dal substrato.

La formazione acg corrisponde ai depositi alluvionali antichi terrazzati (bnb), formati grazie agli apporti del Fiume Ombrone e degli altri tributari minori, costituiscono il livello fondamentale della pianura di Grosseto. La potenza completa della successione sedimentaria bnb è stimata in oltre 100 metri. Dal punto di vista litologico, i depositi bnb sono costituiti dalla successione ritmica ma irregolare di strati di argille limose, limi argillosi talora sabbiosi e subordinati livelli di sabbie e ghiaie sabbiose di spessore massimo variabile fra 1 e 3 metri. Dal punto di vista litotecnico, trattasi di depositi a comportamento coesivo dove, ad esclusione dei primi metri che possono essere anche molto compatti a causa di fenomeni di "aging", la consistenza da "plastica" tende generalmente ad aumentare gradualmente con la profondità. In questo sito, il substrato (generalmente costituito dalle formazioni rocciose pre-Neogene), si trova a circa 150 di metri di profondità.

Un sondaggio pregresso ubicato poco oltre il perimetro ovest nella zona centrale dell'area in studio aveva restituito la seguente successione stratigrafica:

-fino a circa 12/13 metri dominanza di depositi coesivi (argille e argille limose) con subordinati livelli di sabbie;

-da 12/13 metri a circa 22.0 m depositi argillosi con intercalazioni di livelli di travertino.

All'interno della successione in alcuni casi si evidenzia la presenza predominante del deposito di travertino su quello argilloso

-da circa 22.0 m a 28.0 m argille grigie -da circa 28.0 a 32.0 metri (fine perforazione) alternanza di livelli limoso-sabbiosi e/o sabbioso-limosi con sottili intercalazioni di livelli litoidi di travertino. All'interno della successione in alcuni casi si evidenzia la presenza predominante del deposito di travertino su quello limoso sabbioso e/o sabbioso limoso.

### Saggi con escavatore meccanico

Complessivamente sono stati eseguiti 23 scavi con mezzo meccanico, a profondità comprese tra 2 e 2.7 metri circa dal piano di campagna. Su 10 di essi sono stati prelevati campioni di terreno per la caratterizzazione chimica e granulometrica. In una parte degli scavi, al di sotto di riporti agricoli e/o di litologie argillose alluvionali, sono stati riscontrati depositi di tipo travertinoso, costituiti da farine calcaree associate per caratteristiche granulometriche ad argille limose. Negli scavi S1; S2; S3; S4; S6; S7; S8; S9; S10; S11; S12; S13; S15, al di sotto di riporti agricoli (nel caso degli scavi S1; S2; S3) e/o di litologie argillose alluvionali (restanti scavi), sono stati riscontrati depositi di tipo travertinoso, costituiti da farine calcaree associate per caratteristiche granulometriche ad argille limose.

Gli altri scavi (S5; S16; S17; S18; S19; S20; S21; S22; S23) hanno restituito stratigrafie caratterizzate in prevalenza da sedimenti argillo-limosi con contenuto variabile di elementi litici perlopiù di piccole dimensioni, sia dispersi nella matrice e sia a formare livelletti di piccolo spessore. Con la sola eccezione dello scavo S5, questo gruppo di scavi si localizza nel settore sud dell'area di progetto.

Gli unici scavi in cui è stata riscontrata presenza di acqua sono il saggio S8 (con livello stabilizzato alla profondità di 1.8 metri dal p.c.) ed il saggio S17 (con livello stabilizzato alla profondità di 1.9 metri dal p.c.).

### Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

#### Fase 1 (data 26.04.2024 e 30.04.2024)

Sono state effettuate 10 prove dinamiche superpesanti. Di queste, 3 prove (DPSH 1; DPSH 4; DPSH 5) sono andate a rifiuto prima di raggiungere la profondità preventivata. In nessuna delle 10 prove è stata rilevata presenza di acqua.

La DPSH 1 ha evidenziato bassissimi valori di resistenza fino alla profondità di 1.5 metri, in parte riconducibili alla presenza del riporto agricolo. Al di sotto di tale profondità la resistenza mostra un incremento progressivo, fino al rifiuto avvenuto ad una profondità di circa 3 metri

La DPSH 2, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 2.4 metri e di 11 colpi da 2.4 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 3, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di

2.1 metri e di 12 colpi da 2.1 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 4, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 1.5 metri, al di sotto dei quali è stato registrato un netto incremento di resistenza con rifiuto a 2 metri circa di profondità.

La DPSH 5 presenta un profilo del tutto comparabile con la DPSH 4

La DPSH 6, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 5 colpi fino alla profondità di 2.4 metri e di 14 colpi da 2.4 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 7 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 6 colpi fino alla profondità di 2.1 metri, di 14 colpi da 2.1 a 3 metri e di 9 colpi da 3 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 8, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 6 metri e di 12 colpi da 6 a 8.1 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 9, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 4 colpi fino alla profondità di 1.2 metri e di 7 colpi da 1.2 a 5.1 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 10 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 5 colpi fino alla profondità di 2.1 metri e di 7 colpi da 2.1 a 5.1 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

#### **Fase 2 (data 29.05.2024)**

Sono state effettuate 9 prove (DPSH12-DPSH20). Tutte sono state interrotte alla profondità di 4.2 metri, con la sola eccezione della DPSH17 interrotta a 4.8 metri di profondità. La presenza di acqua è stata rilevata soltanto nelle prove DPSH13 e DPSH17.

La DPSH 12, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 5 colpi fino alla profondità di 1.5 metri, cui segue un livello con numero di colpi compreso tra 8 e 12 tra 2.1 e 2.7 metri e un livello con valore medio di 7 colpi da 2.7 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 13, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da valori compresi tra 3 e 9 colpi, con valore medio di circa 6 colpi, fino alla profondità di 2.7 metri, cui segue un livello con valore medio di circa 14 colpi da 2.7 a 3.2 metri e a seguire un livello con valore medio di circa 8 colpi da 3.2 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova). In questa prova è stata rilevata una falda con soggiacenza di 2.6 metri dal piano di campagna.

La DPSH 14 ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da un valore medio di circa 6 colpi fino alla profondità di 1.8 metri e di circa 9 colpi da 1.8 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 15 ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da un valore medio di circa 5 colpi fino alla profondità di 1.5 metri e di circa 8 colpi da 1.5 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 16 ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da bassi valori di resistenza (valore medio del numero di colpi circa 2) per i primi 0.9 metri, associabili a terreno agrario rimaneggiato. Segue un livello con valori di numero di colpi compresi tra 7 e 5, con valore più frequente di 7 colpi tra 0.9 e di 2.7 metri. Segue un livello più resistente con valore medio di circa 10 colpi tra 2.7 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 17, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 1.2 metri, di circa 5 colpi da 1.2 a 2.4 metri. Tra 2.4 e 3.9 metri sono stati attraversati sedimenti con valore più frequente di 7 colpi ma con presenza di un livello a bassa resistenza tra 3 e 3.6 metri (4 e 1 colpo). Seguono depositi resistenti, con valore medio di circa 18 colpi tra 3.9 e 4.8 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova). In questa prova è stata rilevata una falda con soggiacenza di 2.9 metri dal piano di campagna.

La DPSH 18, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza poco variabile, caratterizzato da un valore medio di resistenza di circa 6 colpi fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova), con un livello più resistente (8-9 colpi) tra 1.8 e 2.4 metri.

La DPSH 19 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 8.5 colpi fino alla profondità di 1.2 metri, di circa 5 colpi da 1.2 a 2.4 metri, di circa 8.5 colpi 2.4 e 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 20 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di circa 5.5 colpi fino alla profondità di 2.4 metri, con un livello più resistente tra 1.2 e 1.8 metri (8 colpi). Segue un livello con valore medio di circa 8 colpi tra 1.8 e 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

Si allega in calce alla presente relazione le elaborazioni delle prove penetrometriche dinamiche.

#### **Prova penetrometrica statica**

La prova, identificata con la sigla CPT11, è stata spinta fino alla profondità di 10 metri, l'indagine ha restituito la seguente suddivisione stratigrafica, basata sui valori di resistenza alla punta.

Livello	Prof. Strato (m)	qc Media (MPa)	fs Media (MPa)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1	0,80	0,613	0,08	Incoerente-Coesivo	argilla limosa poco consistente
2	1,60	8,336	0,29	Incoerente-Coesivo	argilla sabbiosa molto consistente
3	2,60	12,709	0,39	Incoerente-Coesivo	argilla con limo molto consistente
4	3,40	6,08	0,14	Incoerente-Coesivo	sabbia limosa addensata
5	10,00	2,841	0,10	Incoerente-Coesivo	argilla limosa mediamente consistenti

Si allega, in calce alla presente relazione, le elaborazioni relative alla prova penetrometrica statica.

## 8.1. Elaborazione indagini geognostiche e parametri geotecnici

### Cenni teorici prove penetrometriche dinamiche DPSH

*Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici*

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) 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  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$ ;
- 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) - Strumentazione utilizzata nel presente lavoro.

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  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> 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  $\delta = 10$  cm, punta conica*

*( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> 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  $\delta=30$  cm, punta conica*

*( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;*

- **DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)**

*massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.*

*Correlazione con N<sub>spt</sub>*

*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<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:*

$$N_{SDT} = \beta \cdot N$$

Dove:

$$N = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

*in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> 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.

$\delta$  passo di avanzamento.

Formula Olandesi

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

$R_{pd}$  resistenza dinamica punta (area A).

e infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).

M peso massa battente (altezza caduta H).

P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N1)60

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

$$\left( \frac{N_1}{60} \right)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{P_{u1} \cdot \sigma_{vb}}{P_u}} \quad CN < 1.7 \quad P_u = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot \left( \frac{ER}{60} \right) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_L$$

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

Cs parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

Cd funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

Cr 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:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot \left( \sigma_{N_{spt}} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**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  $D_r$  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  $D_r$  % 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  $D_r$  % 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
- Buismann-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  $\tau$  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  $V_s$  (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 ( $K_0$ )
- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.  
Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )
- Robertson (1983) -  $Q_c$   
Correlazioni geotecniche terreni coesivi  
Coesione non drenata
- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.  
Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )
- Robertson (1983) -  $Q_c$   
Modulo Edometrico-Confinato ( $M_0$ )
- 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 - $M_0$  ( $E_{ed}$ ) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt} = 1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).  
Modulo Di Young ( $EY$ )
- 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.*

## 8.2. Cenni teorici prove penetrometriche statiche CPT

### PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm / s} \pm 0,5 \text{ cm / s}$ ).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**". Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica	$\varnothing$	= 35,7 mm
- area di punta	$A_p$	= $10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono	$\alpha$	= $60^\circ$
- superficie laterale del manicotto	$A_m$	= $150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

### REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in  $\text{Kg/cm}^2$ ) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

### METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo "**STATIC PROBING**" della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$$A_p = \text{l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann")} = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_m = \text{area del manicotto di frizione} = 150 \text{ cm}^2$$

Ct = costante di trasformazione =10

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

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 dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Qc (RP) = (LP \times Ct) / 10 \text{ cm}^2 \quad \text{Resistenza alla punta}$$

$$Ql (RL) (fs) = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2 \quad \text{Resistenza laterale}$$

Qc (RP) = Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Superficie Punta Ap

Ql (RL) (fs) = Lettura laterale LT- Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Am area del manicotto di frizione

#### N.B.

- Ap = 10 cm<sup>2</sup> e Am = 150 cm<sup>2</sup>

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

#### VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static 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 :

#### Medio

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### Massimo

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### Minimo

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### Media (+) s

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### Media (-) s

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

#### INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 ( consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 ( consigliato per CPT)

- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 (consigliato per CPTe)
- Begemann 1965 (consigliato per CPT)

#### Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTe (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere U1 – U2 – U3 cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

#### Area punta del cono (area esterna punta)

**Area interna punta del cono** (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).

**Il Passo del penetrometro** (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale  $f_s$  con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del  $I_c$  (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

#### CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la  $Q_c$  media, la  $f_s$  media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

#### TERRENI INCOERENTI

##### Angolo di Attrito

Angolo di Attrito (Durgunouglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementare quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

##### Densità relativa (%)

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

##### Modulo di Young

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978)  $E_y(25) - E_y(50)$  - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983)  $E_y(25) - E_y(50)$ - per sabbie NC Quarzose.

Modulo di Young (ISOPT-1 1988)  $E_y(50)$  - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

#### **Modulo Edometrico**

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC

Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

#### **Peso di Volume**

Peso di Volume (Meyerhof) -

Peso di Volume saturo (Meyerhof) -

#### **Modulo di deformazione di taglio**

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Potenziale di Liquefazione**

Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-II-III-IV cat. – N.B. la liquefazione è assente per  $F_s \geq 1,25$ , possibile per  $F_s=1,0-1,25$  e molto probabile per  $F_s < 1$

#### **Fattori di compressibilità**

Ramo di carico C ( autori vari)

Ramo di carico medio  $C_{rm}$  (autori vari)

#### **OCR** - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

#### **Modulo Di Reazione $K_0$**

(Kulhawy Maine, 1990).

#### **Correlazione NSPT**

Meardi – Meigh 1972

Meyerhof

### **TERRENI COESIVI**

#### **Coesione Non Drenata**

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari

Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di  $N_k$  (generalmente variabile da 11 a 25)

Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)

Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)

Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)

Coesione non drenata (Kjekstad. 1978 )

Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)

Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Coesione non drenata (Begemann)

Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

#### **Indice Di Compressione C**

Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann)

Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann 1978)

Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Fattore di compressibilità medio ramo di carico  $C_{rm}$  (Piacentini-Righi Inacos 1978).

#### **Modulo Edometrico-Confinato**

Mitchell - Gardnerr (1975)  $M_o(Eed)$  (Kg/cm<sup>2</sup>) per limi e argille.

Metodo generale del modulo edometrico.

Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici ( $W$  90-130)

Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille copatte- Valore medio degli autori su suoli coesivi

#### **Modulo di deformazione non drenato**

Modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (Cancelli ed altri 1980)

Modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore  $n$   $30 < n < 1500$  sulla base di esperienze acquisite e del tipo litologico)

#### **Peso di Volume**

Peso di Volume terreni coesivi ( $t/mq$ ) (Meyerhof)

Peso di Volume saturo terreni coesivi ( $t/mq$ ) (Meyerhof)

**Modulo di deformazione di taglio)**

Imai & Tonouchi (1982)

**OCR**

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto

Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

**Coefficiente Di Consolidazione Verticale**

Coefficiente di Consolidazione Cv (Piacentini-Righi, 1988)

**Permeabilità**

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988)

Si allega, in calce alla presente relazione, le elaborazioni relative alla prova penetrometrica dinamica DPSH 8, ritenuta dagli scriventi la più significativa.

La presente relazione ha fatto riferimento ai seguenti documenti, riportati in allegato, redatti per la Società Soleroselle S.r.l. dal collega Geol. Ferruccio Lorenzini della impresa "Ambiente e Sottosuolo" e dal Perito Agrario Valentina Benellini e, in particolare alla/al:

Relazione di sintesi delle prove eseguite

Relazione prove MASW;

Cartografica generale indagini;

Report scavi geognostici

Report relativo alle prove penetrometriche e MASW.

## 9. Parametri geotecnici caratteristici (NTC 2018)

Dalle elaborazioni effettuate sulle indagini geognostiche eseguite abbiamo condotto, in accordo con il § 6.2.2 delle NTC 2018, una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro geotecnico da considerare nei calcoli strutturali

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof da	Profondità tetto strato (m)
Prof a	Profondità base strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Qc Rp	Qc Rp Resistenza alla punta del penetrometro statico/dinamico (kPa)
C':	Coesione drenata (kPa)
Cu:	Coesione non drenata (kPa)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (MPa)
Mo:	Modulo Edometrico (MPa)
Puv:	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (MPa)

Nr.	Prof Da	Prof A	Tipo	Qc Rp	C	Cu	Eu	Mo	Puv	PuvS	Fi	Ey
1,00	0,00	0,80	CI	0,61	5,00	35,00	23,00	5,00	17,50	18,00	25,00	1,50
2,00	0,80	1,60	CI	8,34	5,00	470,00	310,00	21,00	21,50	22,00	25,00	20,00
3,00	1,60	2,60	CI	12,71	5,00	720,00	470,00	32,00	22,50	23,00	25,00	31,00
4,00	2,60	3,40	CI	6,08	5,00	340,00	225,00	15,00	19,50	20,00	30,00	15,00
5,00	3,40	10,00	CI	2,84	5,00	150,00	100,00	7,00	19,90	20,70	25,00	7,00

*Il valore della coesione drenata "C'" viene assunto da bibliografia pari a 5 kPa (Fondazioni - Bowels) - Angolo d'attrito "Fi" per i terreni argillosi viene assunto da bibliografia pari a 25° (Fondazioni - Bowels)*

## 10. Modello sismico sitospecifico

### 10.1. Classificazione sismica Comunale

La normativa in tema di zonazione sismica, antecedente l'OPCM 3274 e il Decreto Ministeriale 14/01/2008, prevedeva che alle zone di 1a, 2a e 3a categoria venissero associati valori del "coefficiente di sismicità" S (accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico) attraverso la seguente relazione:  $C = S - 2/100$  dove S rappresenta il grado di sismicità della zona rispettivamente di 12, 9 e 6.

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8).

La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica ( $a_g$ )
1	$0.25 \text{ g} < a_g < 0.35 \text{ g}$	0.35 g
2	$0.15 \text{ g} < a_g < 0.25 \text{ g}$	0.25 g
3	$0.05 \text{ g} < a_g < 0.15 \text{ g}$	0.15 g
4	$< 0.05 \text{ g}$	0.05 g



La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T. N.421 del 26 maggio 2014) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2.

Il territorio comunale di **Grosseto (GR)** rientra nella **Classe 4** con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0,05 g.

## 11. Parametri sismici sitospecifici (NTC 2018)

### 11.1. Categoria di sottosuolo

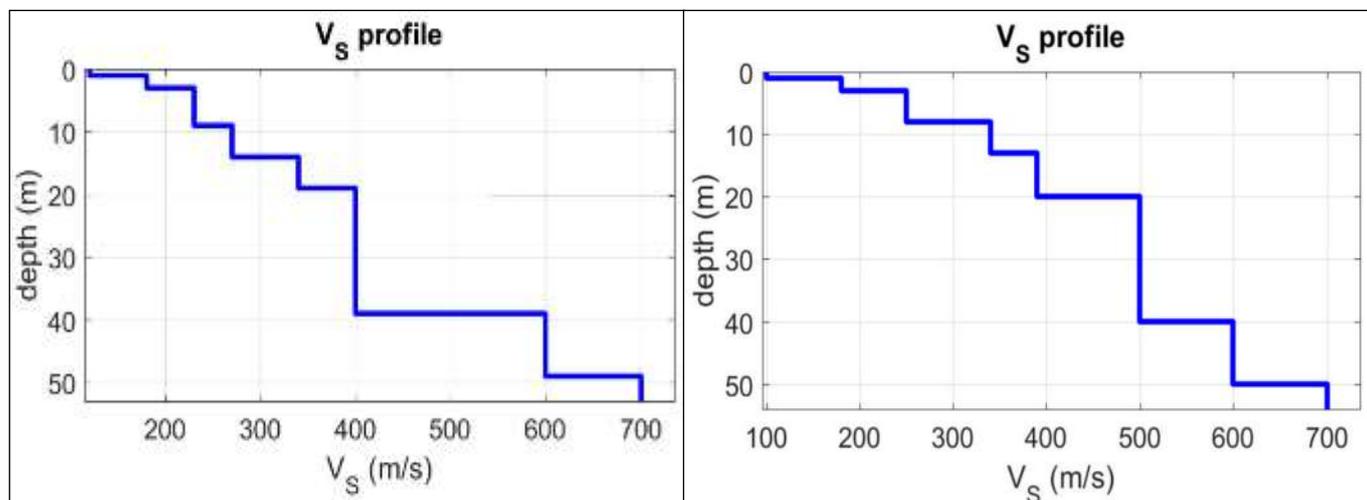
Le indicazioni sismiche di sito sono state estrapolate dalla campagna appositamente eseguita costituita da due prove MASW che hanno fornito i seguenti risultati:

Visto il profilo  $V_s$  ed il conseguente modello sismo-stratigrafico sito specifico è possibile determinare il valore della  $V_{sEQ}$ , considerando il piano di fondazione delle nuove strutture posto in corrispondenza del piano di campagna.

Tenuto conto che il bedrock sismico ( $V_s=800$  m/sec) non è stato mai rilevato prima dei 30 metri di profondità, si procede alla stima della  $V_{sEQ}$ , secondo la formula prevista dalla normativa vigente ( $V_{sEQ} = V_{s30}$ ):  
Sito nord - Masw 1  $V_{s30} = 282$  m/sec dal piano di campagna.

Sito sud - Masw 2

$V_{s30} = 320$  m/sec dal piano di campagna.



MASW 1 - Zona Nord

MASW 2 - Zona Sud

Dalle NTC 2018:

*Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.*

*I valori di  $V_S$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.*

*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 dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  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  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso in esame **non avendo** raggiunto il bedrock sismico ( $V_S > 800$  m/sec), occorre calcolare la  $V_{S,eq}$  che nello specifico caso vale:  $V_{S,30} = 282/320$  m/sec

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa e a tale proposito vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Nel caso in questione, con  $V_{S,30} = 282/320$  m/sec si assume la categoria di sottosuolo **C**

## 11.2. Categoria topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

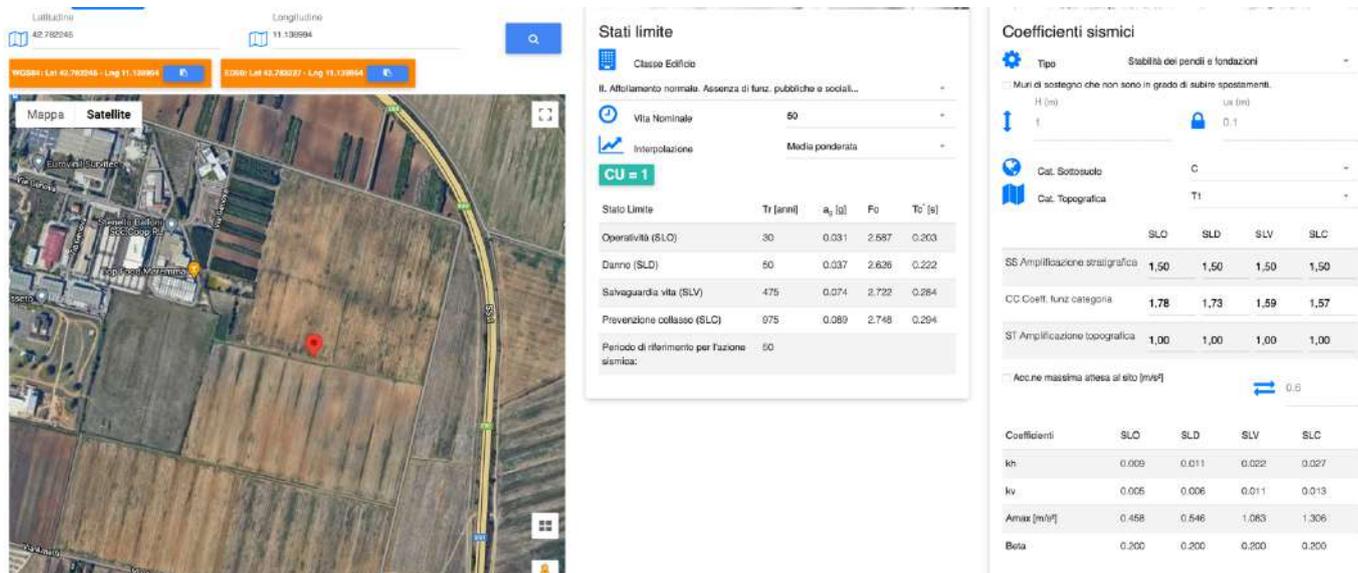
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 $i > 30^\circ$

L'area in oggetto, su versante con pendenza media inferiore a  $15^\circ$ , si inserisce in classe T1.

## 11.3. Parametri sismici sitospecifici

La parametrizzazione di sito qui riportata potrebbe subire piccole variazioni a seconda del software usato e delle coordinate assegnate.



**Stati limite**

Classe Edificio: II, Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_0$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.031	2.587	0.203
Danno (SLD)	50	0.037	2.626	0.222
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.074	2.722	0.264
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.089	2.748	0.294
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**Coefficienti sismici**

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:

H (m): 1, Lx (m): 0,1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,78	1,73	1,59	1,57
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Acc.ne massima attesa al sito [Pav] (tutti i siti in esame)	0,8			

Coefficienti:

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0.009	0.011	0.022	0.027
$k_v$	0.005	0.006	0.011	0.013
$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.458	0.546	1.063	1.306
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

In forma testuale:

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 42,783227

longitudine: 11,139964

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 24496 Lat: 42,7603 Lon: 11,1063 Distanza: 3750,280

Sito 2 ID: 24497 Lat: 42,7616 Lon: 11,1744 Distanza: 3695,730

Sito 3 ID: 24275 Lat: 42,8116 Lon: 11,1725 Distanza: 4124,361

Sito 4 ID: 24274 Lat: 42,8102 Lon: 11,1044 Distanza: 4175,021

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,031 g  
 Fo: 2,587  
 Tc\*: 0,203 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,037 g  
 Fo: 2,626  
 Tc\*: 0,222 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,074 g  
 Fo: 2,722  
 Tc\*: 0,284 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,089 g  
 Fo: 2,748  
 Tc\*: 0,294 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,780  
 St: 1,000  
 Kh: 0,009  
 Kv: 0,005

*Amax:* 0,458

*Beta:* 0,200

SLD:

*Ss:* 1,500

*Cc:* 1,730

*St:* 1,000

*Kh:* 0,011

*Kv:* 0,006

*Amax:* 0,546

*Beta:* 0,200

SLV:

*Ss:* 1,500

*Cc:* 1,590

*St:* 1,000

*Kh:* 0,022

*Kv:* 0,011

*Amax:* 1,083

*Beta:* 0,200

SLC:

*Ss:* 1,500

*Cc:* 1,570

*St:* 1,000

*Kh:* 0,027

*Kv:* 0,013

*Amax:* 1,306

*Beta:* 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 - Geostru:

Coordinate WGS84 - latitudine: 42.782245 - longitudine: 11.138994

#### **11.4. Stabilità nei confronti della liquefazione (NTC 2018)**

Ai sensi del § 7.11.3.4 delle NTC 2008 il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Nel caso in esame la verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione può essere **omessa** ai sensi del capitolo

7.11.3.4.2 esclusione della verifica a liquefazione principalmente per quanto indicato la punto 1)

....omissis .....

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

I terreni di fondazione, quindi, non sono soggetti al fenomeno della liquefazione. Si aggiunge, inoltre, che le opere in progetto non presentano vulnerabilità sismiche d'interesse apprezzabile.

## **12. Considerazioni geologiche riguardo l'elettrodotto**

Il collegamento alla Rete Nazionale avverrà in AT (132kV) mediante un elettrodotto interrato fino a raggiungere la cabina primaria denominata Grosseto Nord dove è prevista l'installazione di un nuovo stallo AT da collegare a sbarre esistenti.

La tipologia di posa in opera del cavo sarà di tipo tradizionale, quindi mediante scavo, posa in opera del cavo (secondo le specifiche dell'ente energetico, e chiusura dello scavo mediante la posa in opera di materiale arido con asfaltatura (se richiesta).

Per ulteriori dettagli si rimanda alle relative relazioni tecniche.

Dal punto di vista geologico, idraulico e sismico non si ravvisano particolari procedure e/o prescrizioni da porre in essere trattandosi di un'opera interrata di basso impegno strutturale.

## **13. Conclusioni**

La presente relazione geologica ha avuto per oggetto l'esame dei terreni a supporto al progetto di un impianto agrivoltaico da realizzarsi nel comune di Grosseto in località Poggione (coordinate 42°47'04.5"N 11°08'19.7"E). Con collegamento alla Rete Nazionale in AT (132kV) mediante un elettrodotto interrato fino a raggiungere la cabina primaria denominata Grosseto Nord dove è prevista l'installazione di un nuovo stallo AT da collegare a sbarre esistenti.

Richiedente: Società: Richiedente: Società: SOLERSELLE S.R.L..

Alla luce di quanto esposto nei capitoli precedenti si conclude, per quanto di nostra competenza, la fattibilità geologica, idraulica e sismica delle opere in progetto.

Pistoia, giugno 2024

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Iscritto Albo dei geologi della Toscana n° 644

Allegati:

1. Relazione di sintesi delle prove eseguite (Fase I e II);
2. Certificati prove penetrometriche
3. Elaborazione delle prove penetrometriche significative (CPT 11) e (DPSH 8)
4. Relazione prove MASW;
5. Tavola: Report scavi geognostici;
6. Tavola: Report relativo alle prove penetrometriche e MASW;
7. Tavola geologica



# Comune di Grosseto

Provincia di Grosseto

- Loc. *POGGIONE* -

## LAVORI PER: realizzazione impianto agrivoltaico

*Committente: Soc. La Salica SRL*

**ELABORATO: r e l a z i o n e s i n t e s i i n d a g i n i i I ^ f a s e**

*Gruppo di lavoro:*

*Ambiente e Sottosuolo*

impresa di Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini  
Geognostica e geoservizi

GROSSETO - Via Ambra n. 6a

Mobile: 328.0311006

e-mail: [ambiente.sottosuolo@gmail.com](mailto:ambiente.sottosuolo@gmail.com)

**Perito Agrario**

**Valentina Benellini**

Via Molise n°2

58100-Grosseto

Cell:3278405181

mail: [vale.benellini@hotmail.it](mailto:vale.benellini@hotmail.it)

pec: [valentina.benellini@peritiagrari.pro](mailto:valentina.benellini@peritiagrari.pro)

TAV.

SCALA

DATA

Maggio 2024

Timbro e firma:

## Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-GEOMORFOLOGICO .....	3
3. CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	4
4. CARATTERI GEOLOGICI, STRATIGRAFICI E LITOLOGICI .....	5
5. SAGGI CON ESCAVATORE .....	6
6. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....	7
6.1    FASE 1 (DATA 26.04.2024 E 28.04.2024).....	7
6.2    FASE 2 (data 29.05.2024).....	8
7. PROVA PENETROMETRICA STATICA .....	9
8. PROVE SISMICHE MASW .....	10
9. CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	11

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per conto della **Società La Salica srl** in cui vengono descritte le indagini eseguite all' interno della proprietà, posta in località Poggione nel Comune di Grosseto, a supporto del progetto preliminare per la realizzazione di un impianto agrivoltaico.

Sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche per la caratterizzazione stratigrafica dell'area in esame:

- ✓ n. 10 scavi con escavatore con profondità comprese tra 2 e 2.7 metri dal p.c. e con prelievo di n.10 campioni per analisi chimiche e granulometriche (eseguite in data 23.04.2024);
- ✓ n. 13 scavi con mezzo meccanico a profondità comprese tra 2 e 2.4 metri dal p.c. (eseguite in data 26.04.2024);
- ✓ n. 10 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) spinte fino a profondità massima di 8 metri dal p.c. (eseguite in data 26.04.2024 e 28.04.2024);
- ✓ n. 1 prove penetrometriche statica (CPT) spinta fino a profondità di 10 metri dal p.c. (eseguite in data 28.04.2024);
- ✓ n. 2 prove sismiche MASW finalizzate alla definizione dell'assetto sismostratigrafico e alla determinazione della categoria di sottosuolo (eseguite in data 28.04.2024).
- ✓ n. 9 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) spinte fino a profondità massima di 4.8 metri dal p.c. (eseguite in data 29.05.2024);

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-GEOMORFOLOGICO

L'area in studio ricade nella periferia nord-orientale di Grosseto e si sviluppa nel settore compreso tra Via Senese e la s.s. Aurelia ed è cartograficamente compresa nel Foglio n°331 IV<sup>a</sup> Sezione "Grosseto" della Carta Topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:25.000 ed in dettaglio nell'Elemento n° 312020 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

La proprietà in esame è ubicata nella periferia di Grosseto, il lato sud-occidentale confina con la piccola zona industriale di Via Genova, mentre gli altri due lati lo separano da un territorio a destinazione agricola; la proprietà stessa è attualmente agricola.

Nel complesso, l'area presenta caratteristiche morfologiche tipiche della zona continentale di piana alluvionale, di transizione ai retrostanti rilievi collinari in cui dominano alti morfologici di modesto rilievo (Poggio Moscona 325,89 m s.l.m.). Si tratta di una zona nell'insieme pianeggiante, priva di elementi morfologici di rilievo, con blande ondulazioni del piano di campagna che determinano nel complesso una debole immersione verso Sud-Ovest (in direzione della costa).

L'area adiacente già urbanizzata è servita dalla rete fognaria cittadina che raccoglie e smaltisce le precipitazioni meteoriche, mentre il territorio agricolo (di cui fa attualmente parte il sito d'intervento) è attraversato da un reticolo idrografico fortemente antropizzato con canali di bonifica dai tracciati sub-rettilinei e complessi di sistemazioni idraulico-agrarie orientate principalmente N/NE-S/SO e O/NO-E/SE.

Dal punto di vista geomorfologico, i rilievi di campagna permettono d'affermare che, l'area sede d'intervento non è interessata da processi erosivi diffusi o concentrati nè tantomeno gravitativi e/o dissesti in genere attivi o quiescenti. Il sito è pianeggiante ed in naturale equilibrio, non sono segnalati fenomeni di subsidenza.

### **3. CARATTERI IDROGEOLOGICI**

L'area sede d'intervento è posta lungo i margini settentrionali dell'estesa pianura grossetana, di origine alluvionale, che si sviluppa per molti chilometri quadrati fra il mare ed i rilievi collinari dell'entroterra. Quest'area pianeggiante si è formata e sviluppata durante le diverse fasi climatiche del Quaternario, quando il mare aveva un livello più basso dell'attuale (fino anche a -100 metri); ciò ha comportato lo sviluppo di un'articolata successione stratigrafica, costituita sia da sedimenti argilloso-limosi sia da sabbie e ghiaie.

In questo contesto geologico, l'assetto idrogeologico sotterraneo è direttamente legato alla costituzione stratigrafica del sottosuolo ed alle caratteristiche idrodinamiche dei terreni presenti.

I terreni affioranti e presenti nel sottosuolo per profondità di molte decine di metri, sono caratterizzati da una permeabilità per porosità, ossia, i vuoti che permettono il passaggio dell'acqua si sono formati contemporaneamente al litotipo che li contiene e fanno parte della sua struttura e tessitura. Questo tipo di permeabilità è funzione delle dimensioni, forma, disposizione e tipo di cementazione dei granuli costituenti il terreno.

Nell'area sede d'intervento, affiorano e si sviluppano nel sottosuolo le alluvioni antiche terrazzate bnb; queste formano un'unità idrogeologica costituita in prevalenza da limi ed argille e subordinatamente da intercalazioni sabbiose; è perciò possibile individuare due sottounità:

la componente limosa-argillosa può essere inserita nel sottogruppo "CL" dei "limi inorganici e sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose o limi argillosi poco plastici" del sistema U.S.C.S. con permeabilità bassa (compresa tra  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  cm/sec.);

la porzione sabbiosa è classificabile nei sottogruppi "SW" delle "sabbie ben selezionate con scarso o senza fine" del sistema U.S.C.S. con permeabilità discreta ( $>10^{-3}$  cm/sec.).

I terreni appartenenti alla prima sotto-unità, presentano caratteristiche idrauliche tali da poter considerare trascurabile la componente orizzontale del moto dell'acqua (acquitardo-acquiclude), mentre i terreni della seconda sottounità sono classificabili come modesti acquiferi granulari.

Dalle stratigrafie dei pozzi allegata risulta che i livelli acquiferi contengono una falda a buona produttività, arrivando a portate considerevoli impostata tra i 30-35 m di profondità da p.c. (ved.re Sezione geologica-idrogeologica).

Secondo quanto evidenziato nelle "Carte delle iso-piezometriche di falda" (ved.re figura 4), tratte dallo studio geologico preliminare finalizzato alla valutazione dell'intrusione salina negli acquiferi della zona costiera compresa tra Castiglione della Pescaia e i monti dell'Uccellina" (Università degli studi di Siena – Relazione finale, febbraio 2010), nella zona oggetto di intervento

il livello piezometrico di morbida (febbraio 2009) e quello di magra (luglio 2009) presenta una variazione di circa 1 m, attestandosi a valori di circa 10/9 metri s.l.m. (circa -4,0/-5,0 m dal p.c.).

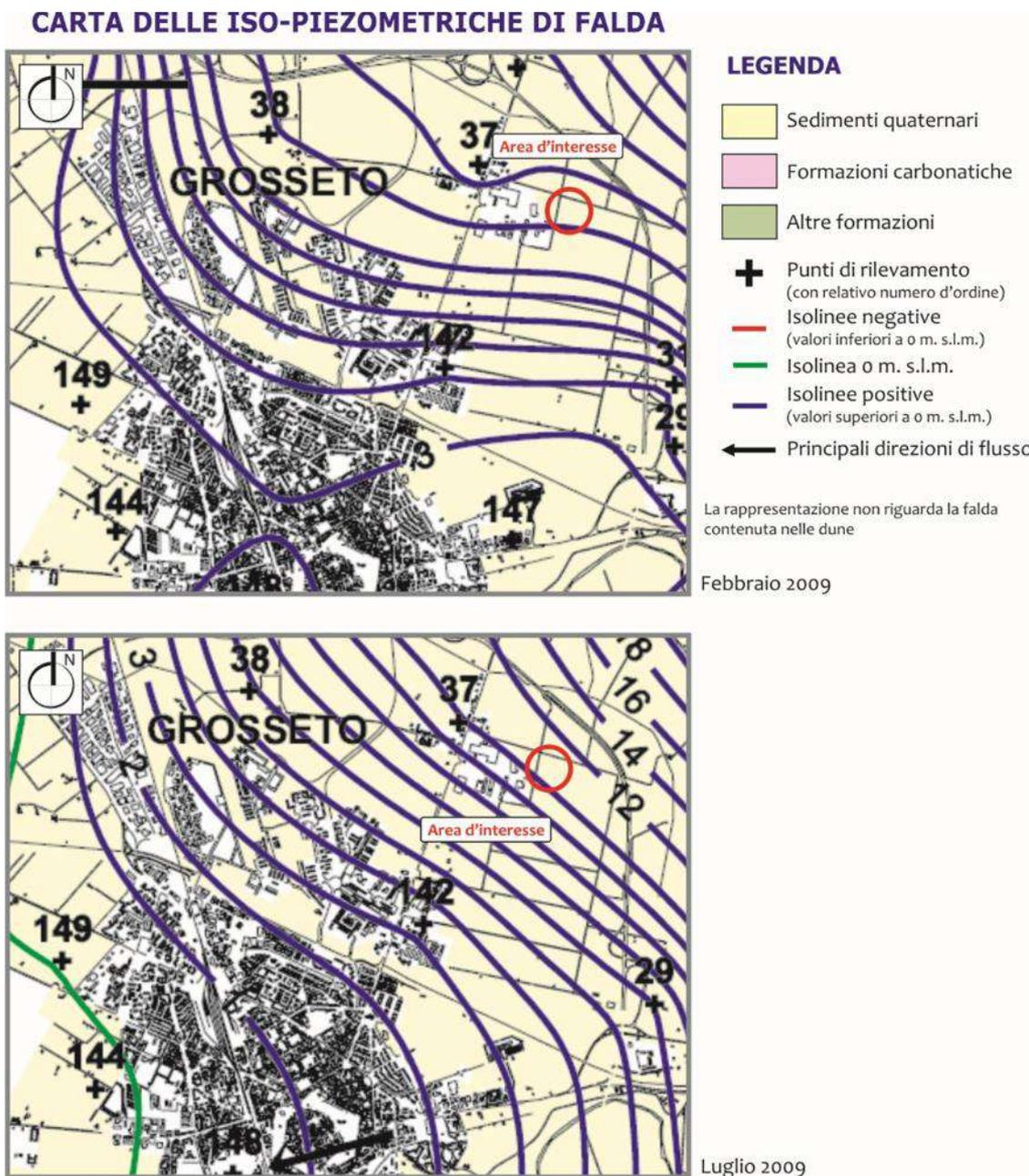


Figura 4 – Carte delle isopiezometrie della falda nella Pianura di Grosseto

#### 4. CARATTERI GEOLOGICI, STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

L'inquadramento geologico dell'area è stato fatto riferendosi alla tavola G2-7 allegata al Piano Strutturale (anno 2003) e nella zona di interesse è cartografato l'affioramento delle seguenti formazioni, come descritte nella Relazione geologica allegata al Piano Strutturale (Luglio 2002):

- ❖ **ag Sedimenti alluvionali attuali e recenti:** ghiaie in matrice argillosa- Depositi costituiti da argilla e limo e rari ciottoli di varia dimensione
- ❖ **acg Sedimenti alluvionali attuali e recenti:** argille sabbioso-ciottolose- Si tratta di materiale grossolano ghiaioso e talora ciottoloso immerso in matrice sabbioso-argillosa, quest'ultima a luoghi prevalente.

- ❖ **tr Sedimenti terroso-travertinosi**- Affiorano nella fascia poco a sud di Bagni di Roselle e sono rappresentati da farine calcaree poco coerenti e da concrezioni; si trovano intercalati ai depositi alluvionali e detritici e sono in relazione con la risalita di acque idrotermali dal substrato.

La formazione acg corrisponde ai depositi alluvionali antichi terrazzati (bnb), formati grazie agli apporti del Fiume Ombrone e degli altri tributari minori, costituiscono il livello fondamentale della pianura di Grosseto. La potenza completa della successione sedimentaria bnb è stimata in oltre 100 metri. Dal punto di vista litologico, i depositi bnb sono costituiti dalla successione ritmica ma irregolare di strati di argille limose, limi argillosi talora sabbiosi e subordinati livelli di sabbie e ghiaie sabbiose di spessore massimo variabile fra 1 e 3 metri. Dal punto di vista litotecnico, trattasi di depositi a comportamento coesivo dove, ad esclusione dei primi metri che possono essere anche molto compatti a causa di fenomeni di “aging”, la consistenza da “plastica” tende generalmente ad aumentare gradualmente con la profondità. In questo sito, il substrato (generalmente costituito dalle formazioni rocciose pre-Neogene), si trova a circa 150 di metri di profondità.

Un sondaggio pregresso ubicato poco oltre il perimetro ovest nella zona centrale dell'area in studio aveva restituito la seguente successione stratigrafica:

- fino a circa 12/13 metri dominanza di depositi coesivi (argille e argille limose) con subordinati livelli di sabbie;

- da 12/13 metri a circa 22.0 m depositi argillosi con intercalazioni di livelli di travertino. All'interno della successione in alcuni casi si evidenzia la presenza predominante del deposito di travertino su quello argilloso

- da circa 22.0 m a 28.0 m argille grigie

- da circa 28.0 a 32.0 metri (fine perforazione) alternanza di livelli limoso-sabbiosi e/o sabbioso-limosi con sottili intercalazioni di livelli litoidi di travertino. All'interno della successione in alcuni casi si evidenzia la presenza predominante del deposito di travertino su quello limoso sabbioso e/o sabbioso limoso.

## **5. SAGGI CON ESCAVATORE**

Complessivamente sono stati eseguiti 23 scavi con mezzo meccanico, a profondità comprese tra 2 e 2.7 metri circa dal piano di campagna. Su 10 di essi sono stati prelevati campioni di terreno per la caratterizzazione chimica e granulometrica. In una parte degli scavi, al di sotto di riporti agricoli e/o di litologie argillose alluvionali, sono stati riscontrati depositi di tipo travertinoso, costituiti da farine calcaree associate per caratteristiche granulometriche ad argille limose. Negli scavi S1; S2, S3; S4; S6; S7; S8; S9; S10; S11; S12; S13; S15, al di sotto di riporti agricoli (nel caso degli scavi S1; S2; S3) e/o di litologie argillose alluvionali (restanti scavi), sono stati riscontrati depositi di tipo travertinoso, costituiti da farine calcaree associate per caratteristiche granulometriche ad argille limose.

Gli altri scavi (S5; S16; S17; S18; S19; S20; S21; S22; S23) hanno restituito stratigrafie caratterizzate in prevalenza da sedimenti argillo-limosi con contenuto variabile di elementi litici

perlopiù di piccole dimensioni, sia dispersi nella matrice e sia a formare livelletti di piccolo spessore. Con la sola eccezione dello scavo S5, questo gruppo di scavi si localizza nel settore sud dell'area di progetto.

Gli unici scavi in cui è stata riscontrata presenza di acqua sono il saggio S8 (con livello stabilizzato alla profondità di 1.8 metri dal p.c.) ed il saggio S17 (con livello stabilizzato alla profondità di 1.9 metri dal p.c.).

## **6. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

### **6.1 FASE 1 (DATA 26.04.2024 e 30.04.2024)**

Sono state effettuate 10 prove dinamiche superpesanti. Di queste, 3 prove (DPSH 1; DPSH 4; DPSH 5) sono andate a rifiuto prima di raggiungere la profondità preventivata. In nessuna delle 10 prove è stata rilevata presenza di acqua.

La DPSH 1 ha evidenziato bassissimi valori di resistenza fino alla profondità di 1.5 metri, in parte riconducibili alla presenza del riporto agricolo. Al di sotto di tale profondità la resistenza mostra un incremento progressivo, fino al rifiuto avvenuto ad una profondità di circa 3 metri

La DPSH 2, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 2.4 metri e di 11 colpi da 2.4 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 3, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 2.1 metri e di 12 colpi da 2.1 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 4, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 1.5 metri, al di sotto dei quali è stato registrato un netto incremento di resistenza con rifiuto a 2 metri circa di profondità.

La DPSH 5 presenta un profilo del tutto comparabile con la DPSH 4

La DPSH 6, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 5 colpi fino alla profondità di 2.4 metri e di 14 colpi da 2.4 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 7 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 6 colpi fino alla profondità di 2.1 metri, di 14 colpi da 2.1 a 3 metri e di 9 colpi da 3 a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 8, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 6 metri e di 12 colpi da 6 a 8.1 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 9, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 4 colpi fino alla profondità di 1.2 metri e di 7 colpi da 1.2 a 5.1 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova)

La DPSH 10 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 5 colpi fino alla profondità di 2.1 metri e di 7 colpi da 2.1 a 5.1 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

## **6.2 FASE 2 (data 29.05.2024)**

Sono state effettuate 9 prove (DPSH12-DPSH20). Tutte sono state interrotte alla profondità di 4.2 metri, con la sola eccezione della DPSH17 interrotta a 4.8 metri di profondità. La presenza di acqua è stata rilevata soltanto nelle prove DPSH13 e DPSH17.

La DPSH 12, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 5 colpi fino alla profondità di 1.5 metri, cui segue un livello con numero di colpi compreso tra 8 e 12 tra 2.1 e 2.7 metri e un livello con valore medio di 7 colpi da 2.7 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 13, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da valori compresi tra 3 e 9 colpi, con valore medio di circa 6 colpi, fino alla profondità di 2.7 metri, cui segue un livello con valore medio di circa 14 colpi da 2.7 a 3.2 metri e a seguire un livello con valore medio di circa 8 colpi da 3.2 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova). In questa prova è stata rilevata una falda con soggiacenza di 2.6 metri dal piano di campagna.

La DPSH 14 ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da un valore medio di circa 6 colpi fino alla profondità di 1.8 metri e di circa 9 colpi da 1.8 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 15 ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da un valore medio di circa 5 colpi fino alla profondità di 1.5 metri e di circa 8 colpi da 1.5 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 16 ha restituito un profilo di resistenza caratterizzato da bassi valori di resistenza (valore medio del numero di colpi circa 2) per i primi 0.9 metri, associabili a terreno agrario rimaneggiato. Segue un livello con valori di numero di colpi compresi tra 7 e 5, con valore più frequente di 7 colpi tra 0.9 e di 2.7 metri. Segue un livello più resistente con valore medio di circa 10 colpi tra 2.7 fino a 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 17, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 7 colpi fino alla profondità di 1.2 metri, di circa 5 colpi da 1.2 a 2.4 metri. Tra 2.4 e 3.9 metri sono stati attraversati sedimenti con valore più frequente di 7 colpi ma con presenza di un livello a bassa resistenza tra 3 e 3.6 metri (4 e 1 colpo). Seguono depositi resistenti, con valore medio di circa 18 colpi tra 3.9 e 4.8 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova). In questa prova è stata rilevata una falda con soggiacenza di 2.9 metri dal piano di campagna.

La DPSH 18, trascurando il livello agrario superficiale, ha restituito un profilo di resistenza poco variabile, caratterizzato da un valore medio di resistenza di circa 6 colpi fino a 4.2 metri

(profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova), con un livello più resistente (8-9 colpi) tra 1.8 e 2.4 metri.

La DPSH 19 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di 8.5 colpi fino alla profondità di 1.2 metri, di circa 5 colpi da 1.2 a 2.4 metri, di circa 8.5 colpi 2.4 e 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

La DPSH 20 ha restituito un profilo di resistenza con valore medio di circa 5.5 colpi fino alla profondità di 2.4 metri, con un livello più resistente tra 1.2 e 1.8 metri (8 colpi). Segue un livello con valore medio di circa 8 colpi tra 1.8 e 4.2 metri (profondità alla quale è stata volontariamente interrotta la prova).

**Si allega con la presente relazione le elaborazioni delle prove penetrometriche dinamiche.**

## **7. PROVA PENETROMETRICA STATICA**

La prova, identificata con la sigla CPT11, è stata spinta fino alla profondità di 10 metri, l'indagine ha restituito la seguente suddivisione stratigrafica, basata sui valori di resistenza alla punta:

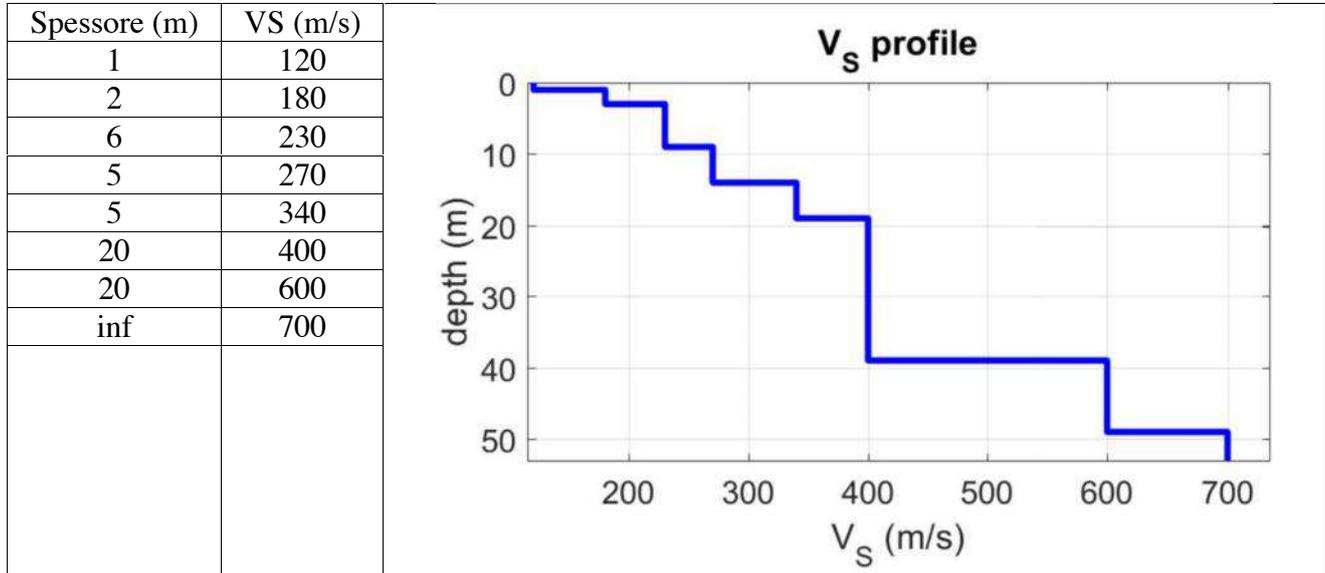
<i>da m p.c.</i>	<i>a m</i>	<i>Descrizione</i>
0	-0.4	Terreno agrario rimaneggiato
-0.4	-0.8	Depositi argillosi da poco a mediamente consistenti (Rp medio 12.5 kg/cmq)
-0.8	-1.6	Limi argillosi sabbiosi molto consistenti (Rp medio 85 kg/cmq)
-1.6	-2.6	Argille limose molto consistenti con materiale clastico (Rp medio 129.6 kg/cmq)
-2.6	-3.4	Sabbie limose e limi sabbiosi addensati (Rp medio 62 kg/cmq)
-3.4	-4.4	Argille e argille limose consistenti (Rp medio 50 kg/cmq)
-4.4	-10.0	Argille e argille limose mediamente consistenti con livelli limo-sabbiosi e sabbioso-limosi (Rp medio 25.2 kg/cmq)

**Si allega con la presente relazione le elaborazioni della prova penetrometrica statica.**

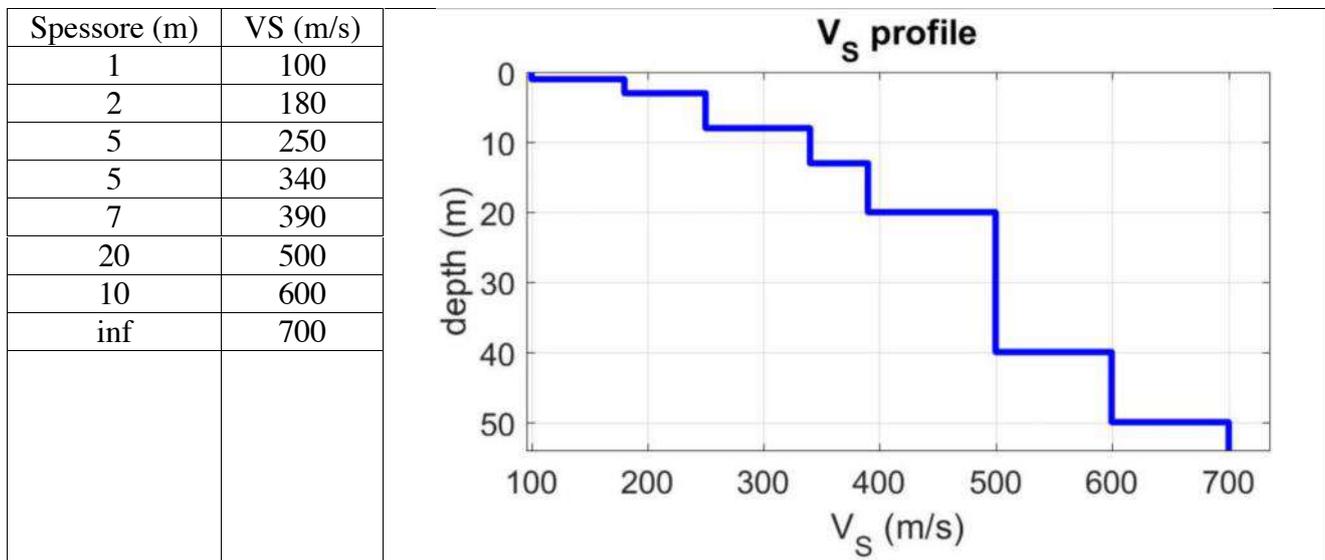
## 8. PROVE SISMICHE MASW

Sono stati effettuati n. 2 stendimenti sismici tipo MASW, ciascuno avente una lunghezza di 60 metri con distanza tra geofoni di 5 metri. Le acquisizioni hanno restituito i seguenti profili sismostratigrafici:

### MASW 1



### MASW 2



In entrambe le MASW non è stato rilevato il bedrock sismico ( $V_S=800$  m/sec) prima dei 30 metri di profondità. Il valore di  $V_{S,eq}$  coincide quindi con il valore  $V_{S,30}$  che è risultato:

MASW 1  $V_{S,eq} = V_{S,30} = 282$  m/s

MASW 2  $V_{S,eq} = V_{S,30} = 320$  m/s

Le due acquisizioni mostrano una suddivisione sismostratigrafica grossomodo equivalente, con valori di velocità maggiori nella MASW 2 per i sismostrati compresi tra 3 e 20 metri circa

## 9. CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 delle NTC2018. In assenza di tali analisi (per interventi in classe d'uso I e II), per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo).

Visti gli esiti delle prospezioni sismiche MASW eseguite nei siti d'interesse ed in particolare:

✗  $V_{s30} = 282-320$  m/sec;

✗ profilo  $V_s$  caratterizzato da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche (come visibile nella scheda allegata alla presente relazione);

può essere associata la **Categoria C** così come sotto meglio descritta:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

**Fig.1** – Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II – NTC2018)

*Geol. Ferruccio Lorenzini*

*P.A. Benellini Valentina*



# Comune di Grosseto

Provincia di Grosseto

- Loc. POGGIONE -

LAVORI PER:  
realizzazione impianto agrivoltaico

Committente: Soc. La Salica SRL

ELABORATO: TAVOLA CARTOGRAFICA  
GENERALE INDAGINI

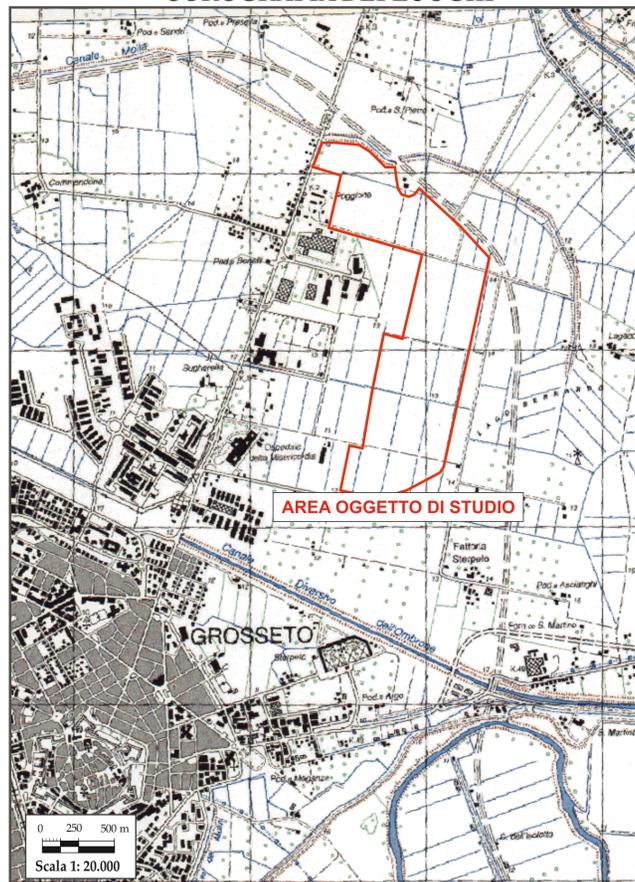
Gruppo di lavoro:

**Ambiente e Sottosuolo**  
Impresa di Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini  
Geognostica e geoservizi  
GROSSETO - Via Ambra n. 6a  
Mobile: 328.0311006  
e-mail: [ambiente.sottosuolo@gmail.com](mailto:ambiente.sottosuolo@gmail.com)

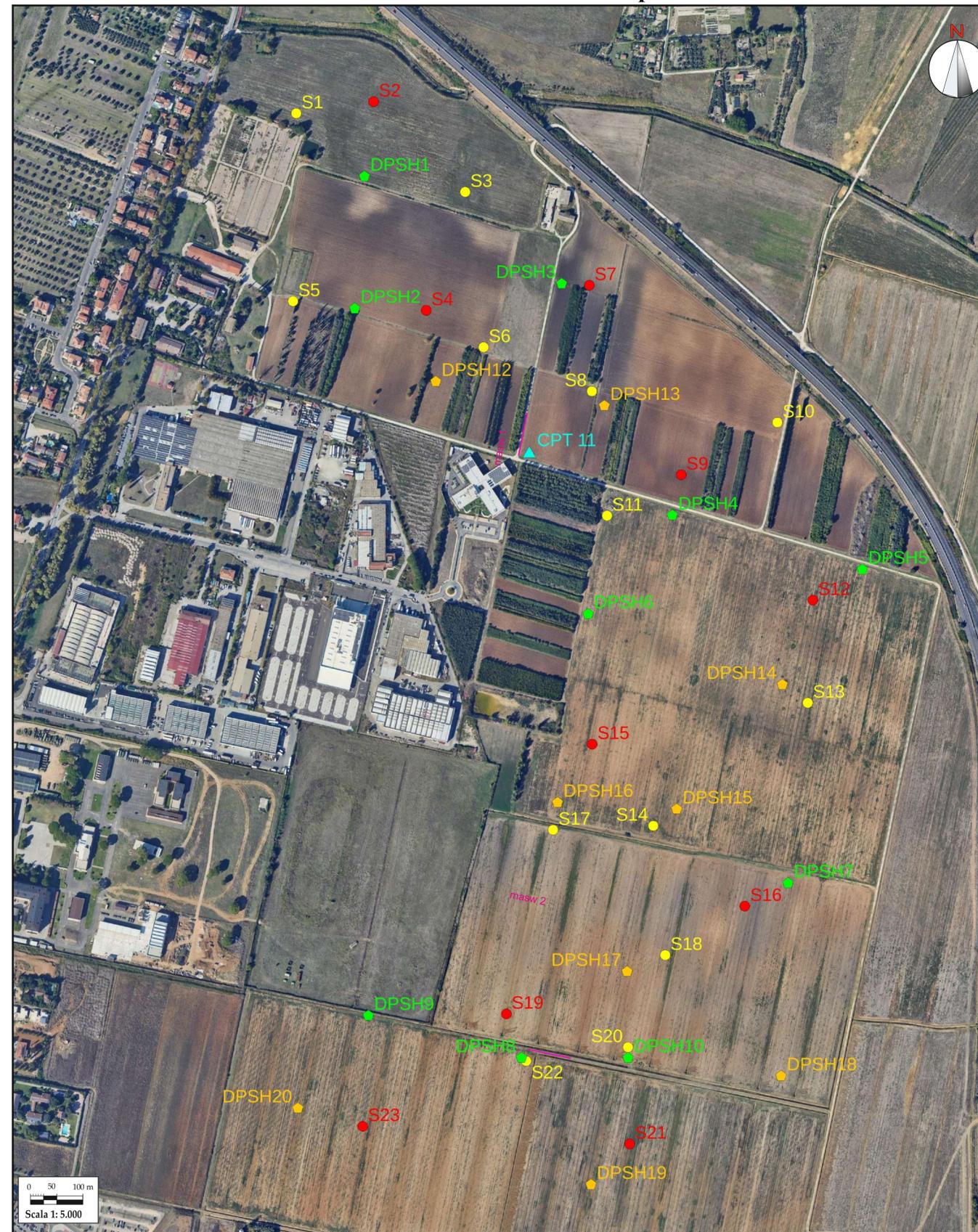
**Perito Agrario**  
**Valentina Benellini**  
Via Molise n°2  
58100-Grosseto  
Cell: 3278405181  
mail: [vale.benellini@hotmail.it](mailto:vale.benellini@hotmail.it)  
pec: [valentina.benellini@peritiagrari.pro](mailto:valentina.benellini@peritiagrari.pro)

TAV.	<b>1</b>	
SCALA	DATA	
Varie	Maggio 2024	
Timbro e firma:		

## COROGRAFIA DEI LUOGHI



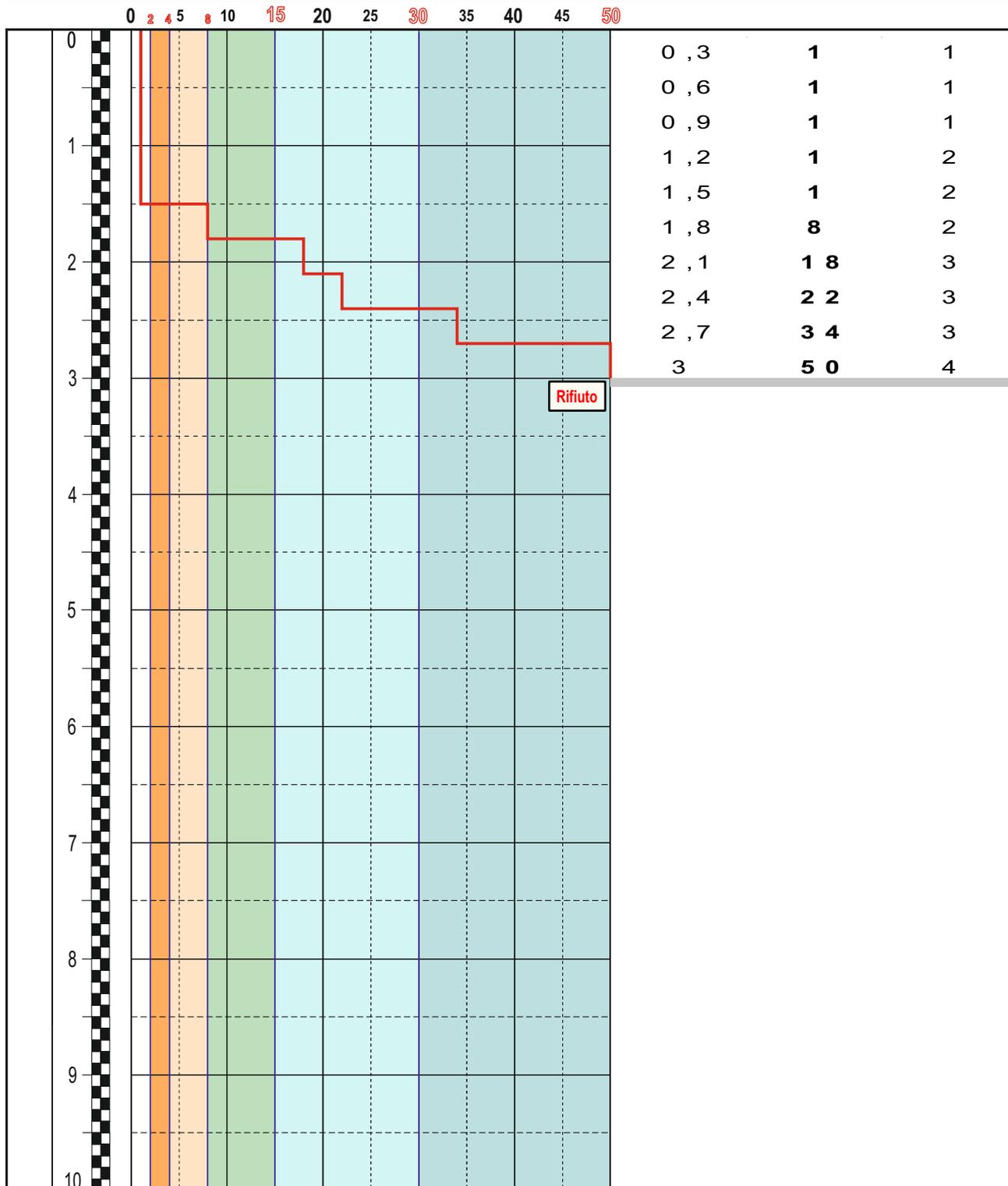
## ORTOFOTOCARTA con ubicazione prove in sito



- S1 Ubicazione scavi geognostici realizzati in data 23.04.2024 con prelievo campioni per analisi
- S1 Ubicazione scavi geognostici realizzati in data 26.04.2024
- ▲ CPT1 Ubicazione prova penetrometrica statica realizzata in data 30.04.2024
- Ubicazione prove penetrometriche dinamiche realizzate in data 26.04.2024 e 30.04.2024
- Ubicazione prove penetrometriche dinamiche realizzate in data 29.05.2024
- Ubicazione stendimenti masw realizzati in data 30.04.2024

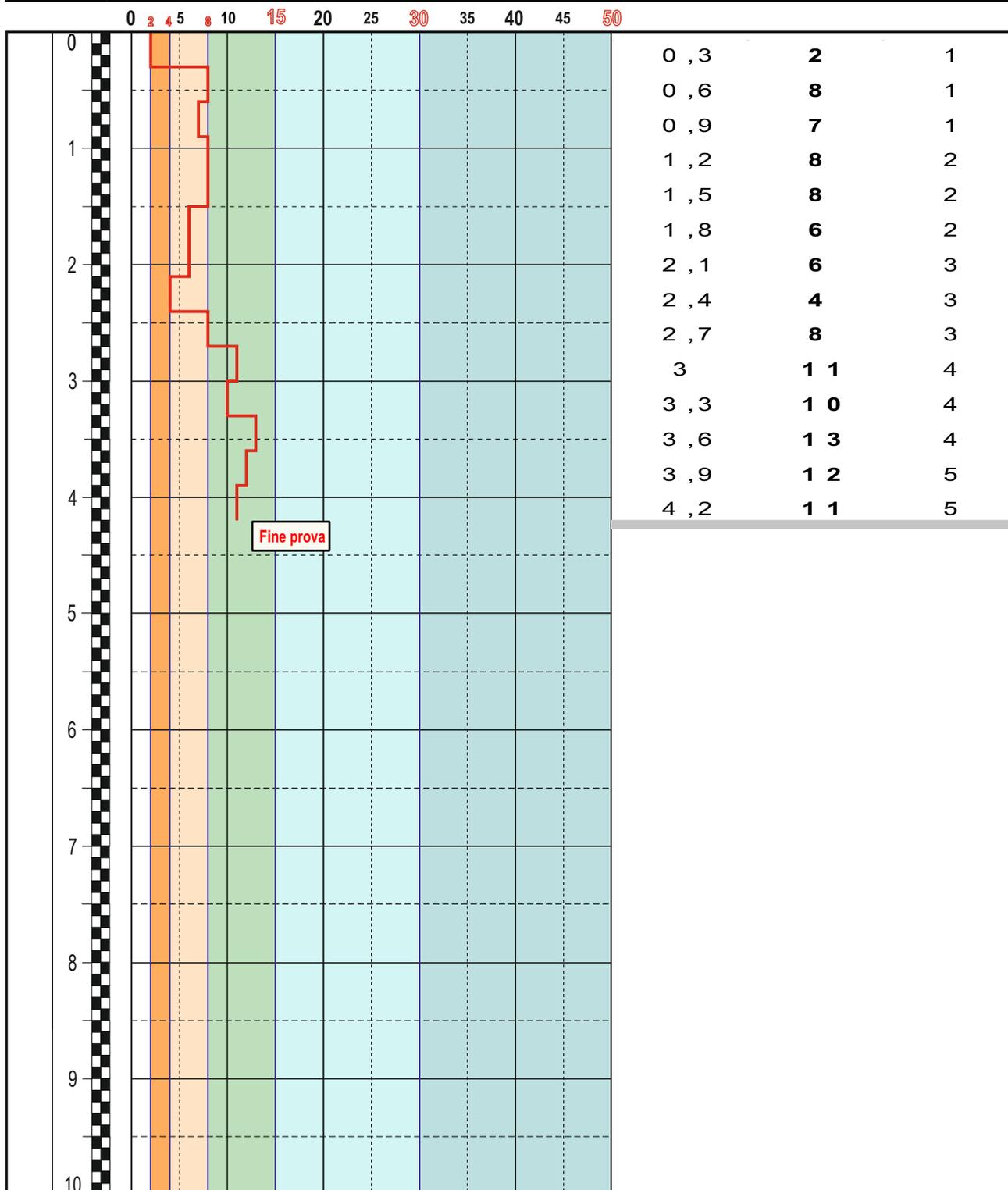
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 1</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Soggiacenza dal p.c.:		Note sperimentatore:			
<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>			<b>VALORI DI RESISTENZA</b>		
Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )			Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)	Asta (n)



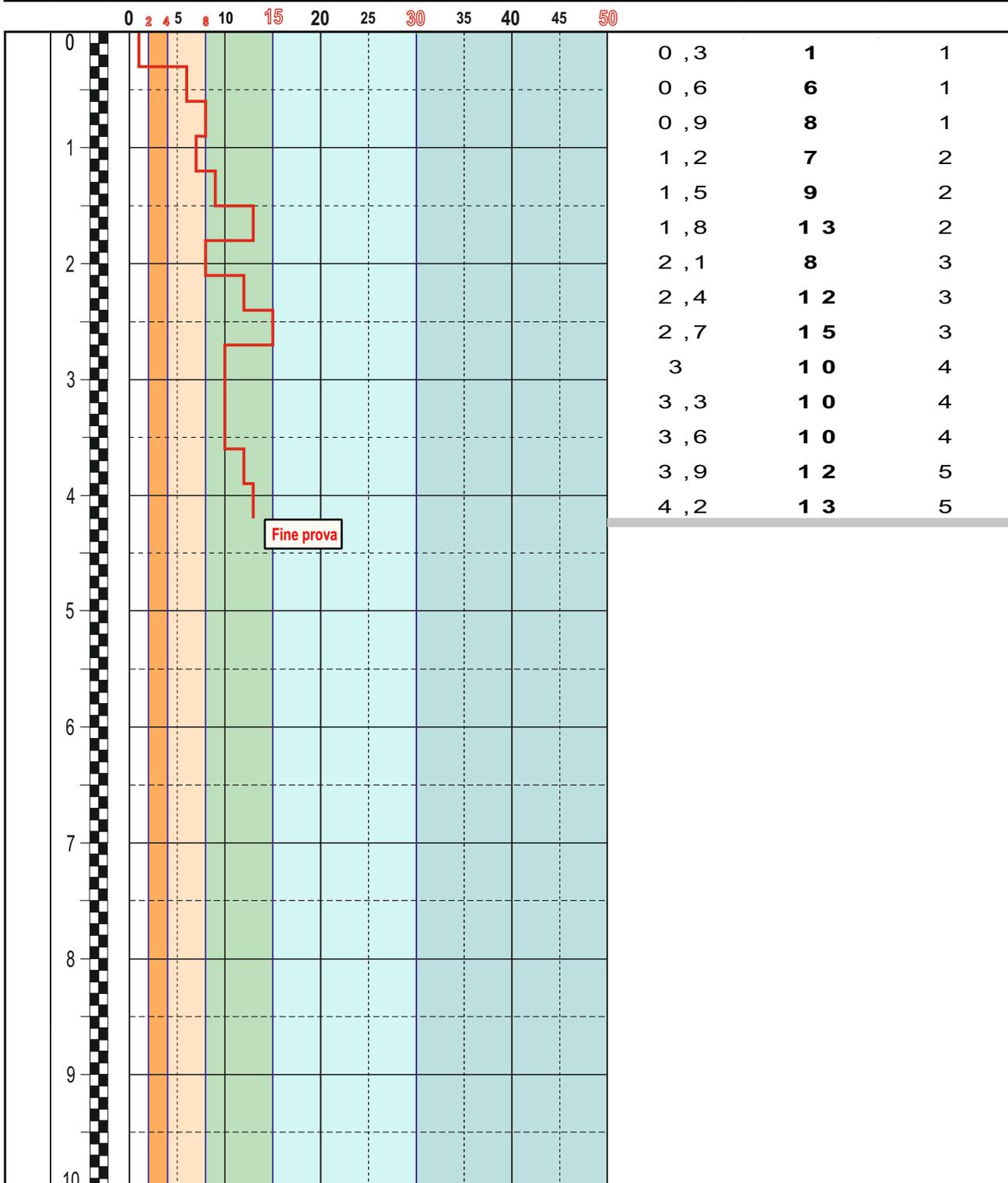
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 2</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.):				Falda: _____ Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
<input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
				Asta (n)	



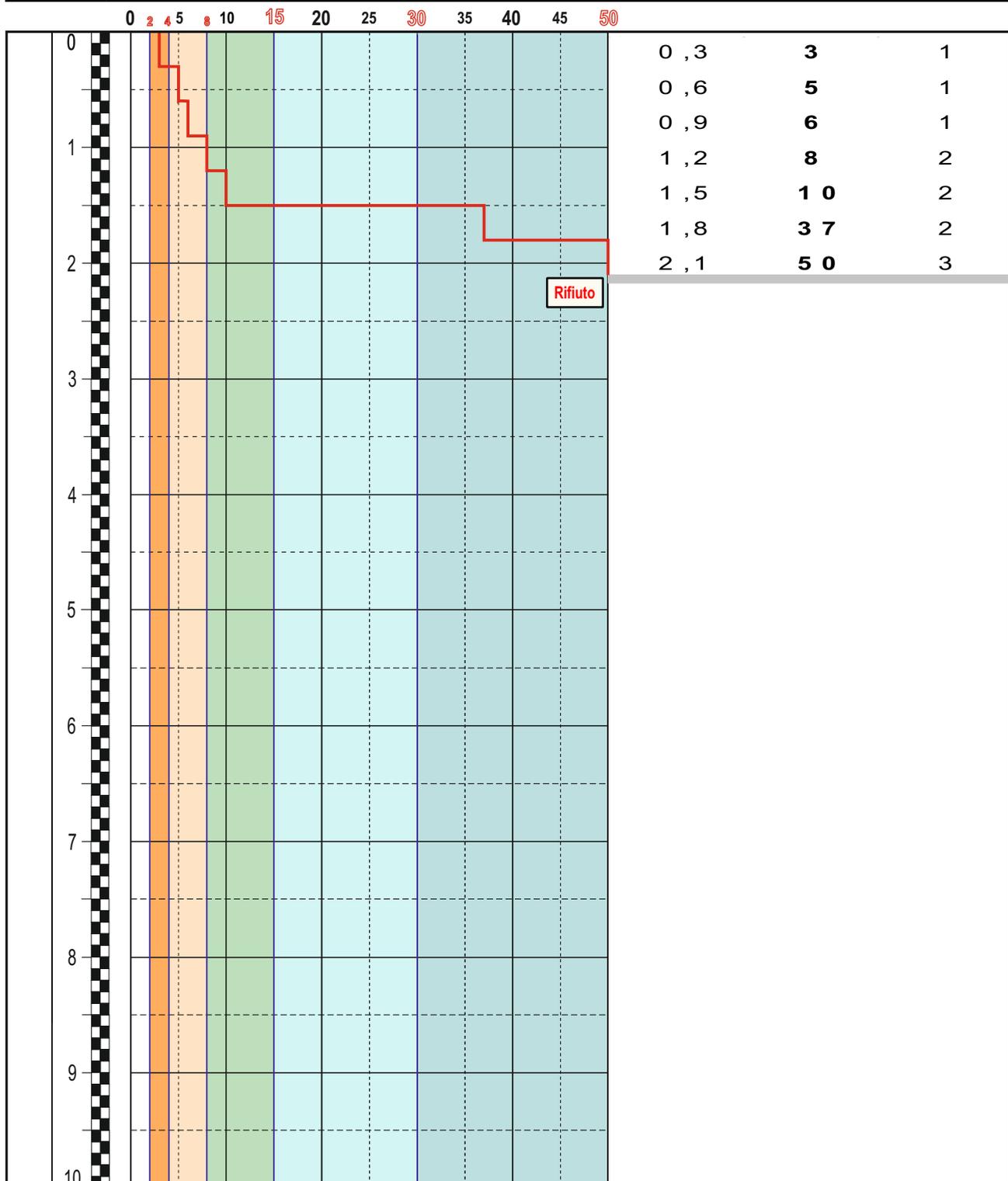
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 3</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



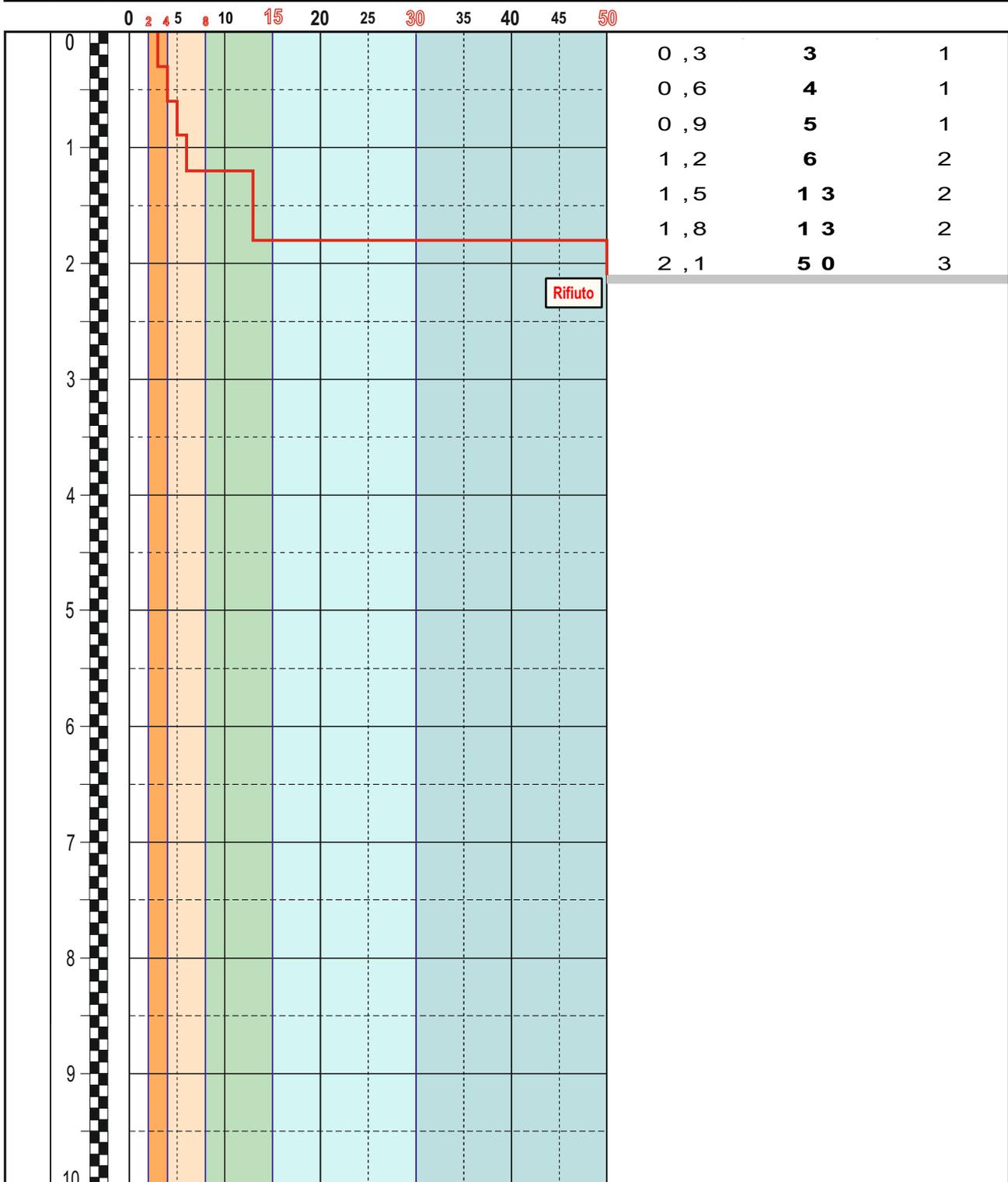
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 4</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si   Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)   N <sub>30</sub> (n)   Asta (n)	



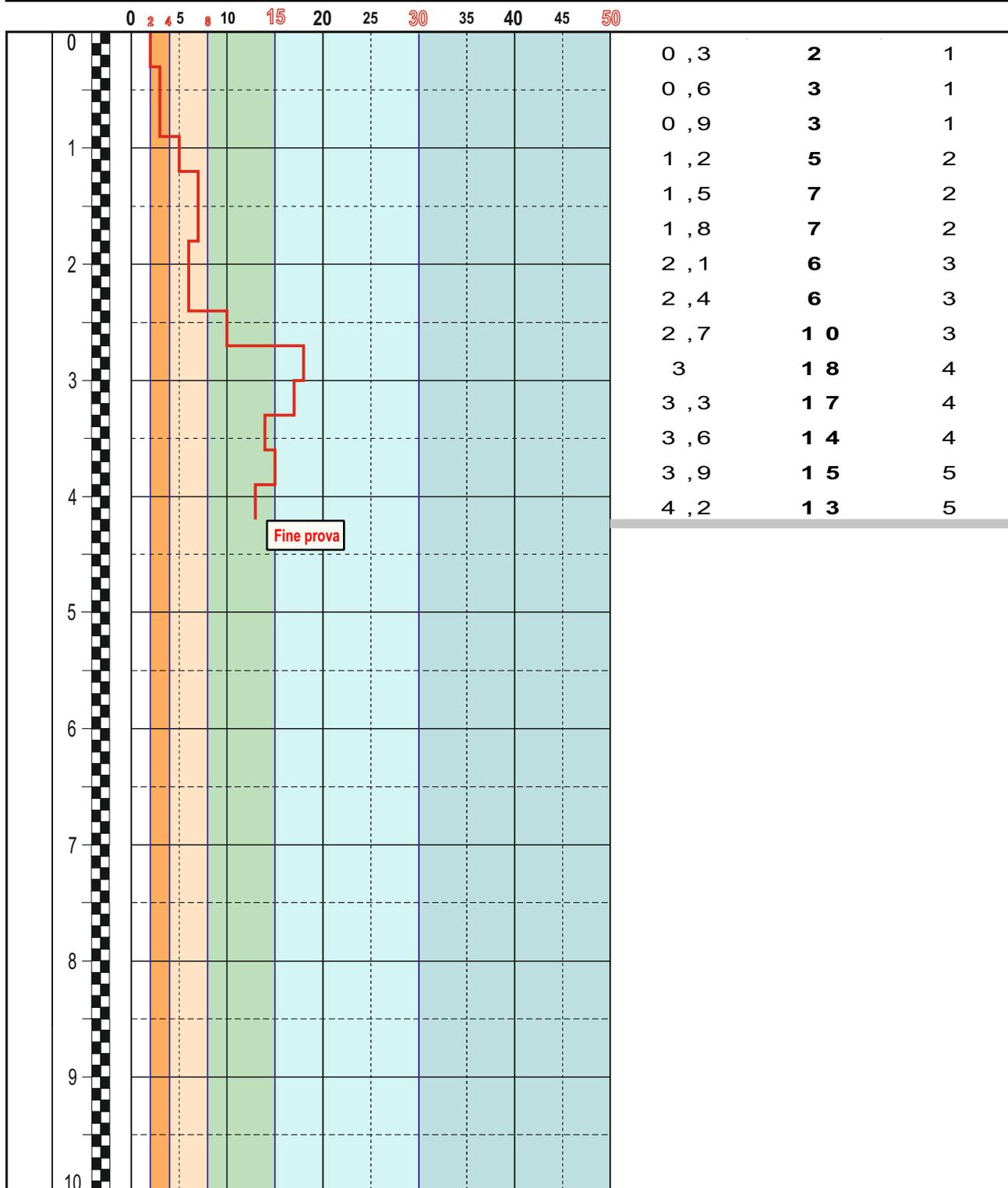
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.			<b>PROVA DPSH 5</b>		
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.):			Falda: _____ Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____		
<input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si		
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



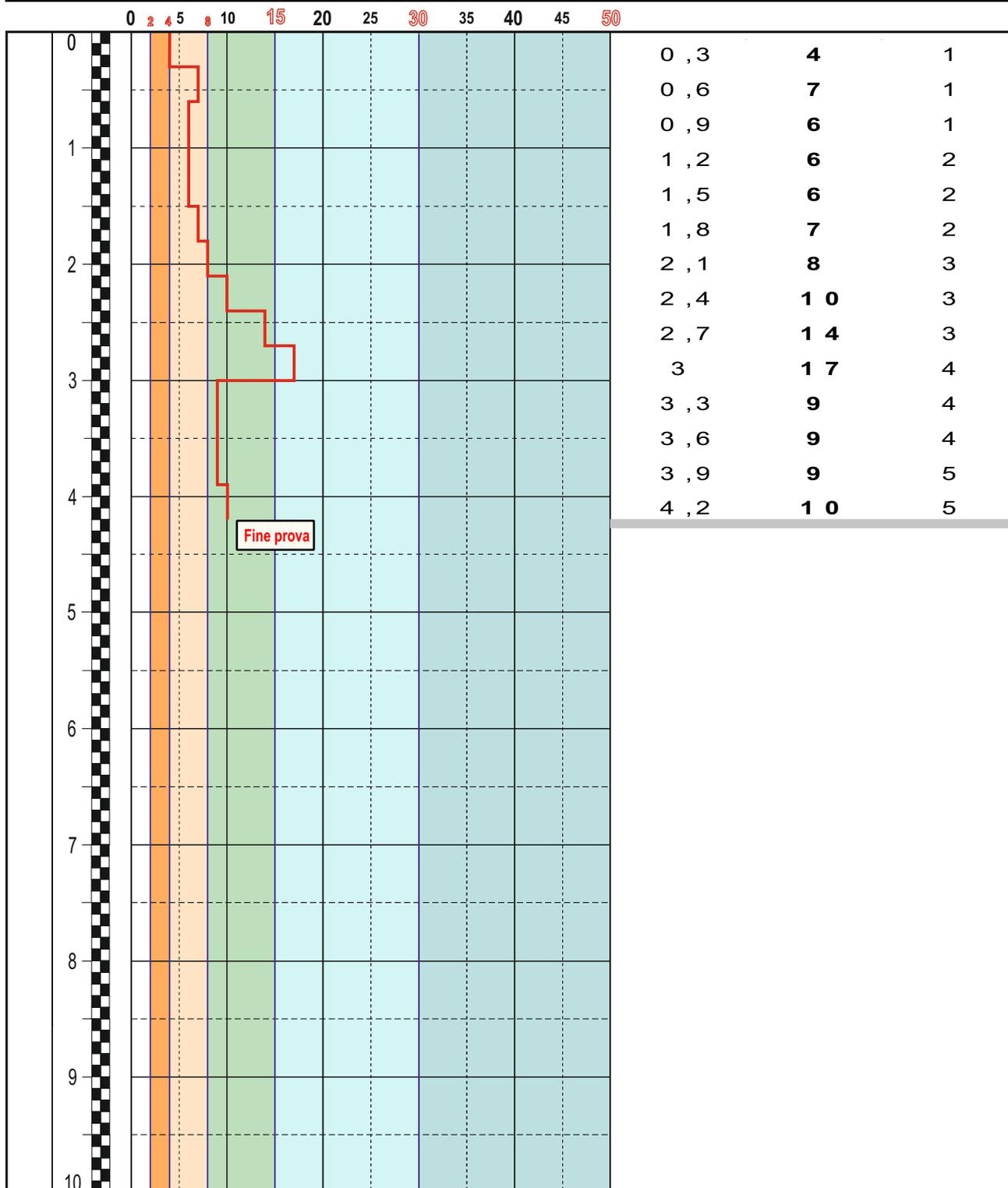
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.			<b>PROVA DPSH 6</b>		
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo			Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si   Soggiacenza dal p.c.: _____   Note sperimentatore: _____		
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



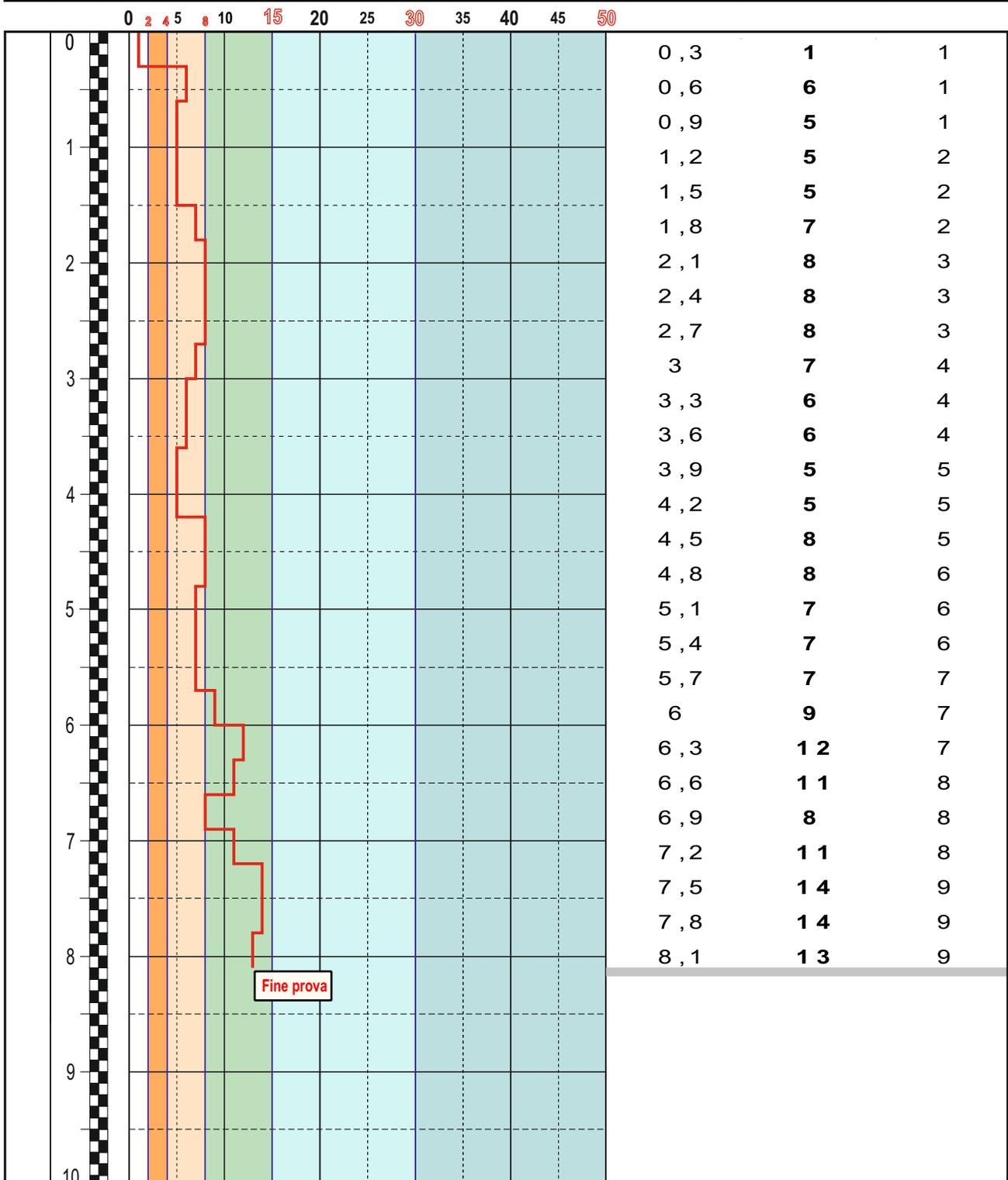
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>26.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 7</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.):				Falda: _____ Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
<input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)    N <sub>30</sub> (n)    Asta (n)	



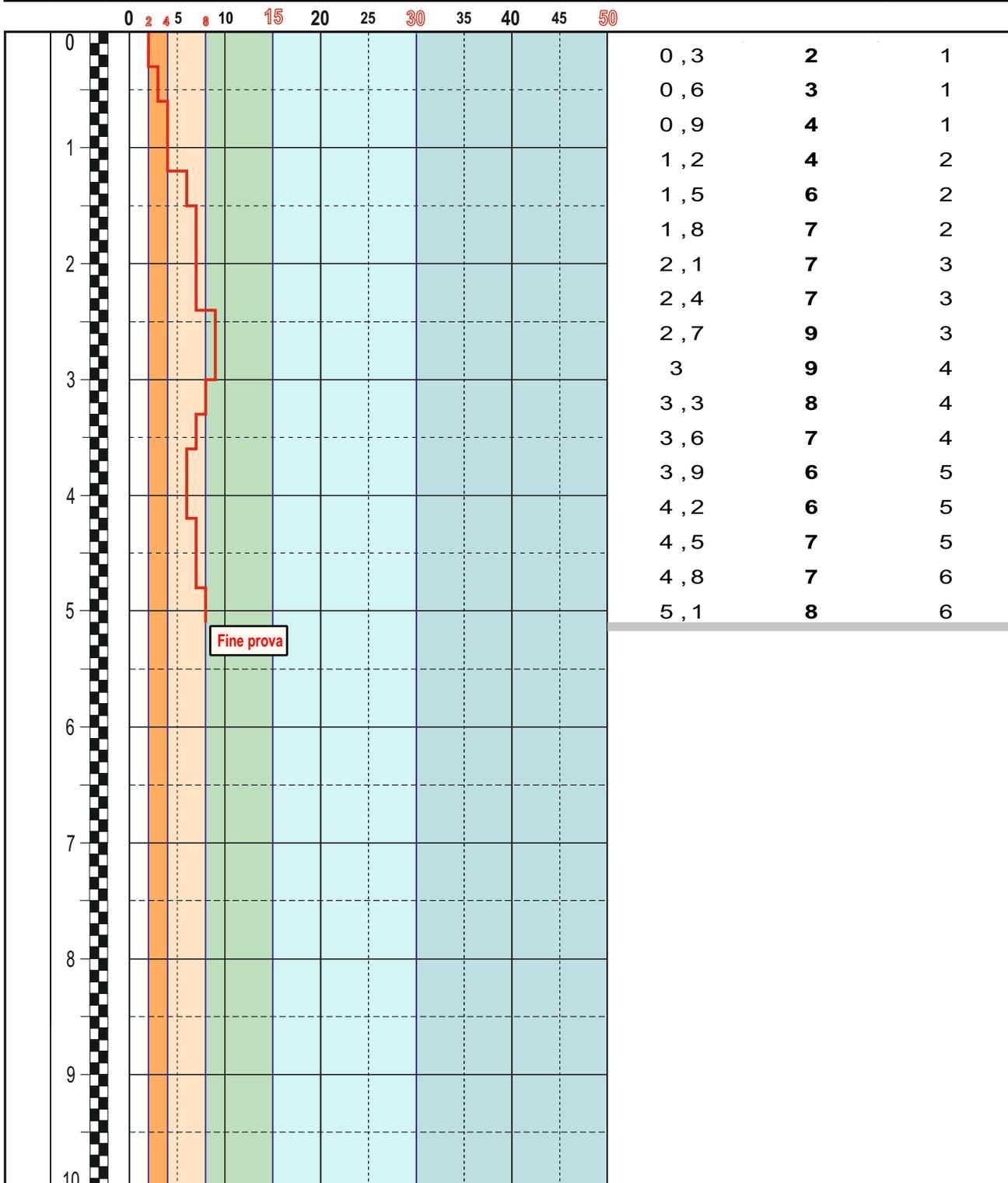
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>30.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 8</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.):				Falda: _____ Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
<input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



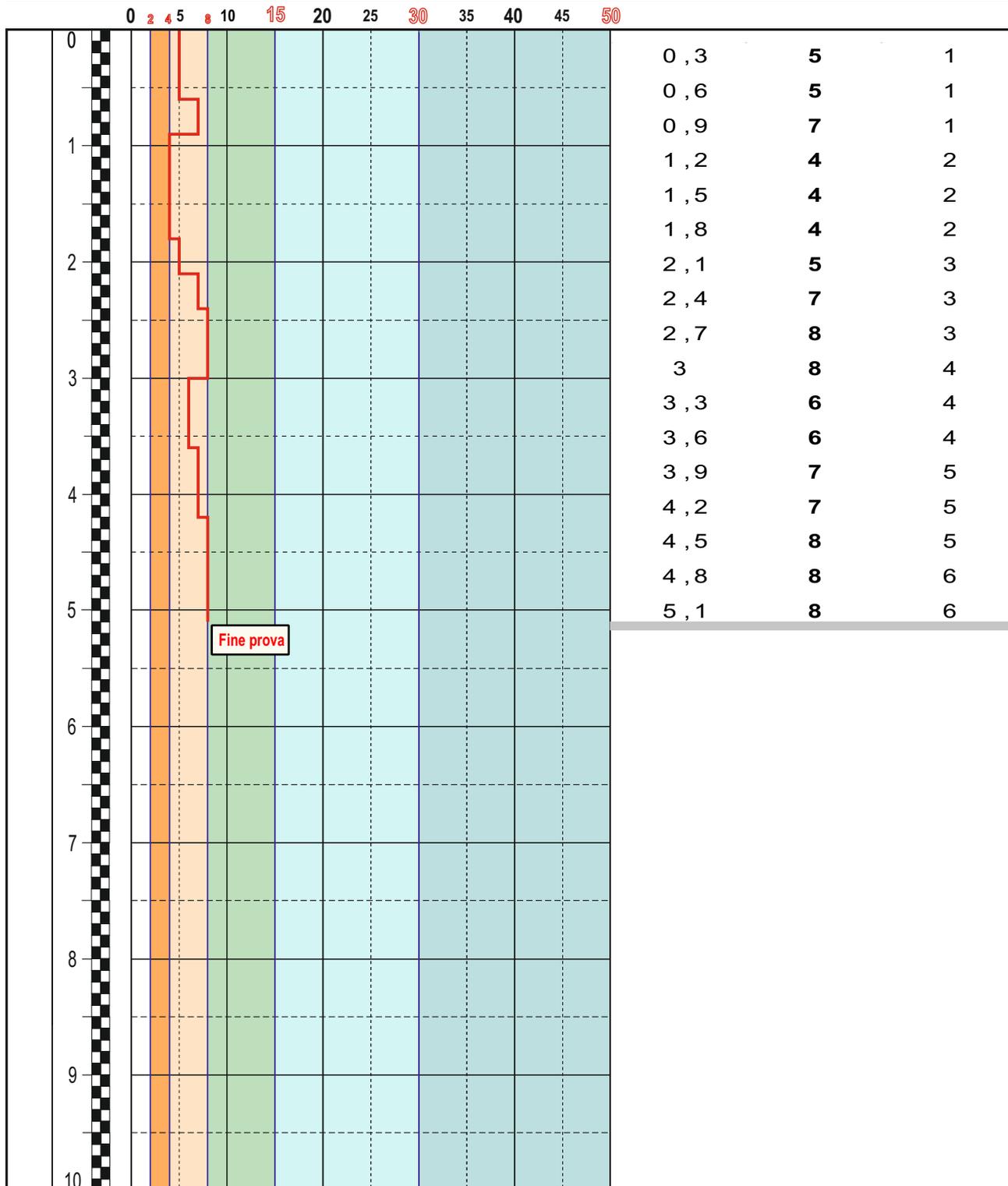
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>30.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 9</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.):				Falda: _____ Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
<input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>30.04.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 10</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.):				Falda: _____ Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
<input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)

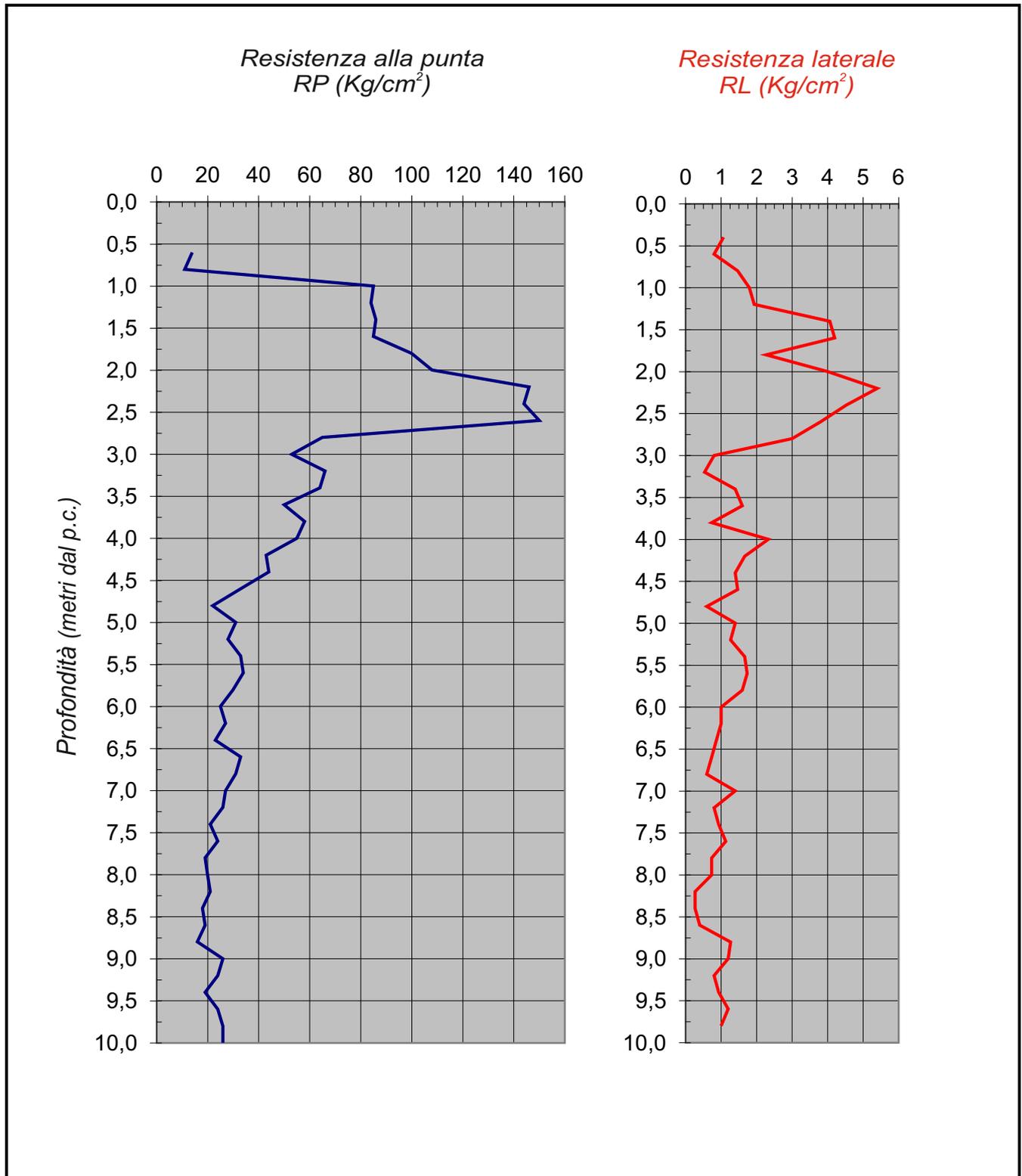


Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>	Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>	Data esecuzione: <b>30.04.2024</b>
Penetrometro statico PAGANI TG63-200 con spinta di 200 KN e dispositivo di misura costituito da cella di carico elettrica con display digitale - Prova eseguita con punta Begemann ed anello allargatore ad 1 m dalla punta.		<b>PROVA CPT 11</b>
Quota (m) s.l.m.: _____	Falda: <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	Soggiacenza dal p.c.: _____
		Note sperimentatore: Livello non rilevato in quanto il foro è franato a -1.20 m da p.c.

Schema costruttivo piezometro	Prof. (metri)	Lpunta	Lp+m	Rpunta	Rlater.	Rp/Rl	Litologia Begemann (1965)
		kg/cm <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>			
	0,2	0	0	0,0	0,0		Sima non eseguibile
	0,4	0	0	0,0	1,1	0,0	Sima non eseguibile
	0,6	14	30	14,0	0,8	17,5	Argille
	0,8	11	23	11,0	1,5	7,5	Torbe - Argille Torbose
	1,0	85	107	85,0	1,8	47,2	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose
	1,2	84	111	84,0	1,9	43,5	Limi - Argille Sabbiose
	1,4	86	115	86,0	4,1	21,1	Argille
	1,6	85	146	85,0	4,2	20,2	Argille
	1,8	100	163	100,0	2,3	44,1	Limi - Argille Sabbiose
	2,0	108	142	108,0	4,0	27,0	Argille - Argille Limose
	2,2	146	206	146,0	5,4	27,0	Argille - Argille Limose
	2,4	144	225	144,0	4,5	31,8	Limi - Argille Sabbiose
	2,6	150	218	150,0	3,8	39,5	Limi - Argille Sabbiose
	2,8	65	122	65,0	3,0	21,7	Argille
	3,0	53	98	53,0	0,8	66,3	Sabbie limose
	3,2	66	78	66,0	0,5	123,8	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia
	3,4	64	72	64,0	1,4	45,7	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose
	3,6	50	71	50,0	1,6	31,3	Limi - Argille Sabbiose
	3,8	58	82	58,0	0,7	79,1	Sabbie limose
	4,0	55	66	55,0	2,3	23,6	Argille
	4,2	43	78	43,0	1,7	25,8	Argille - Argille Limose
	4,4	44	69	44,0	1,4	31,4	Limi - Argille Sabbiose
	4,6	33	54	33,0	1,5	22,5	Argille
	4,8	22	44	22,0	0,6	36,7	Limi - Argille Sabbiose
	5,0	31	40	31,0	1,4	22,1	Argille
	5,2	28	49	28,0	1,3	22,1	Argille
	5,4	33	52	33,0	1,7	19,8	Argille
	5,6	34	59	34,0	1,7	19,6	Argille
	5,8	30	56	30,0	1,6	18,8	Argille
	6,0	25	49	25,0	1,0	25,0	Argille - Argille Limose
	6,2	27	42	27,0	1,0	27,0	Argille - Argille Limose
	6,4	23	38	23,0	0,9	26,5	Argille - Argille Limose
	6,6	33	46	33,0	0,7	45,0	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose
	6,8	31	42	31,0	0,6	51,7	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose
	7,0	27	36	27,0	1,4	19,3	Argille
	7,2	26	47	26,0	0,8	32,5	Limi - Argille Sabbiose
	7,4	21	33	21,0	0,9	22,5	Argille
	7,6	24	38	24,0	1,1	21,2	Argille
	7,8	19	36	19,0	0,7	25,9	Argille - Argille Limose
	8,0	20	31	20,0	0,7	27,3	Argille - Argille Limose

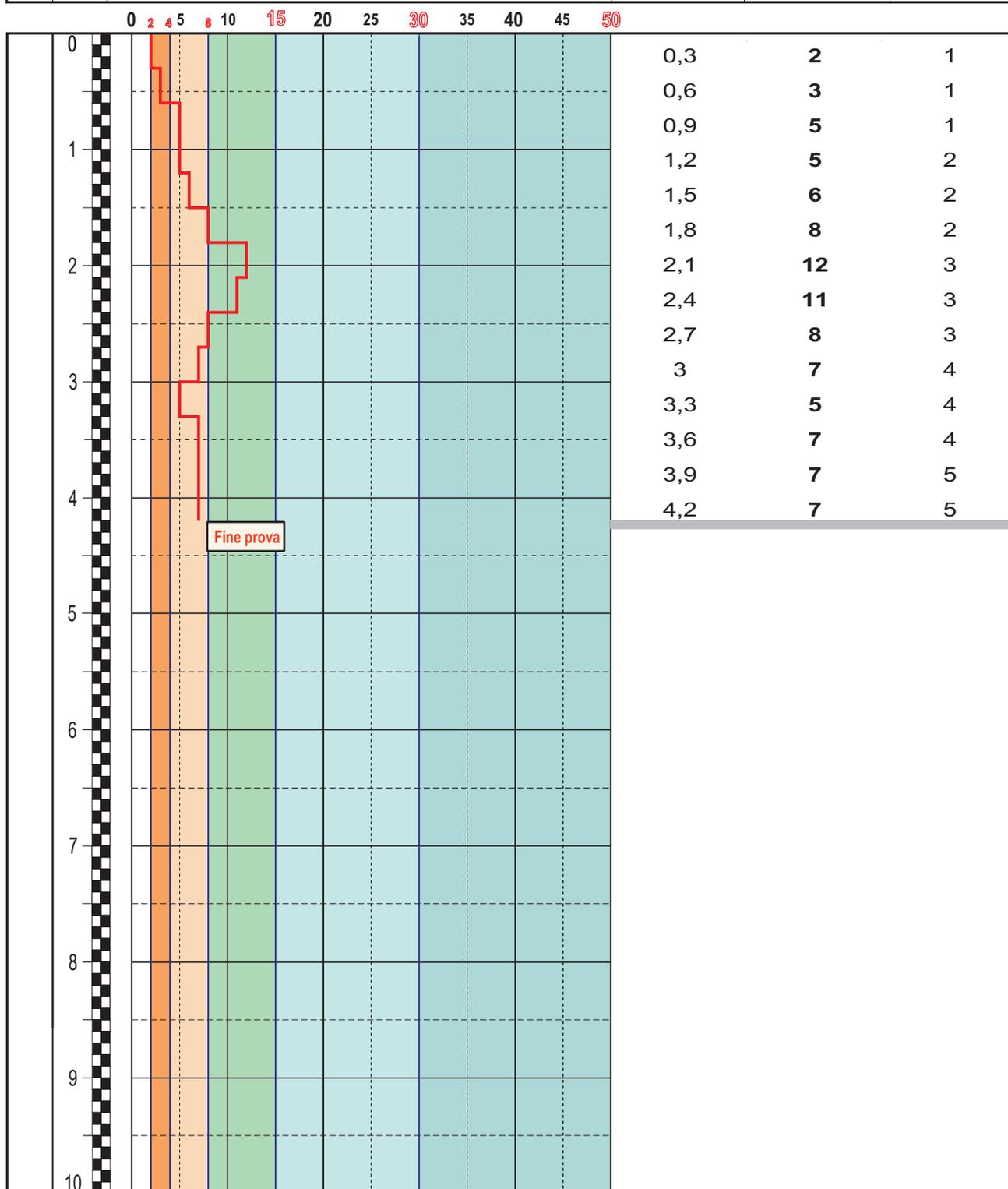
Schema costruttivo piezometro	Prof. (metri)	Lpunta	Lp+m	Rpunta	Rlater.	Rp/RI	Litologia Begemann (1965)
		kg/cm <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>			
	8,2	21	32	21,0	0,3	78,7	Sabbie limose
	8,4	18	22	18,0	0,3	67,4	Sabbie limose
	8,6	19	23	19,0	0,4	47,5	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose
	8,8	16	22	16,0	1,3	12,6	Torbe - Argille Torbose
	9,0	26	45	26,0	1,2	21,7	Argille
	9,2	24	42	24,0	0,8	30,0	Argille - Argille Limose
	9,4	19	31	19,0	0,9	20,4	Argille
	9,6	24	38	24,0	1,2	20,0	Argille
	9,8	26	44	26,0	1,0	26,0	Argille - Argille Limose
	10,0	26	41	26,0	1,1	24,4	Argille

### Prova penetrometrica statica CPT 11



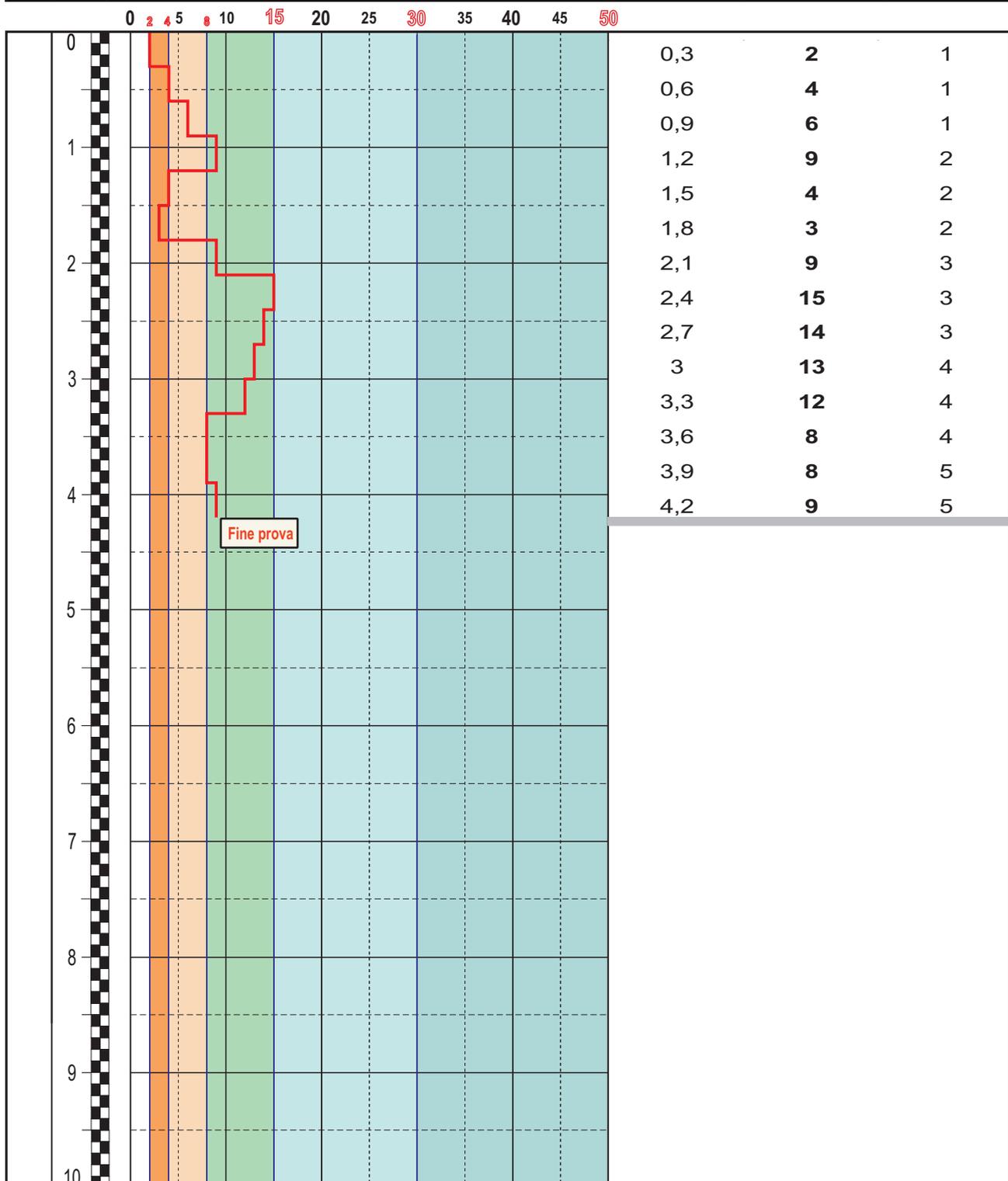
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.			<b>PROVA DPSH 12</b>		
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo			Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si   Soggiacenza dal p.c.: _____   Note sperimentatore: _____		
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



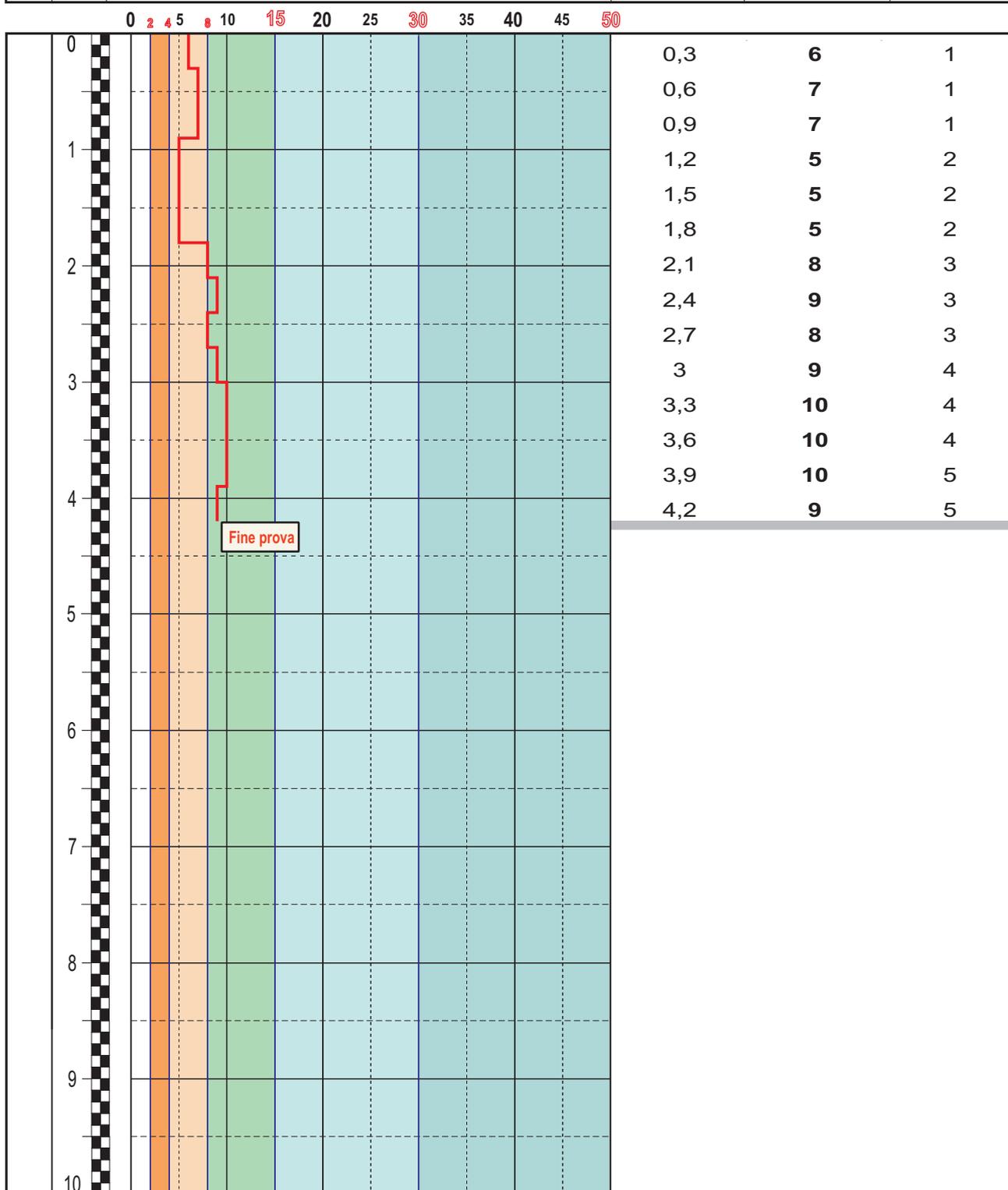
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 13</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si   Soggiacenza dal p.c.: <u>2.60 m</u> Note sperimentatore: _____	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)   N <sub>30</sub> (n)   Asta (n)	



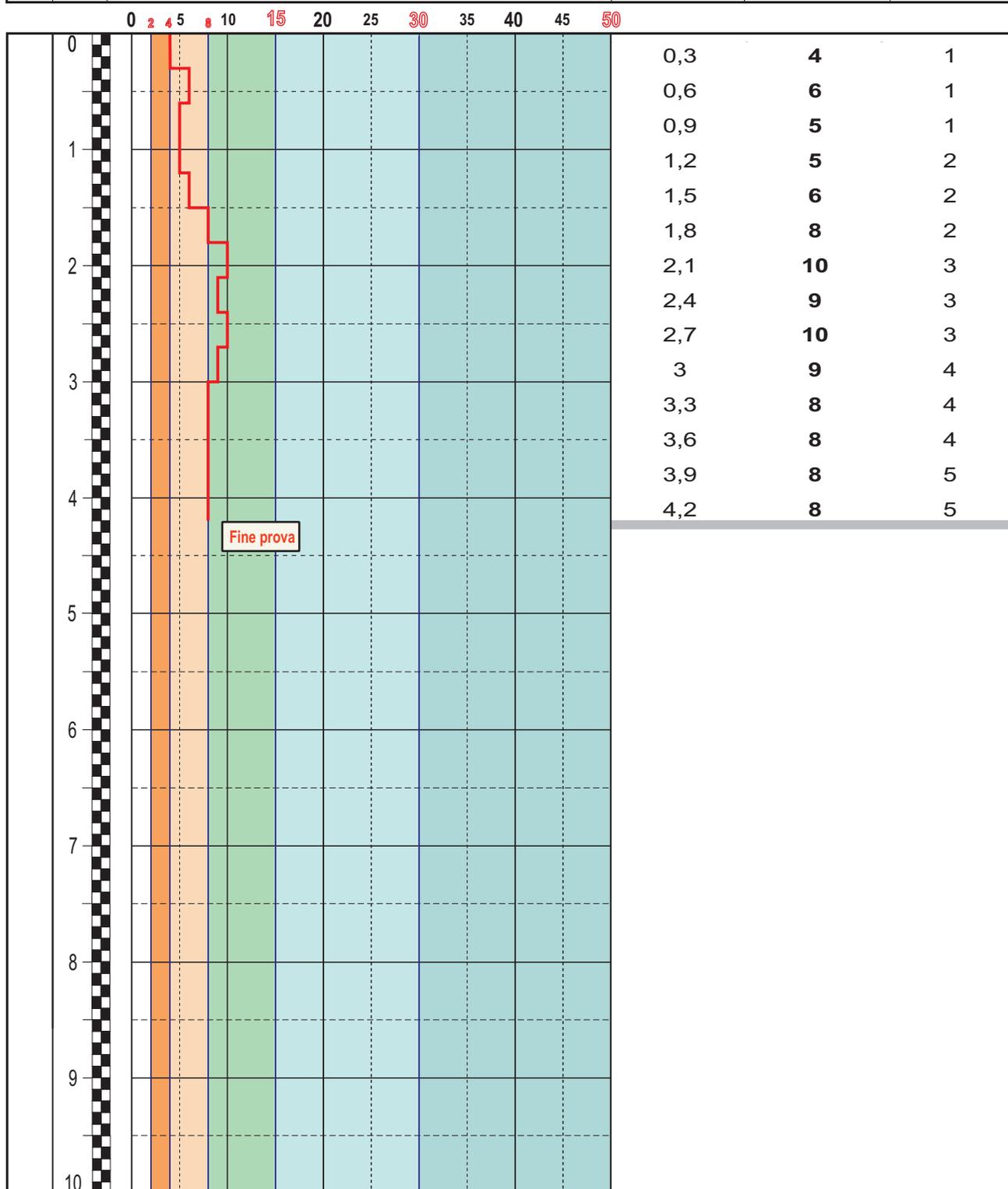
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.			<b>PROVA DPSH 14</b>		
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo			Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si    Soggiacenza dal p.c.: _____    Note sperimentatore: _____		
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)



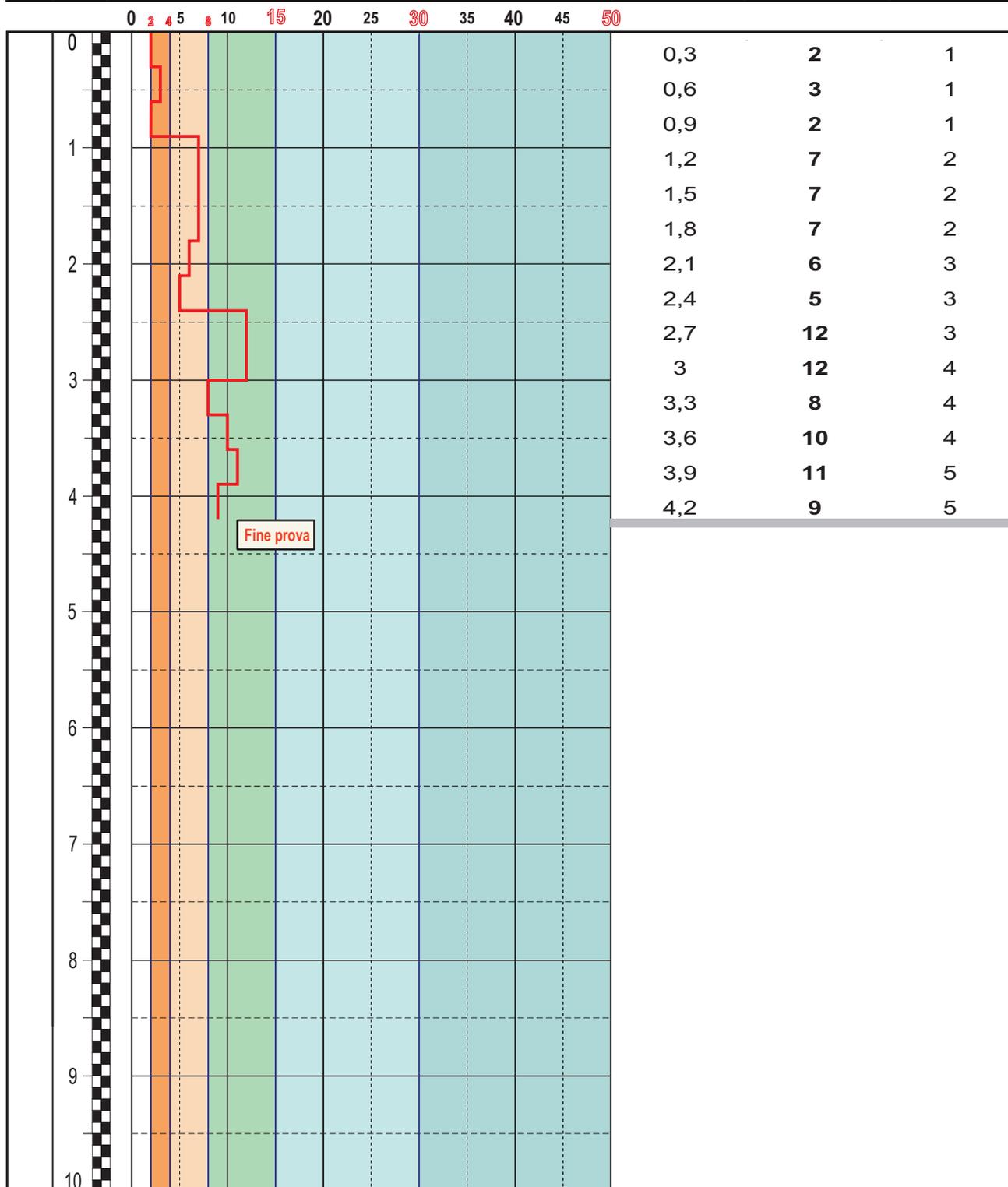
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 15</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
				Soggiacenza dal p.c.: _____	
				Note sperimentatore: foro franato a -2.80 m da p.c.	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
					Asta (n)



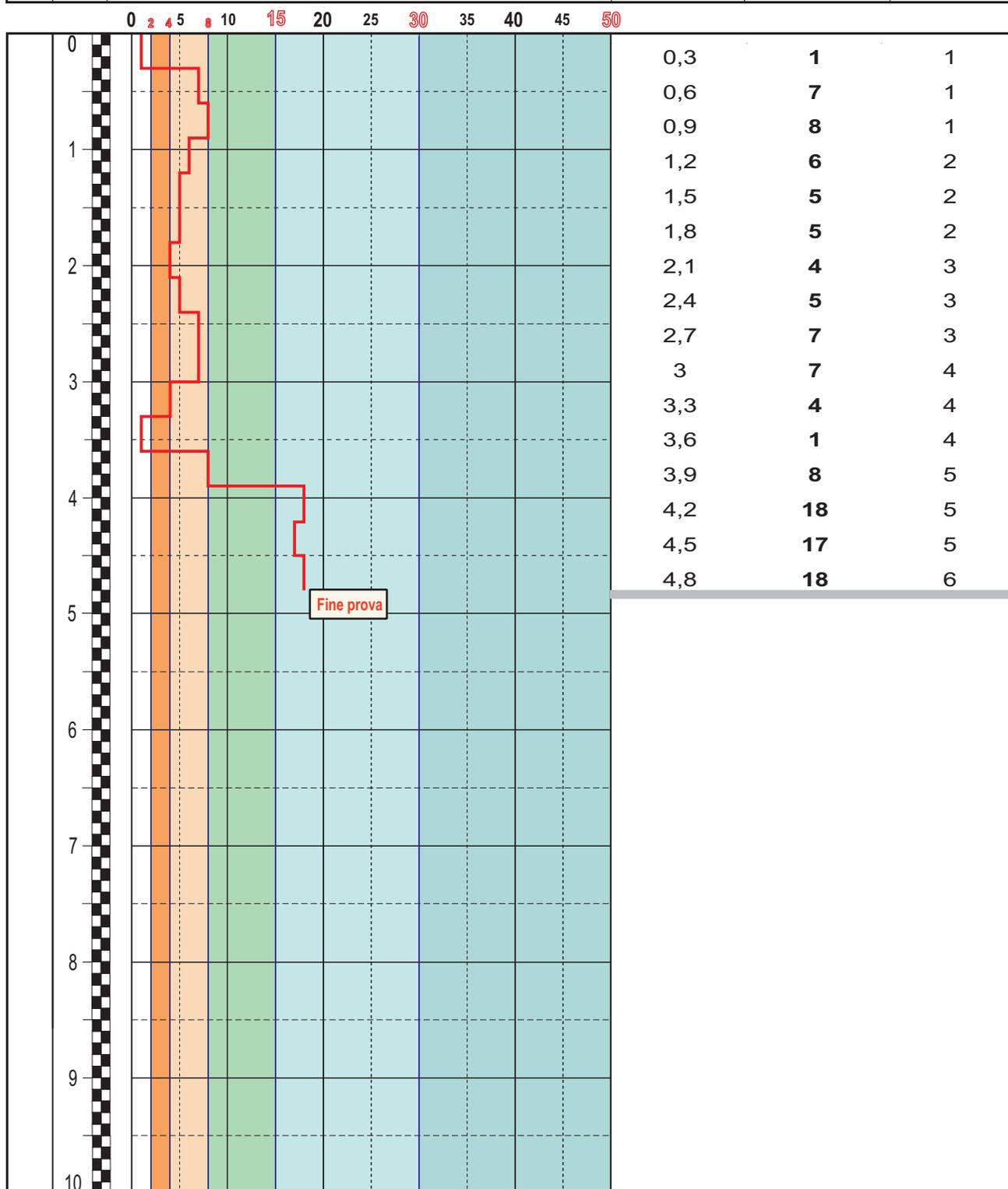
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.			<b>PROVA DPSH 16</b>		
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo			Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si    Soggiacenza dal p.c.: _____    Note sperimentatore: _____		
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
					Asta (n)



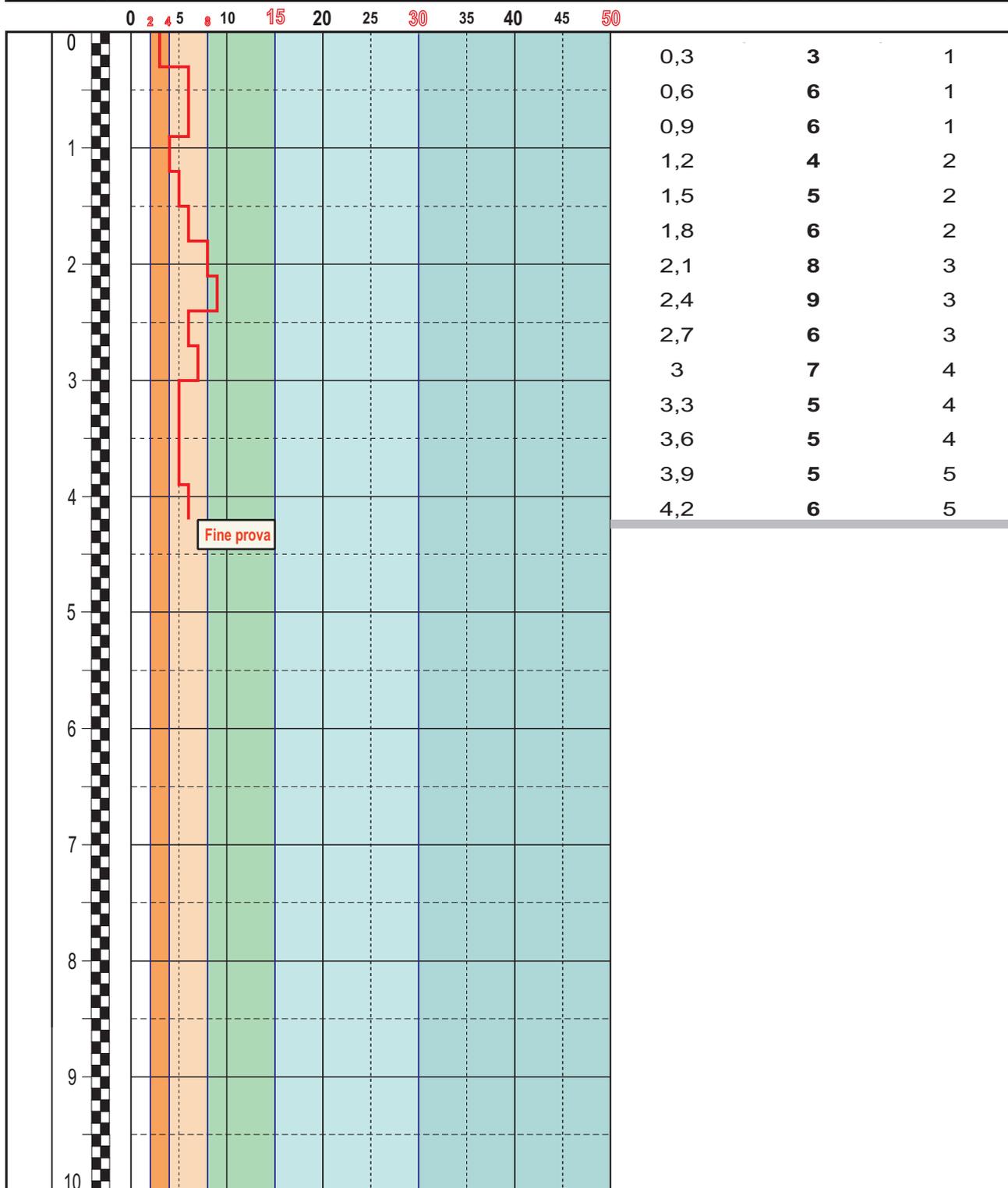
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 17</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda:      Soggiacenza dal p.c.:      Note sperimentatore: <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si      2.90 m      _____	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
					Asta (n)



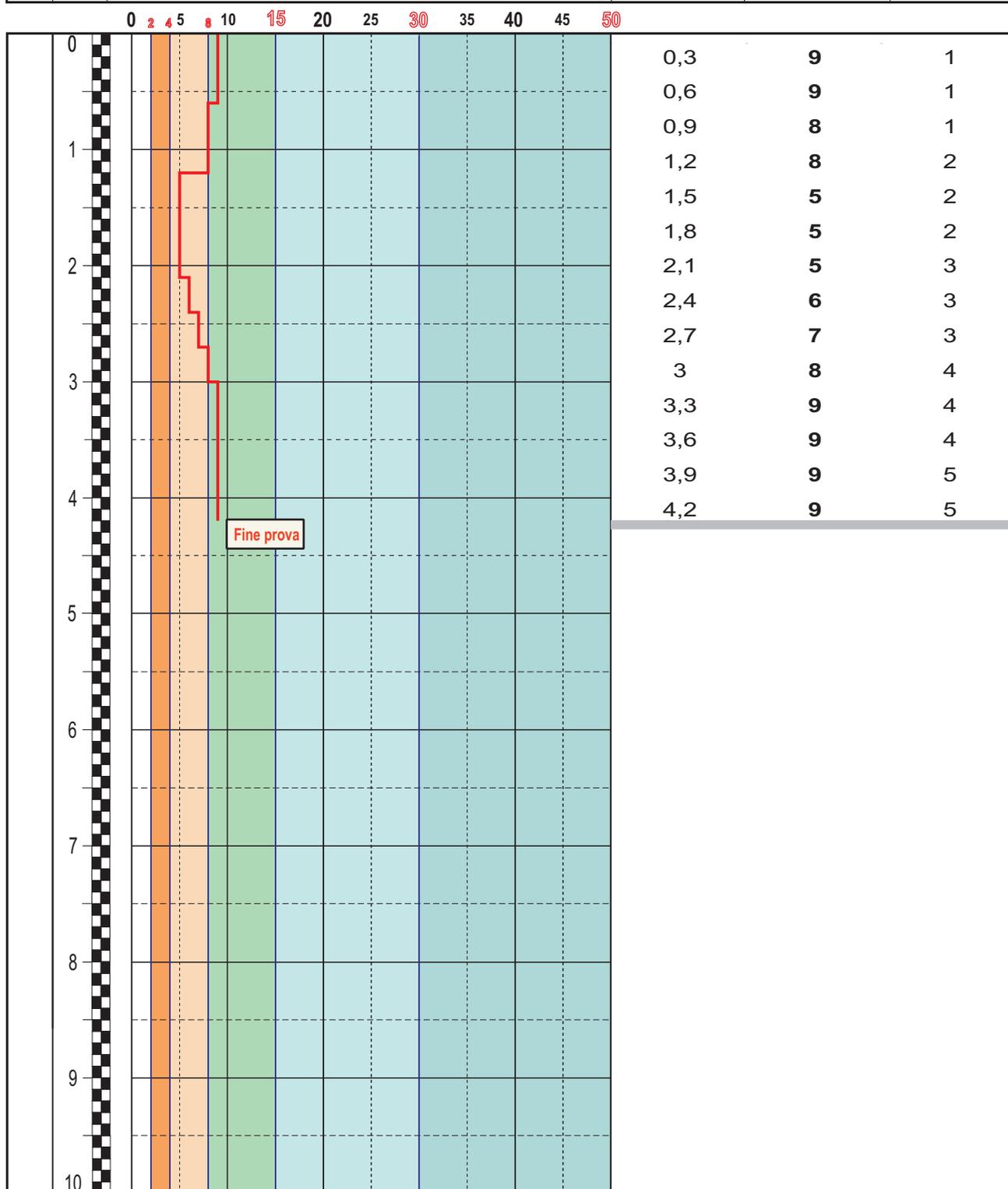
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 18</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
					Asta (n)



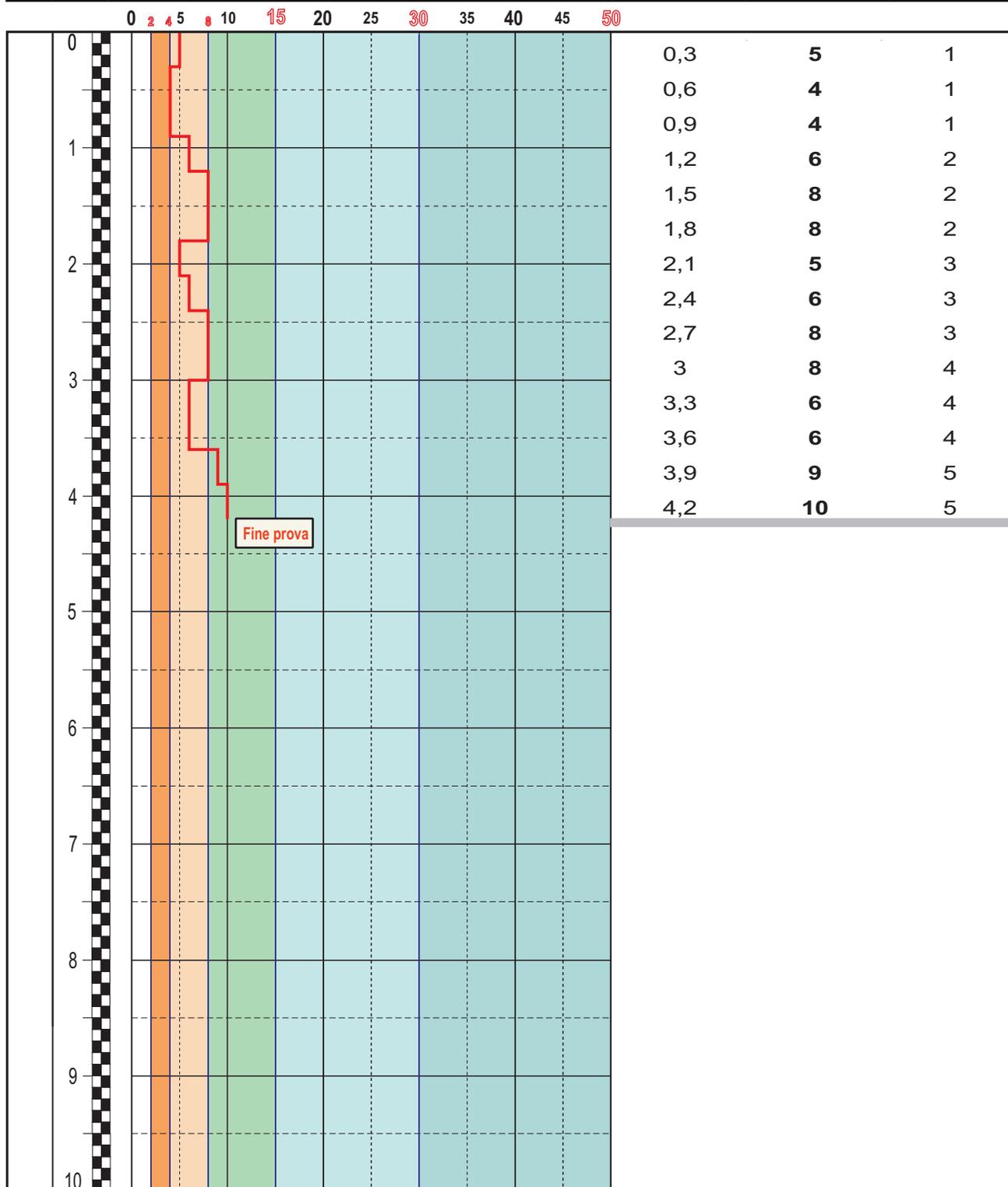
## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 19</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
					Asta (n)

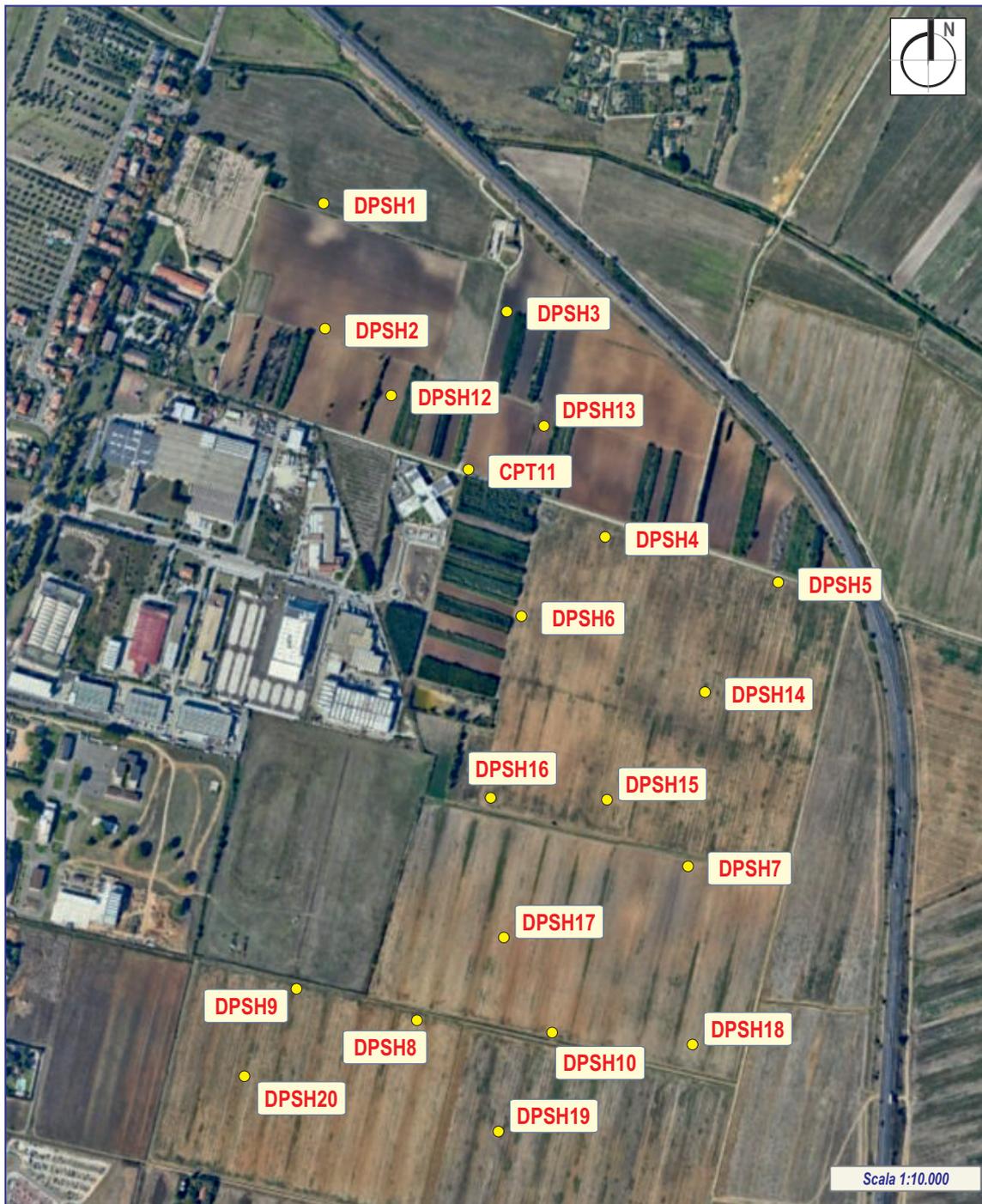


## Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: <b>SALICA S.r.l.</b>		Ubicazione indagine: <b>Loc. Poggione - Comune di Grosseto (GR)</b>		Data esecuzione: <b>29.05.2024</b>	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				<b>PROVA DPSH 20</b>	
Valutazione consistenza (secondo norme A.G.I.): <input type="checkbox"/> molto soffice <input type="checkbox"/> soffice <input type="checkbox"/> plastico <input type="checkbox"/> duro <input type="checkbox"/> molto duro <input type="checkbox"/> durissimo				Falda: <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si	
Schema costruttivo piezometro		<b>RESTITUZIONE GRAFICA</b>		<b>VALORI DI RESISTENZA</b>	
Profondità dal piano campagna		Numero dei colpi (N <sub>30</sub> )		Prof. (m)	N <sub>30</sub> (n)
					Asta (n)



## COROGRAFIA INDAGINI GEOGNOSTICHE



Estratto da Google Earth (ripresa del 09.2023)

### Coordinate WGS-84:

DPSH1=	Latitudine 42.790857° - Longitudine 11.133908°	CPT11=	Latitudine 42.787248° - Longitudine 11.136661°
DPSH2=	Latitudine 42.789167° - Longitudine 11.133681°	DPSH12=	Latitudine 42.788205° - Longitudine 11.135062°
DPSH3=	Latitudine 42.789418° - Longitudine 11.137300°	DPSH13=	Latitudine 42.787841° - Longitudine 11.137991°
DPSH4=	Latitudine 42.786414° - Longitudine 11.139128°	DPSH14=	Latitudine 42.784208° - Longitudine 11.140971°
DPSH5=	Latitudine 42.785657° - Longitudine 11.142417°	DPSH15=	Latitudine 42.782645° - Longitudine 11.139073°
DPSH6=	Latitudine 42.785176° - Longitudine 11.137616°	DPSH16=	Latitudine 42.782769° - Longitudine 11.137000°
DPSH7=	Latitudine 42.781660° - Longitudine 11.140982°	DPSH17=	Latitudine 42.780580° - Longitudine 11.138138°
DPSH8=	Latitudine 42.779509° - Longitudine 11.136259°	DPSH18=	Latitudine 42.779191° - Longitudine 11.140775°
DPSH9=	Latitudine 42.780100° - Longitudine 11.133607°	DPSH19=	Latitudine 42.777861° - Longitudine 11.137414°
DPSH10=	Latitudine 42.779474° - Longitudine 11.138117°	DPSH20=	Latitudine 42.778936° - Longitudine 11.132339°

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH1



DPSH2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH3



DPSH4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH5



DPSH6

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH7



DPSH8

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH9



DPSH10

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



CPT11



DPSH12

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH13



DPSH14

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH15



DPSH16

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH17



DPSH18

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH19



DPSH20

## Elaborazione delle prove penetrometriche Significative (CPT 11) e DPSH 8)

### Prova penetrometrica statica CPT 11

Committente: SOLEROSSELLE SRL
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 12/06/2024
Profondità prova: 10,00 mt
Località: Località: Poggione (GR)

Profondità (m)	Letture punta (MPa)	Letture laterale (MPa)	qc (MPa)	fs (MPa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,00	0,0	0,00		
0,40	0,00	0,00	0,0	0,10	0,00	
0,60	1,37	2,94	1,373	0,08	17,50	5,7
0,80	1,08	2,26	1,079	0,14	7,50	13,3
1,00	8,34	10,49	8,336	0,18	47,22	2,1
1,20	8,24	10,89	8,238	0,19	43,45	2,3
1,40	8,43	11,28	8,434	0,40	21,15	4,7
1,60	8,34	14,32	8,336	0,41	20,24	4,9
1,80	9,81	15,98	9,807	0,22	44,12	2,3
2,00	10,59	13,93	10,591	0,39	27,00	3,7
2,20	14,32	20,20	14,318	0,53	27,04	3,7
2,40	14,12	22,06	14,122	0,44	31,76	3,1
2,60	14,71	21,38	14,71	0,37	39,47	2,5
2,80	6,37	11,96	6,374	0,29	21,67	4,6
3,00	5,20	9,61	5,198	0,08	66,25	1,5
3,20	6,47	7,65	6,472	0,05	123,75	0,8
3,40	6,28	7,06	6,276	0,14	45,71	2,2
3,60	4,90	6,96	4,903	0,16	31,25	3,2

3,80	5,69	8,04	5,688	0,07	79,09	1,3
4,00	5,39	6,47	5,394	0,23	23,57	4,2
4,20	4,22	7,65	4,217	0,16	25,80	3,9
4,40	4,31	6,77	4,315	0,14	31,43	3,2
4,60	3,24	5,30	3,236	0,14	22,50	4,4
4,80	2,16	4,31	2,157	0,06	36,67	2,7
5,00	3,04	3,92	3,04	0,14	22,14	4,5
5,20	2,75	4,81	2,746	0,12	22,11	4,5
5,40	3,24	5,10	3,236	0,16	19,80	5,1
5,60	3,33	5,79	3,334	0,17	19,62	5,1
5,80	2,94	5,49	2,942	0,16	18,75	5,3
6,00	2,45	4,81	2,452	0,10	25,00	4,0
6,20	2,65	4,12	2,648	0,10	27,00	3,7
6,40	2,26	3,73	2,256	0,08	26,54	3,8
6,60	3,24	4,51	3,236	0,07	45,00	2,2
6,80	3,04	4,12	3,04	0,06	51,67	1,9
7,00	2,65	3,53	2,648	0,14	19,29	5,2
7,20	2,55	4,61	2,55	0,08	32,50	3,1
7,40	2,06	3,24	2,059	0,09	22,50	4,4
7,60	2,35	3,73	2,354	0,11	21,18	4,7
7,80	1,86	3,53	1,863	0,07	25,91	3,9
8,00	1,96	3,04	1,961	0,07	27,27	3,7
8,20	2,06	3,14	2,059	0,03	78,75	1,3
8,40	1,77	2,16	1,765	0,03	67,50	1,5
8,60	1,86	2,26	1,863	0,04	47,50	2,1
8,80	1,57	2,16	1,569	0,12	12,63	7,9
9,00	2,55	4,41	2,55	0,12	21,67	4,6
9,20	2,35	4,12	2,354	0,08	30,00	3,3
9,40	1,86	3,04	1,863	0,09	20,36	4,9
9,60	2,35	3,73	2,354	0,12	20,00	5,0
9,80	2,55	4,31	2,55	0,10	26,00	3,8

10,00	2,55	4,02	2,55	0,00		0,0
-------	------	------	------	------	--	-----

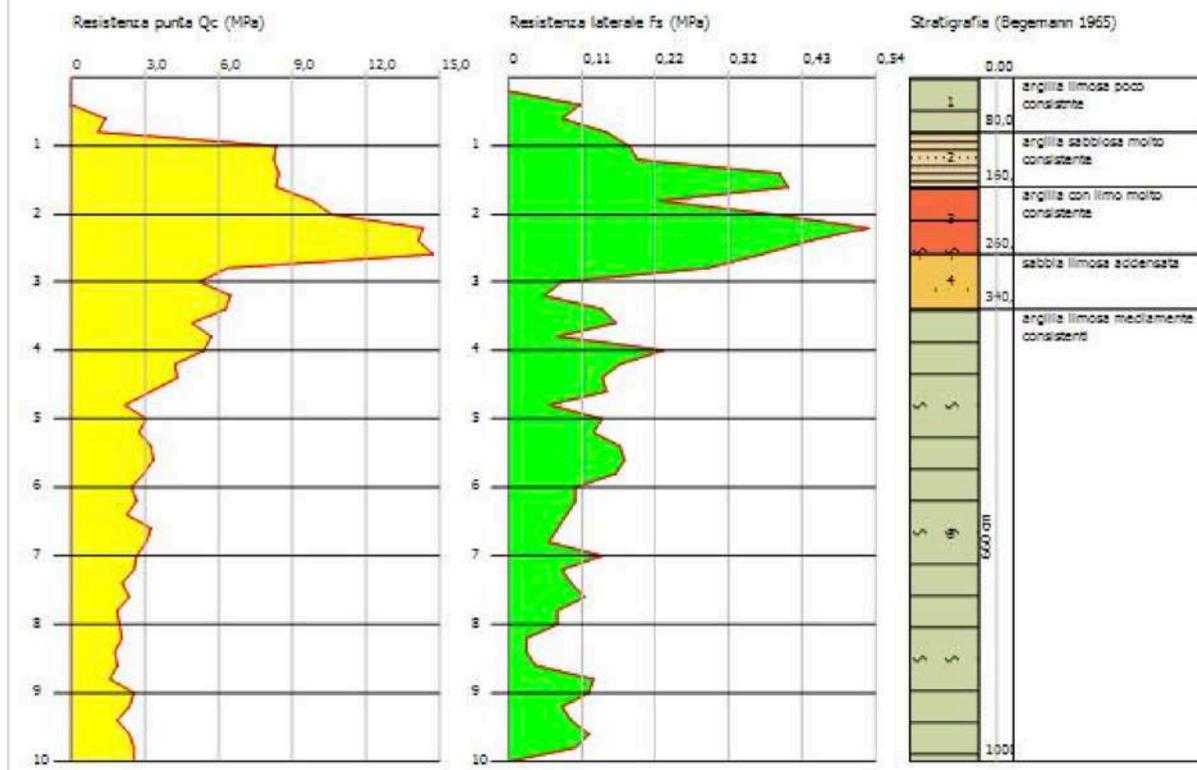
Prof. Strato (m)	qc Media (MPa)	fs Media (MPa)	Peso unità di volume Medio (kN/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,80	0,613	0,08	20,7	Incoerente- Coesivo	argilla limosa poco
1,60	8,336	0,29	20,9	Incoerente- Coesivo	argilla sabbiosa molto
2,60	12,709	0,39	22,4	Incoerente- Coesivo	argilla con limo molto consistente
3,40	6,08	0,14	21,2	Incoerente- Coesivo	sabbia limosa addensata
10,00	2,841	0,10	19,8	Incoerente- Coesivo	argilla limosa mediamente consistenti

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: SOLEROSSELLE SRL  
Cantiere: Impianto agrivoltaico 45 KWp  
Località: Località: Poggione (GR)

Data: 12/06/2024

Scala 1:100 - Qc: 1 cm=28,12 MPa - Fs: 1 cm=1,01 MPa



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 11

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (kPa)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Roberts on and Powell	Lunne, Roberts on and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0,80	0,613	0,082	34,63	46,74	40,31	35,57	31,82	30,40
Strato 2	1,60	8,336	0,294	475,99	335,79	554,05	488,87	437,41	416,78
Strato 3	2,60	12,709	0,392	725,37	402,83	844,33	745,00	666,58	635,47
Strato 4	3,40	6,08	0,141	344,56	282,44	401,07	353,88	316,63	304,01

Strato 5	10,00	2,841	0,103	154,82	165,37	180,21	159,01	142,27	142,20
----------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

### Modulo Edometrico (MPa)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometric	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	0,80	0,613	0,08	4,90	3,19	9,19	1,84
Strato 2	1,60	8,336	0,29	20,84	16,67	25,01	12,50
Strato 3	2,60	12,709	0,39	31,77	25,42	38,13	19,06
Strato 4	3,40	6,08	0,14	15,20	12,16	18,24	9,12
Strato 5	10,00	2,841	0,10	7,10	5,68	8,52	8,52

### Modulo di deformazione non drenato Eu (MPa)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	22,67	0,91
Strato 2	1,60	8,336	0,29	311,65	12,50
Strato 3	2,60	12,709	0,39	474,94	19,06
Strato 4	3,40	6,08	0,14	225,60	9,12
Strato 5	10,00	2,841	0,10	101,37	4,27

### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (MPa)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Imai & Tomauchi	8,41
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Imai & Tomauchi	41,45
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Imai & Tomauchi	53,64
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Imai & Tomauchi	34,18

Strato 5	10,00	2,841	0,10	Imai & Tomauchi	21,47
----------	-------	-------	------	-----------------	-------

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Stress-History
Strato 1	0,80	0,613	0,08	1,72
Strato 2	1,60	8,336	0,29	7,78
Strato 3	2,60	12,709	0,39	6,65
Strato 4	3,40	6,08	0,14	2,2
Strato 5	10,00	2,841	0,10	<0.5

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Peso unità di volume (kN/m³)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Meyerhof	17,41
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Meyerhof	21,73
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Meyerhof	22,42
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Meyerhof	21,20
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Meyerhof	19,88

### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (kN/m³)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Meyerhof	18,19
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Meyerhof	22,51
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Meyerhof	23,21
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Meyerhof	21,98
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Meyerhof	20,66

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 1	0,80	0,613	0,08	22,22	35,77	36,19	22,67	58,66
Strato 2	1,60	8,336	0,29	80,75	100	99,38	81,7	100
Strato 3	2,60	12,709	0,39	84,5	100	99,94	85,49	97,38
Strato 4	3,40	6,08	0,14	58,34	64,68	65,79	59,1	65,75
Strato 5	10,00	2,841	0,10	25,84	16,24	21,24	26,33	22

### Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Durgunoglou-Mitchell 1973	Caquot	Koppelman	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Hermier	Meyershof 1951
Strato 1	0,80	0,613	0,08	34,32	31,15	28,23	26,39	33,01	39,08	25,51	19,81
Strato 2	1,60	8,336	0,29	41,89	38,63	36,09	33,57	42	45	38,83	45
Strato 3	2,60	12,709	0,39	41,31	37,85	35,26	32,82	42	45	37,18	45
Strato 4	3,40	6,08	0,14	36,12	32,38	29,51	27,57	37,06	40,42	27,54	44,84
Strato 5	10,00	2,841	0,10	29,03	24,81	21,56	20,3	30,27	31,25	22,54	30,01

### Modulo di Young (MPa)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Schmertmann	Robertson & Campanella	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	1,53	1,23	7,18
Strato 2	1,60	8,336	0,29	20,84	16,67	33,34
Strato 3	2,60	12,709	0,39	31,77	25,42	50,84
Strato 4	3,40	6,08	0,14	15,20	12,16	50,09
Strato 5	10,00	2,841	0,10	7,10	5,68	39,92

### Modulo Edometrico (MPa)

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy -Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	0,80	0,613	0,08	2,89	2,40	4,18	1,23	4,90
Strato 2	1,60	8,336	0,29	8,29	32,70	67,75	14,17	12,50
Strato 3	2,60	12,709	0,39	8,65	26,89	103,68	19,06	19,06
Strato 4	3,40	6,08	0,14	5,94	23,85	48,82	10,34	9,12
Strato 5	10,00	2,841	0,10	2,96	11,14	21,49	5,68	14,20

### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	G (MPa)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Imai & Tomauchi	8,41
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Imai & Tomauchi	41,45
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Imai & Tomauchi	53,64
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Imai & Tomauchi	34,18
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Imai & Tomauchi	21,47

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	0,80	0,613	0,08	1,72	>9	1,94	>9
Strato 2	1,60	8,336	0,29	7,78	>9	0,54	>9
Strato 3	2,60	12,709	0,39	6,65	>9	0,62	>9
Strato 4	3,40	6,08	0,14	2,2	>9	1,35	>9

Strato 5	10,00	2,841	0,10	<0.5	6,3	<0.5	5,01
----------	-------	-------	------	------	-----	------	------

### Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Kulhawy & Mayne (1990)	0,50
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Kulhawy & Mayne (1990)	1,33
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Kulhawy & Mayne (1990)	1,20
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Kulhawy & Mayne (1990)	0,58
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	C	Crn
Strato 1	0,80	0,613	0,08	0,2798	0,03637
Strato 2	1,60	8,336	0,29	0,096	0,01248
Strato 3	2,60	12,709	0,39	0,09407	0,01223
Strato 4	3,40	6,08	0,14	0,10093	0,01312
Strato 5	10,00	2,841	0,10	0,11291	0,01468

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Peso unità di volume (kN/m³)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Meyerhof	17,65
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Meyerhof	17,65
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Meyerhof	17,65
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Meyerhof	17,65
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Meyerhof	17,65

### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Meyerhof	20,59
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Meyerhof	20,59
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Meyerhof	20,59
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Meyerhof	20,59
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Meyerhof	20,59

#### Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Robertson & Wride 1997	0
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Robertson & Wride 1997	0
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Robertson & Wride 1997	0
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Robertson & Wride 1997	0
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Robertson & Wride 1997	0

#### Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Piacentini-Righi 1988	1,130232E-07
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Piacentini-Righi 1988	6,860234E-07
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Piacentini-Righi 1988	9,979829E-05
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Piacentini-Righi 1988	3,815199E-07

--	--	--	--	--	--

**Coefficiente di consolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (MPa)	fs (MPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0,80	0,613	0,08	Piacentini- Righi 1988	1,875E-07
Strato 2	1,60	8,336	0,29	Piacentini- Righi 1988	0,02882091
Strato 3	2,60	12,709	0,39	Piacentini- Righi 1988	0,2667259
Strato 4	3,40	6,08	0,14	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	10,00	2,841	0,10	Piacentini- Righi 1988	0,03315755

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPT 11)

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (kPa)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (MPa)
Mo:	Modulo Edometrico (MPa)
G:	Modulo di deformazione a taglio (MPa)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (MPa)
Vs:	Vs (m/s)

Nr.	Prof Da	Prof A	Tipo	Cu	Eu	Mo	Puv	PuvS	Fi	Ey
1	0,00	0,80	CI	35	23	5	17,5	18	25	1,5
2	0,80	1,60	CI	470	310	21	21,5	22,0	25	20
3	1,60	2,60	CI	720	470	32	22,5	23,0	25	31
4	2,60	3,40	CI	340	225	15	19,5	20,0	30	15
5	3,40	10,00	CI	150	100	7	19,9	20,7	25	7

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE (DPSH)**

Committente: SOLEROSSELLE SRL  
 Descrizione: Impianto agrivoltaico  
 Localita': Il Poggione - Grosseto (GR)

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

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diámetro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,8
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

**PROVA DPSH 8**

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 12/06/2024  
 Profondita' prova 8,10 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (MPa)	Res. dinamica (MPa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (kPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (kPa)
0,30	1	0,853	0,68	0,80	34,11	40,00
0,60	6	0,847	3,77	4,45	188,40	222,43
0,90	5	0,842	3,12	3,71	155,99	185,36
1,20	5	0,836	3,10	3,71	155,01	185,36
1,50	5	0,831	2,87	3,45	143,57	172,72
1,80	7	0,826	4,00	4,84	199,82	241,81
2,10	8	0,822	4,54	5,53	227,07	276,36
2,40	8	0,817	4,52	5,53	225,83	276,36
2,70	8	0,813	4,21	5,17	210,30	258,72
3,00	7	0,809	3,66	4,53	183,07	226,38
3,30	6	0,805	3,12	3,88	156,14	194,04
3,60	6	0,801	2,92	3,65	146,08	182,40
3,90	5	0,797	2,42	3,04	121,18	152,00
4,20	5	0,794	2,41	3,04	120,64	152,00
4,50	8	0,790	3,63	4,59	181,33	229,44
4,80	8	0,787	3,61	4,59	180,59	229,44
5,10	7	0,784	3,15	4,02	157,39	200,76
5,40	7	0,781	3,14	4,02	156,80	200,76

5,70	7	0,778	2,96	3,80	147,86	190,00
6,00	9	0,775	3,79	4,89	189,44	244,29
6,30	12	0,773	5,03	6,51	251,74	325,72
6,60	11	0,770	4,37	5,67	218,32	283,40
6,90	8	0,768	3,17	4,12	158,28	206,11
7,20	11	0,766	4,34	5,67	216,98	283,40
7,50	14	0,713	4,90	6,86	244,87	343,24
7,80	14	0,711	4,88	6,86	244,14	343,24
8,10	13	0,709	4,52	6,37	226,05	318,72

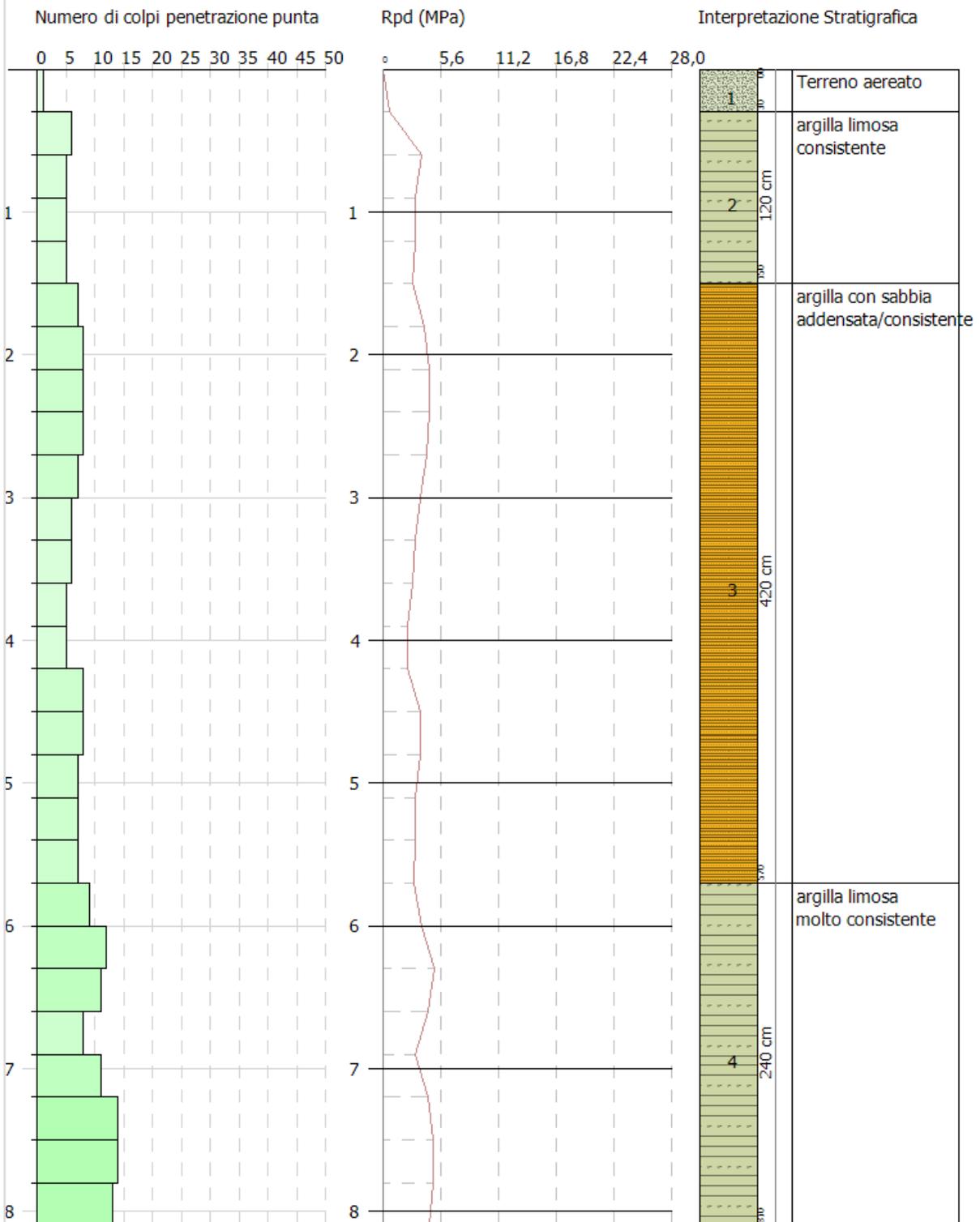
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (MPa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (kPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	1	0,8000001	Incoerente - coesivo	0	15,2	18,14	2,28	1,8	1,8	Terreno aereato
1,5	5,25	3,83	Incoerente - coesivo	0	19,12	20,99	16,03	1,8	9,45	argilla limosa consistente
5,7	6,93	4,3	Incoerente - coesivo	0	19,91	21,87	69,31	1,8	12,47	argilla con sabbia addensata / consistente
8,1	11,5	5,87	Incoerente - coesivo	0	20,59	20,69	135,83	1,8	20,7	argilla limosa molto consistente

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: SOLEROSSELLE SRL  
 Descrizione: Impianto agrivoltaico 45 MWp  
 Localita': Poggione (GR)

12/06/2024

Scala 1:40



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata (kPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	10,98	22,06	0,00 - 14,71	7,26	16,97	24,03	16,18	56,00	8,83	28,24	22,06
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	62,57	115,82	49,03 - 98,07	37,17	90,91	114,93	82,18	113,27	46,29	145,04	115,82
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	82,57	152,89	49,03 - 98,07	48,54	120,33	128,96	107,09	137,88	61,10	137,29	152,89
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	137,00	253,80	98,07 - 196,13	78,45	200,94	176,13	171,62	210,65	101,50	243,40	253,80

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (MPa)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	Robertson (1983)	0,35
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	Robertson (1983)	1,85
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	Robertson (1983)	2,45
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	Robertson (1983)	4,06

Modulo Edometrico (MPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	0,81	2,65	1,98	2,21
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	4,25	--	9,63	11,58
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	5,61	--	12,65	12,23
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	9,31	--	20,88	20,30

Modulo di Young (MPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	0,03	1,77
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	8,66	9,27
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,06	12,23
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	21,34	20,30

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (kN/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	Meyerhof	15,20
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	Meyerhof	19,12
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	Meyerhof	19,91
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	Meyerhof	20,59

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	Meyerhof	18,14
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	Meyerhof	20,99
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	Meyerhof	21,87
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	Meyerhof	20,69

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	Ohta & Goto (1978) Limi	52,51
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	Ohta & Goto (1978) Limi	98,86
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	Ohta & Goto (1978) Limi	135,54
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	Ohta & Goto (1978) Limi	167,76

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	8,97	33,13	60,73	11,79
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	36,34	69,47	80,49	31,76
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	32,79	62,52	62,62	38,19
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	35,33	66,17	66,89	52,26

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	27,51	20,51	28,5	34,12	30,29	0	<30	20,2	27,54	21,14	21
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	29,7	22,7	30,65	32,57	33,46	0	<30	26,91	29,83	26,89	28,75
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	30,56	23,56	31,49	29,84	34,58	36,75	30-32	28,68	30,74	25,88	30,79
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	32,91	25,91	33,8	29,2	37,28	37,26	30-32	32,62	33,21	25,22	35,35

Modulo di Young (MPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	---	1,41	---	---	---
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	---	7,41	11,00	---	---

[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	24,72	9,78	14,50	26,82	13,47
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	31,85	16,24	24,02	32,88	17,50

Modulo Edometrico (MPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	---	3,06	1,25	4,51
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	---	4,60	6,58	7,86
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	7,34	5,21	8,68	9,18
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	12,18	6,86	14,41	12,78

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (kN/m³)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Terzaghi-Peck 1948	13,42
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Terzaghi-Peck 1948	14,42
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Terzaghi-Peck 1948	14,79
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Terzaghi-Peck 1948	15,72

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (kN/m³)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Terzaghi-Peck 1948	18,16
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Terzaghi-Peck 1948	18,79

[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Terzaghi-Peck 1948	19,01
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Terzaghi-Peck 1948	19,59

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	(A.G.I.)	0,35
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	(A.G.I.)	0,34
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	(A.G.I.)	0,33
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (MPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	11,08	17,55
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	52,64	48,35
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	68,32	57,28
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	110,01	78,07

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Ohta & Goto (1978) Limi	52,51
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Ohta & Goto (1978) Limi	98,86
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Ohta & Goto (1978) Limi	135,54
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Ohta & Goto (1978) Limi	167,76

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Seed e Idriss (1971)	--

[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Seed e Idriss (1971)	--
--	------	------	------	----------------------	----

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Navfac 1971-1982	0,22
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Navfac 1971-1982	1,98
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Navfac 1971-1982	2,62
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Navfac 1971-1982	4,17

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (MPa)
[1] - Terreno aereato	1,8	0,30	1,8	Robertson 1983	0,35
[2] - argilla limosa consistente	9,45	1,50	9,45	Robertson 1983	1,85
[3] - argilla con sabbia addensata/consistente	12,47	5,70	12,47	Robertson 1983	2,45
[4] - argilla limosa molto consistente	20,7	8,10	20,7	Robertson 1983	4,06

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DOSH 11

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (kPa)	Modulo Edometrico (MPa)	Modulo Elastico (MPa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (MPa)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) Terreno aereato	0,00-0,30	1,80	Coesivo Incoerente	15,20	18,14	0	10,98	1,98	1,77	0,35	11,08	52,51	33,13
Strato (2) argilla limosa consistente	0,30-1,50	9,45	Coesivo Incoerente	19,12	20,99	0	62,57	9,63	9,27	0,34	52,64	98,86	69,47
Strato (3) argilla con sabbia addensata/consistente	1,50-5,70	12,47	Coesivo Incoerente	19,91	21,87	36,75	82,57	12,65	12,23	0,33	68,32	135,54	62,52
Strato (4) argilla limosa molto consistente	5,70-8,10	20,70	Coesivo Incoerente	20,59	20,69	37,26	137,00	20,88	20,30	0,31	110,01	167,76	66,17

# COMUNE DI GROSSETO PROVINCIA DI GROSSETO



## PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE MASW PER LA DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI SENSI NTC2018

### Relazione illustrativa

#### COMMITTENTE:

**SALICA S.r.l.**  
Via Senese n. 241  
58100 Grosseto (Gr)

*Ambiente e Sottosuolo*  
impresa di Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini  
Geognostica e geoservizi

Ufficio 1: Via Ambra n. 6a – 58100 GROSSETO – Tel. 328 0311006  
Ufficio 2: Via Torino n. 5 – 56123 PISA  
e-mail: [ambiente.sottosuolo@gmail.com](mailto:ambiente.sottosuolo@gmail.com)

Dott. Geol. Ferruccio  
Lorenzini



**Aprile 2024**

## **Indice generale**

1 – PREMESSA.....	2
2 – PROSPEZIONE SISMICA MASW.....	3
<b>2.1 – Descrizione del metodo</b> .....	3
<b>2.2 – Strumentazione utilizzata</b> .....	4
3 – MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROSPEZIONE.....	5
<b>3.1 – Logistica delle prospezioni</b> .....	5
<b>3.2 – Acquisizione onde Rayleigh</b> .....	7
<b>3.4 – Elaborazione dati sismici</b> .....	9
4 – RISULTATI .....	11
5 – CONCLUSIONI.....	13

## **Figure nella relazione**

- Fig. 1: Corografia dei luoghi
- Fig. 2: Ubicazione delle indagini
- Fig. 3-4: Tracce sismiche sperimentali
- Fig. 5-6: Spettri f-v
- Fig. 7-8: Profilo verticale Vs

## **Allegati**

## 1 – PREMESSA

In data 30.04.2024, su incarico della **Soc. Salica r.l.** sono state eseguite in due siti in loc. Poggione nel Comune di Grosseto (Gr)(Fig. 1 – Corografia), due prospezioni sismica superficiali con il metodo d’analisi spettrale delle onde di superficie (MASW con onde di Rayleigh).

Scopo dell’indagine sismica è quello di ricostruire, per l’area in esame, l’andamento della velocità delle onde sismiche di taglio Vs per almeno i primi 30 metri ed in ragione delle *NTC 2018* definire la categoria di suolo.

Il modello sismico monodimensionale consente la stima degli effetti sismici di sito e la definizione dell’azione sismica di progetto, in quanto permette di conoscere l’incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).



Fig. 1 – Corografia generale dei luoghi in scala 1:10.000. In evidenza le ubicazioni delle prospezioni sismiche masw.

Nei paragrafi successivi sono descritte le modalità d’esecuzione delle misure sperimentali e l’elaborazione geofisica delle stesse.

## **2 – PROSPEZIONE SISMICA MASW**

### **2.1 – Descrizione del metodo**

La prospezione MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica d'indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Sono dette superficiali perché la loro ampiezza decrementa in modo esponenziale con la profondità e la loro propagazione interessa quindi un limitato spessore superficiale la cui profondità dipende dalla lunghezza d'onda considerata.

Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh<sup>1</sup>, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), in pratica onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW utilizzato è di tipo attivo poiché le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale nel range di frequenze comprese tra 3 Hz e 50 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-40 m, in funzione della rigidità del suolo, della lunghezza della stesa e dalle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati piani paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20 gradi della topografia.

La metodologia utilizzata consiste in tre fasi:

---

<sup>1</sup> Sono onde che si muovono su un piano radiale secondo un moto generalmente *retrogrado*. Si noti come tale moto indichi che tali onde hanno sia una componente verticale che orizzontale radiale (cioè parallela alla direzione di propagazione).

- calcolo della curva di dispersione sperimentale del campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento, energizzando da un lato dello stendimento (configurazione off-end), oppure da entrambi i lati della stessa;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica da modello;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_{sv}$ , modificando lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio verticali  $V_{sv}$  e di compressione  $V_p$  (o in alternativa il coefficiente di Poisson  $\nu$ ) la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, 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'affidabilità del profilo di velocità  $V_p$  trovato durante il processo d'inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

## **2.2 – Strumentazione utilizzata**

L'attrezzatura e strumentazione utilizzata è costituita da:

- **un sistema d'energizzazione per le onde sismiche:** la sorgente è costituita da una mazza del peso di 6 Kg battente verticalmente su una piastra di lato 25 cm posta direttamente sul piano di campagna. E' così possibile generare onde elastiche ad alta frequenza ricche d'energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali; prevalentemente onde P, onde di Rayleigh e secondariamente onde SV;
- **un sistema di ricezione:** costituito da 6-12-24 geofoni (verticali od orizzontali) con frequenza da 4,5 Hz (i quali sono dei trasduttori di velocità che trasformano il movimento del terreno sollecitato artificialmente in variazioni di corrente acquisite ed elaborate dal sismografo in dati digitali);
- **un sistema di acquisizione dati:** acquisitore digitale multicanale, ovvero sismografo Seismic Source DAQLinkII con risoluzione a 24 bit collegato con un cavo ethernet ad un notebook PC Windows 11 con software di acquisizione Vscope 2.4.85 rel. 21.07.2020;
- **un sistema di trigger:** consiste in un circuito elettrico che si chiude nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta e permette di far iniziare l'acquisizione dei dati; in questo modo, è possibile individuare l'istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.
- **software d'interpretazione:** Winmasw 3C 2022 della Eliosoft di G. Dal Moro.

### **3 – MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROSPEZIONE**

#### **3.1 – Logistica delle prospezioni**

La stesa sismica n. 1 (ubicata in corrispondenza della cabina elettrica posta più ad est), risulta orientata in direzione 10° Nord, presenta uno sviluppo in lunghezza di 60 metri, infatti, sono stati impiegati 12 geofoni con spaziatura di 5,0 metri (*Fig. 2 – Planimetria delle indagini*); la lunghezza e l'orientamento della stesa sismica sono state scelte in funzione della finalità della prospezione, del contesto geomorfologico e dell'effettiva accessibilità del sito.

Il posizionamento dei geofoni lungo la stesa sismica è stato effettuato con precisione utilizzando una bindella metrica della lunghezza di 60 metri, posta con l'origine a partire dal punto di scoppio più lontano. La superficie del terreno dove è stata effettuata la prospezione sismica è pianeggiante, pertanto nel caso specifico viene rispettata una delle condizioni fondamentali per l'applicazione del metodo, ovvero una superficie del piano di campagna orizzontale o poco inclinata.



Foto 1 – Stendimento sismico MASW 2 con dettaglio postazione strumentazione (vista verso est).



Fig. 2 – Carta Tecnica Regionale (in scala originale 1:5.000) dell'area in studio con la traccia degli stendimenti sismici Masw.

La stesa sismica n. 2 (ubicata in corrispondenza della cabina elettrica posta più ad ovest), risulta orientata in direzione  $100^\circ$  Nord, presenta uno sviluppo in lunghezza di 60 metri, infatti, sono

stati impiegati 12 geofoni con spaziatura di 5,0 metri (*Fig. 2 – Planimetria delle indagini*); la lunghezza e l'orientamento della stesa sismica sono state scelte in funzione della finalità della prospezione, del contesto geomorfologico e dell'effettiva accessibilità del sito.

Il posizionamento dei geofoni lungo la stesa sismica è stato effettuato con precisione utilizzando una bindella metrica della lunghezza di 60 metri, posta con l'origine a partire dal punto di scoppio più lontano. La superficie del terreno dove è stata effettuata la prospezione sismica è pianeggiante, pertanto nel caso specifico viene rispettata una delle condizioni fondamentali per l'applicazione del metodo, ovvero una superficie del piano di campagna orizzontale o poco inclinata.

### **3.2 – Acquisizione onde Rayleigh**

L'acquisizione dei dati è stata effettuata per entrambi gli stendimenti impostando una durata di registrazione **T** (finestra temporale) da **2,0 sec** ed un intervallo di campionamento **dt = 0,5 msec**.

Con queste impostazioni, si ottiene una frequenza di campionamento  $f_{\text{camp.}} = 1/\text{dt} = 2000 \text{ Hz}$ , conseguentemente, la frequenza massima dei segnali (frequenza di Nyquist) è data da  $f_{\text{Nyquist}} = 1/2\text{dt} = 1000 \text{ Hz}$ ; la frequenza minima dei segnali è data da  $f_{\text{min.}} = 1/T = 1,0 \text{ Hz}$ .

La sorgente sismica è stata posizionata 6 metri esternamente all'array (configurazione off-end) ed in particolare rispetto al ricevitore G1.

Come risultato dell'analisi di tutti i dati campionati sul terreno abbiamo scelto di rappresentare graficamente il dato con maggiore continuità di segnale corrispondente alle stese **RVF** le cui configurazioni sono composte da:

#### **Configurazione off-end**

- Offset = 6 metri;
- Distanza tra geofoni = 5 metri;
- Passo di campionamento = 0,5 ms;
- Finestra temporale = 2 secondi;
- Numero geofoni stendimento = 12
- Geof. utilizzati per l'elaborazione = 12

Di seguito, in Fig. 3 e 4 le tracce sismiche registrate nei due siti d'indagine.

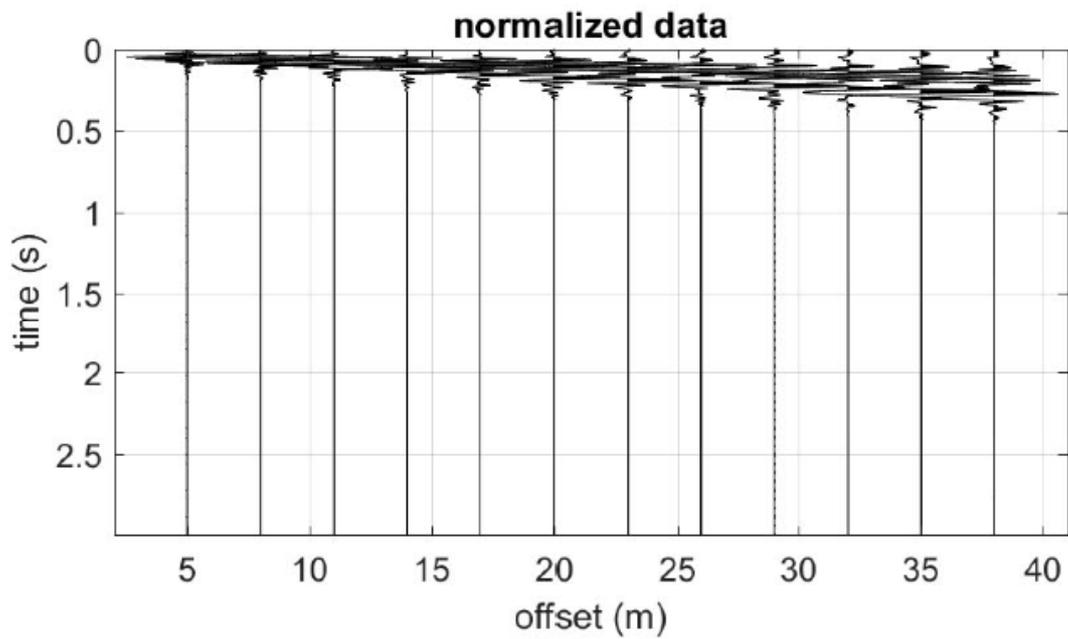


Fig. 3 – Tracce acquisizione onde di Rayleigh filtrate per la rimozione dei segnali di disturbo Masw 1.

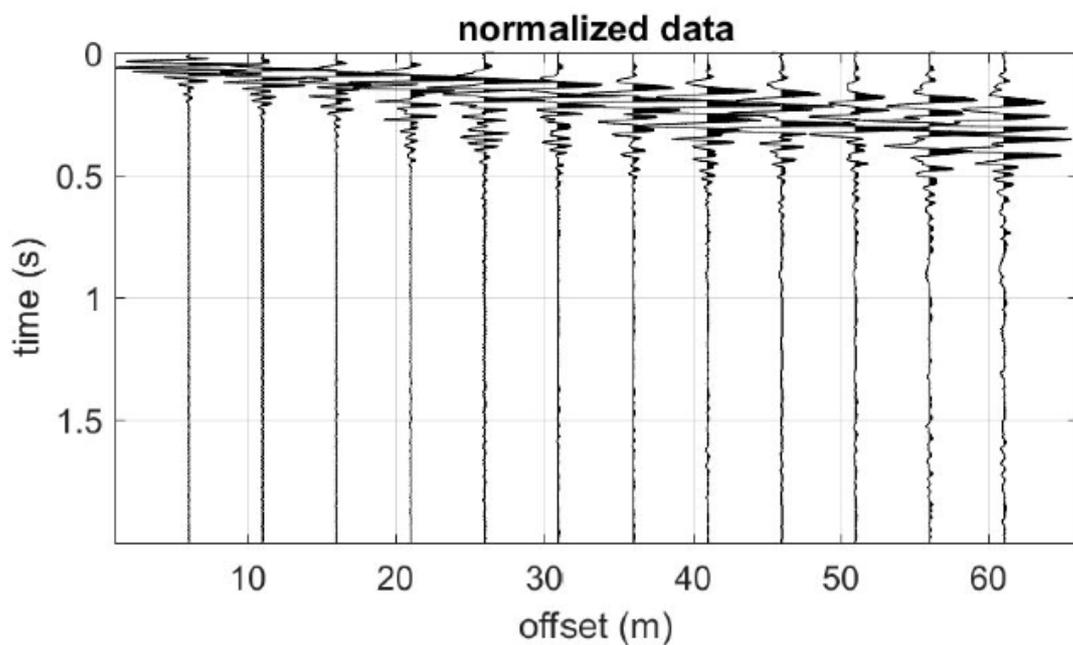


Fig. 4 – Tracce acquisizione onde di Rayleigh filtrate per la rimozione dei segnali di disturbo Masw 2.

### 3.4 – Elaborazione dati sismici

I dati acquisiti in campagna sono stati elaborati mediante il software Winmasw 3C 2022 il quale consente, mediante vari processi interattivi, la modellazione e l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (componente radiale e verticale) al fine di ottenere il profilo  $V_s$  ed il conseguente modello sismo-stratigrafico sito specifico (Fig. 5-6 – Spettro  $f-v$ ).

Dalla curva di dispersione delle onde di Rayleigh/Love è possibile valutare la massima profondità di investigazione<sup>2</sup> attraverso la seguente relazione, che lega i tre parametri che descrivono la propagazione nello spazio di un'oscillazione:

$$\lambda_{\max} = V_s / f_{\min}$$

$\lambda$  = lunghezza d'onda (misurata in metri)

$V_s$  = velocità di propagazione (in m/s)

$f$  = frequenza (in Hz)

Per valutare la profondità di investigazione corrispondente a  $\lambda_{\max}/3$ , bisogna considerare la frequenza più bassa della curva di dispersione (Spettro  $f-v$  – di Fig. 7-8-9-10).

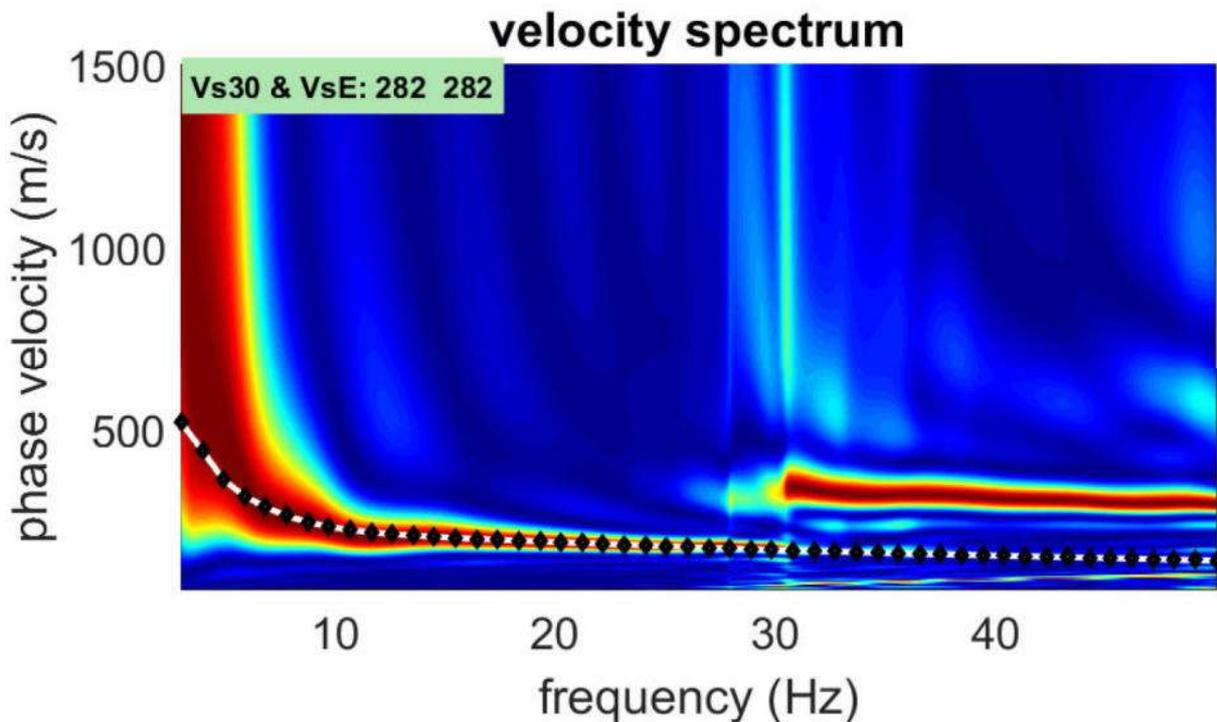


Fig. 5 – Spettro  $f-v$  onde di Rayleigh nella Masw 1.

<sup>2</sup> Si tratta di un dato qualitativo per valutare se l'acquisizione sismica svolta ha effettivamente raggiunto gli scopi che erano prefissati, raggiungendo almeno 30 m dal p.c.

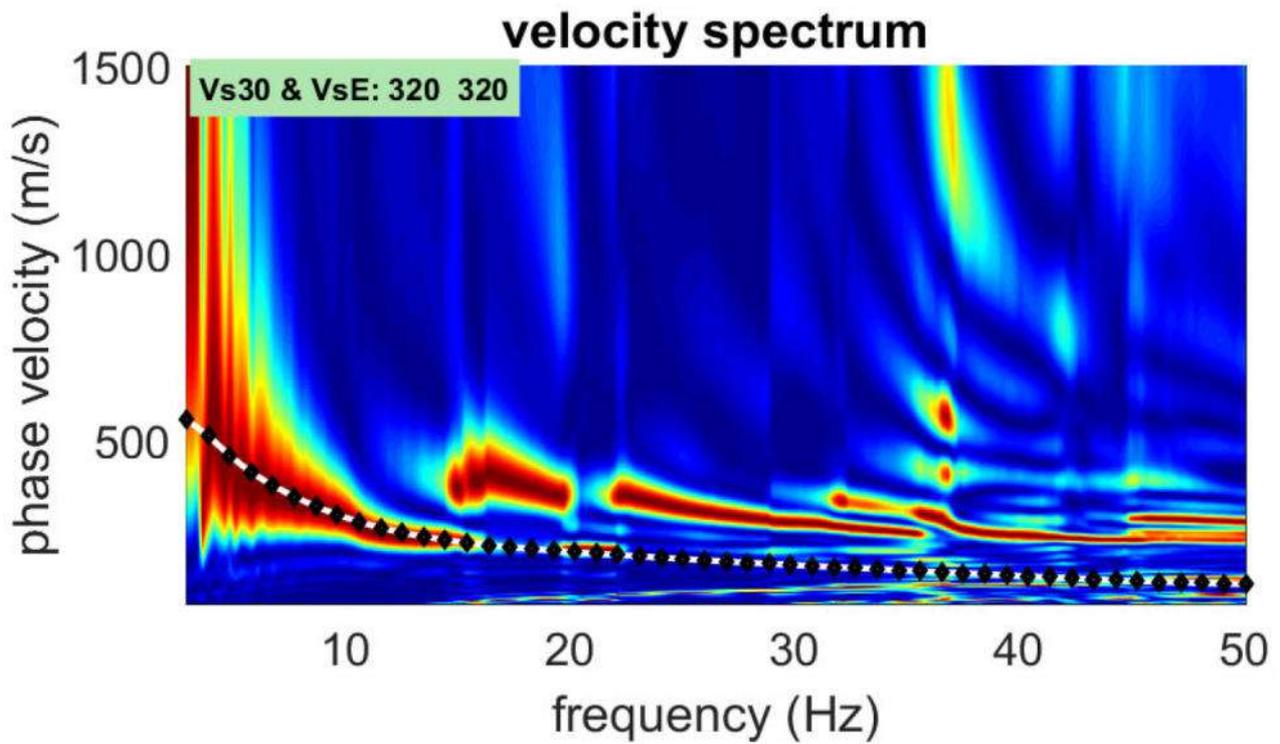


Fig. 6 – Spettro f-v onde di Rayleigh nella Masw 2.

In questi casi la frequenza  $\lambda_{\max}$  oscilla da 4,5 Hz a cui può essere associata una velocità di sempre superiore a 400 m/sec.

**Utilizzando la precedente espressione e considerando il grado di approssimazione del metodo, si stima una profondità di investigazione di almeno 30 m.**

#### 4 – RISULTATI

Visto il profilo  $V_s$  ed il conseguente modello sismo-stratigrafico sito specifico è possibile determinare il valore della  $V_{SEQ}$ , considerando il piano di fondazione delle nuove strutture posto in corrispondenza del piano di campagna.

Tenuto conto che il bedrock sismico ( $V_s=800$  m/sec) non è stato mai rilevato prima dei 30 metri di profondità, si procede alla stima della  $V_{SEQ}$ , secondo la formula prevista dalla normativa vigente ( $V_{SEQ}=V_{S30}$ ):

##### Sito nord - Masw 1

$V_{SEQ} = 282$  m/sec dal piano di campagna;

$V_{S30} = 282$  m/sec dal piano di campagna.

##### Sito sud - Masw 2

$V_{SEQ} = 320$  m/sec dal piano di campagna;

$V_{S30} = 320$  m/sec dal piano di campagna.

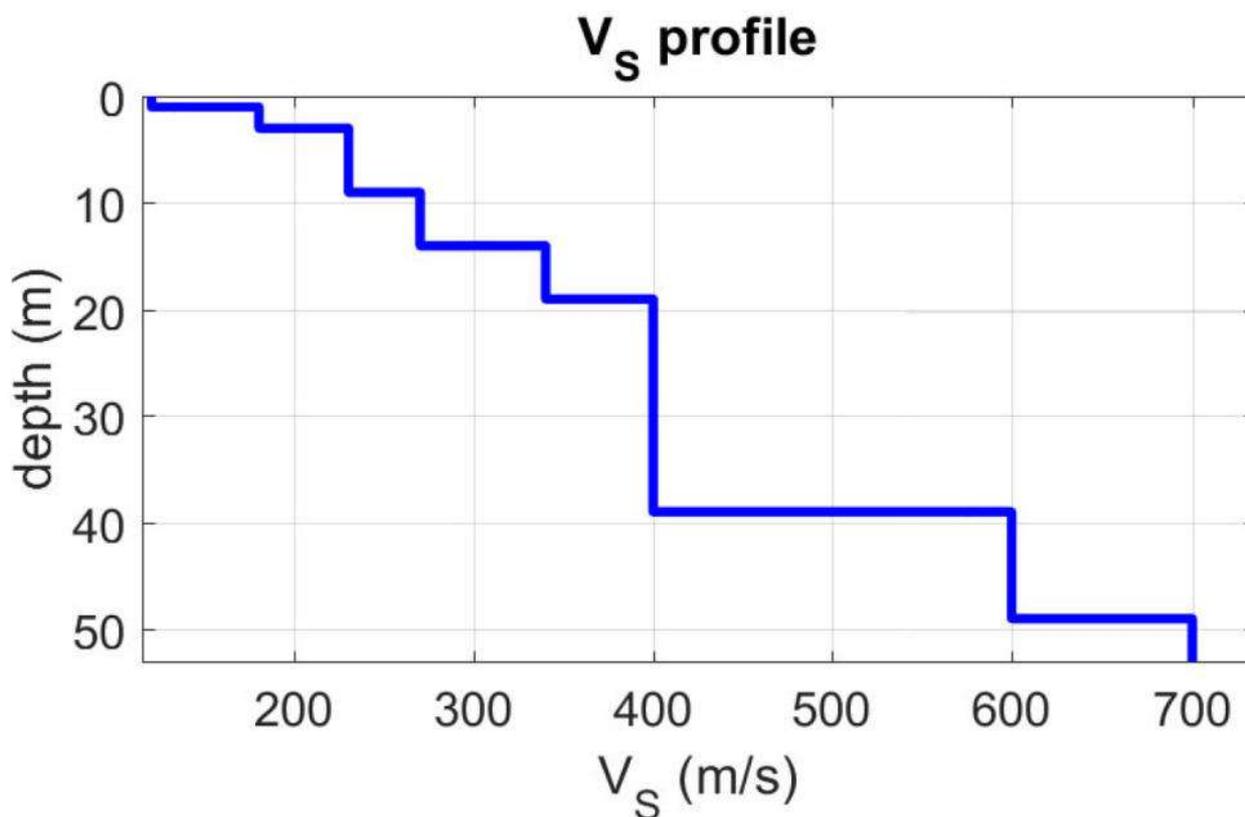


Fig. 7 – Profilo verticale  $V_s$  in Masw 1.

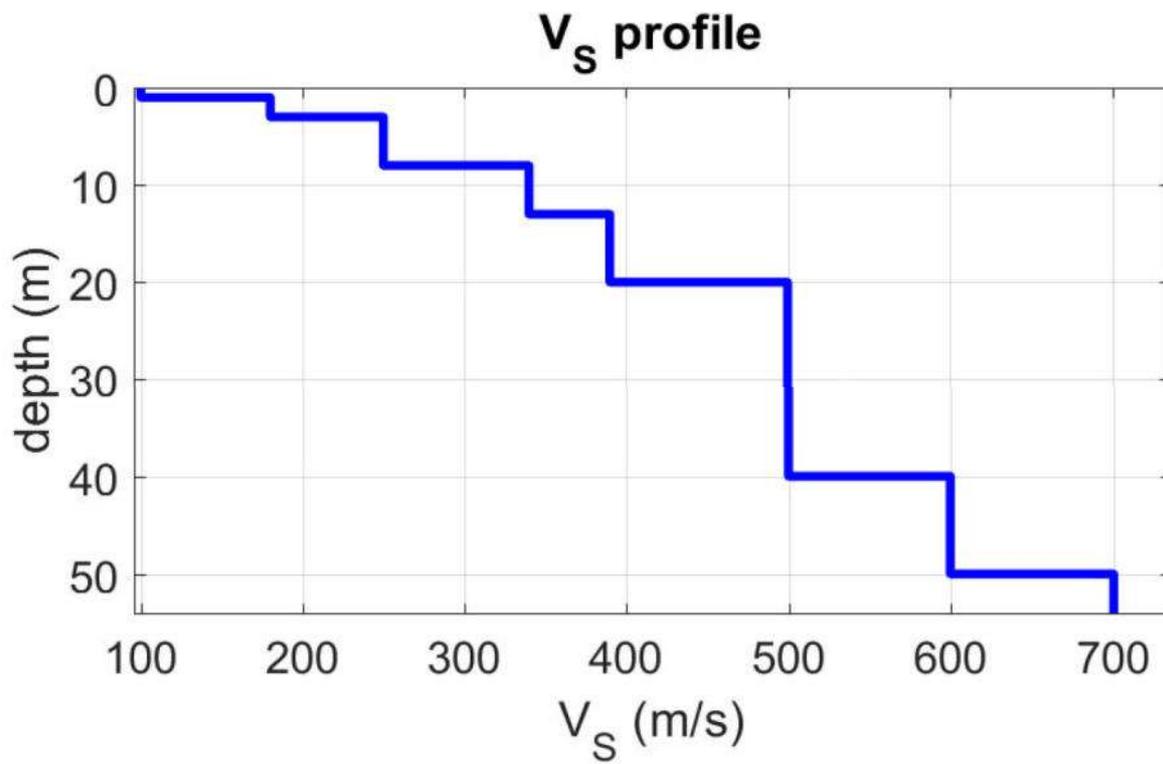


Fig. 8 – Profilo verticale  $V_S$  in Masw 2.

La proiezione oltre la profondità di indagine è puramente indicativa.

## 5 – CONCLUSIONI

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 delle NTC2018.

In assenza di tali analisi (per interventi in classe d'uso I e II), per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo).

Visti gli esiti delle prospezioni sismiche eseguita nei siti d'interesse ed in particolare:

X  $V_{s30} = 282-320$  m/sec;

X profilo  $V_s$  caratterizzato da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche (come visibile nella scheda allegata alla presente relazione);

può essere associata la **Categoria C** così come sotto meglio descritta.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Grosseto, li 30/04/2024

Il tecnico sperimentare  
Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini  
(O.G.T. n. 709 Sez. A)

## **ALLEGATI**

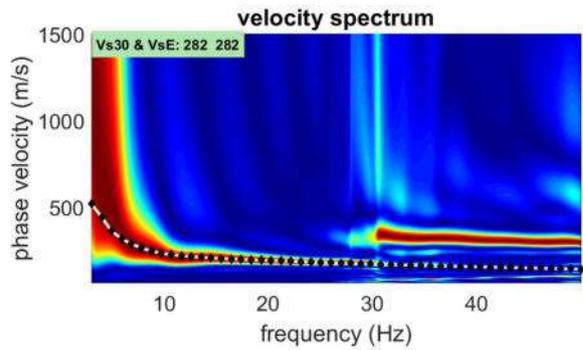
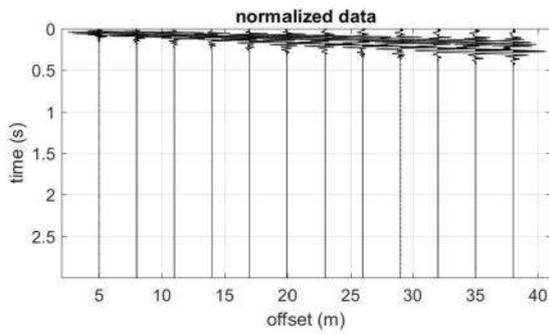
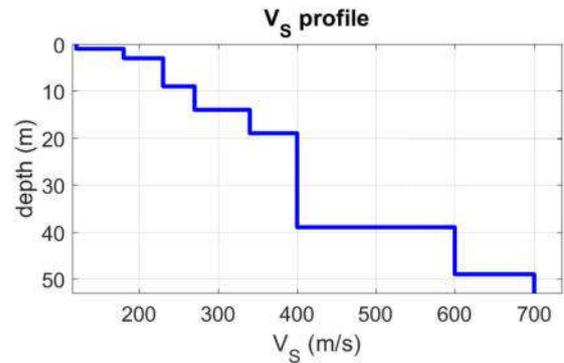
# winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Date: 2 5 2024

Time: 10 9

Dataset: 00000004.sg2



## Subsurface Model

Vs (m/s): 120 180 230 270 340 400 600 700

Thickness (m): 1.0, 2.0, 6.0, 5.0, 5.0, 20.0, 10.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.76 1.82 1.88 1.91 1.97 2.01 2.08 2.09

Shear modulus (MPa) (approximate values): 25 59 99 140 228 322 750 1022

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 294 375 478 562 708 833 1123 1143

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

*Pay attention*

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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

**winMASW - Surface Waves & Beyond**

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

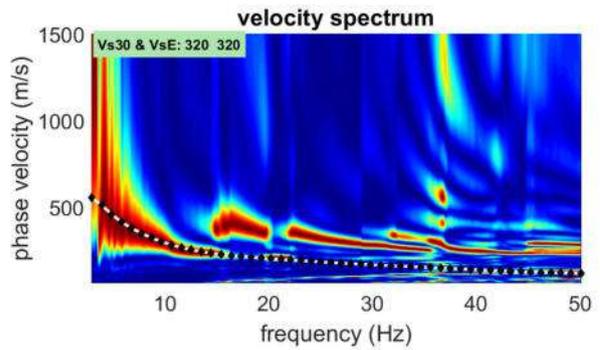
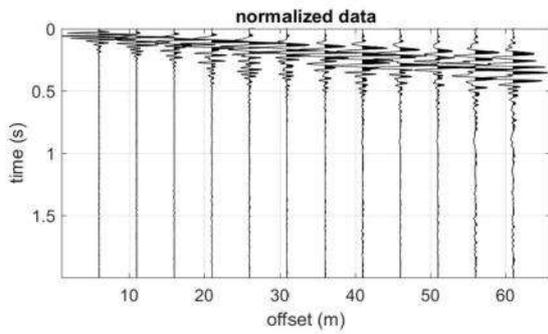
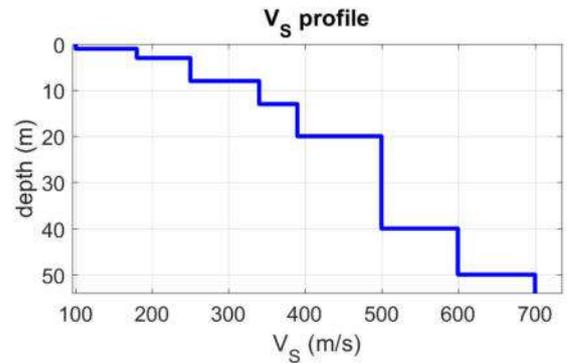
# winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Date: 2 5 2024

Time: 9 33

Dataset: TIRO 4-6\_6 M\_FILTRATO.sgy



## Subsurface Model

Vs (m/s): 100 180 250 340 390 500 600 700

Thickness (m): 1.0, 2.0, 5.0, 5.0, 7.0, 20.0, 10.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.71 1.82 1.90 1.97 2.00 2.06 2.08 2.09

Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 59 118 228 305 516 750 1022

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 245 375 520 708 812 1041 1123 1143

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

*Pay attention*

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

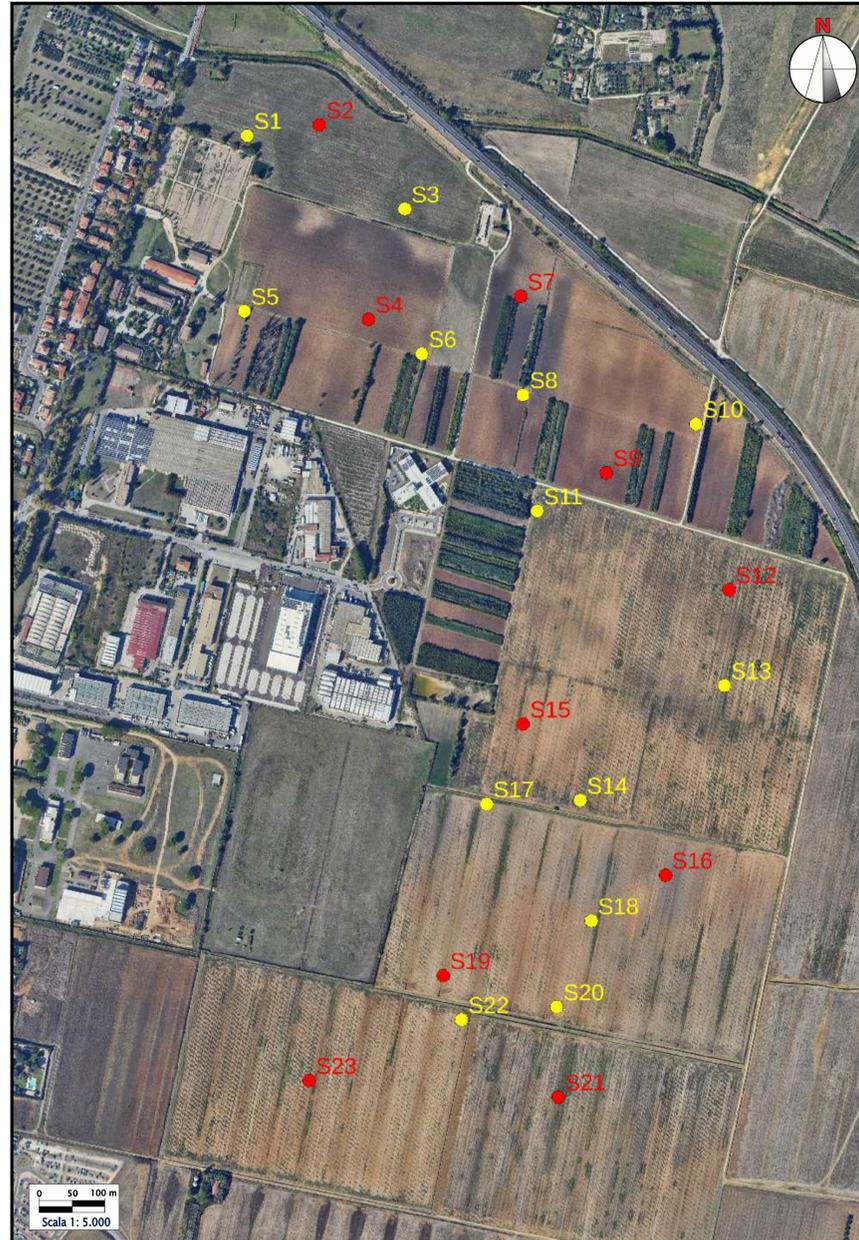
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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

**winMASW - Surface Waves & Beyond**

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

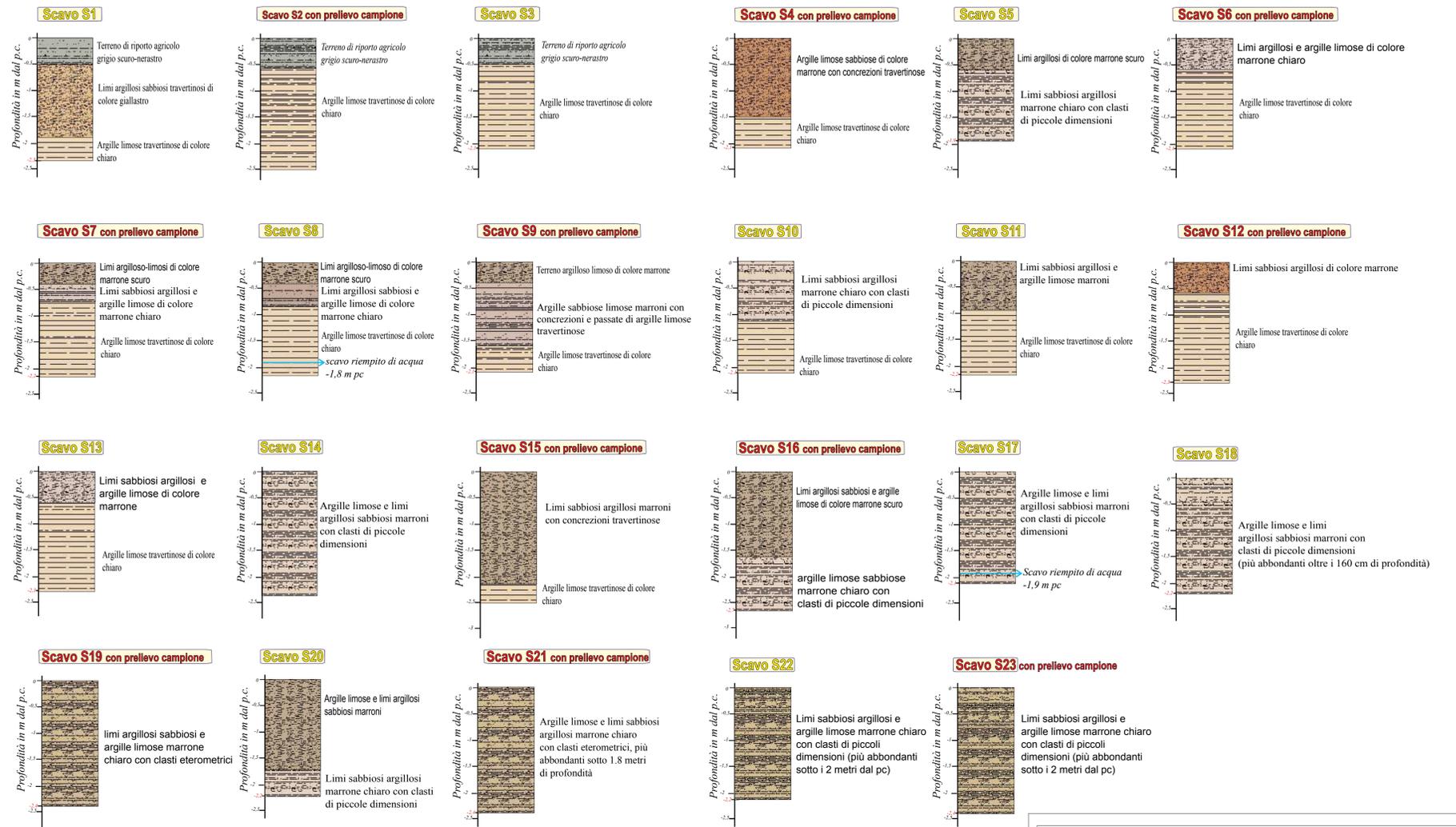
FOTO AEREA CON UBICATI GLI SCAVI GEOGNOSTICI



S1 ● Ubicazione scavi geognostici realizzati in data 23.04.2024 con prelievo campioni per analisi chimico-fisica  
 S1 ● Ubicazione scavi geognostici realizzati in data 26.04.2024

COLONNINE STRATIGRAFICHE degli SCAVI GEOGNOSTICI realizzati in data 23.04.2023 e 26.04.2024

Scala 1:50



▶ Panoramica dell'area oggetto di studio



Comune di Grosseto

Provincia di Grosseto

- Loc. POGGIONE -

LAVORI PER:  
 realizzazione impianto agrivoltaico

Committente: Soc. La Salica SRL

ELABORATO: TAVOLA REPORT SCAVI GEOGNOSTICI

Gruppo di lavoro:  
 Ambiente e Sottosuolo  
 Impresa di Dat. (dat. Farnusco Lorenzini)  
 Geognostica e geoservizi  
 GROSSETO - Via Ambra n. 6a  
 Mobile: 328.0311006  
 e-mail: ambiente.sottosuolo@gmail.com

Perito Agrario  
 Valentina Benellini  
 Via Molise n°2  
 58100-Grosseto  
 Cell:3278405181  
 mail: vale.benellini@hotmail.it  
 pec: valentina.benellini@peritiagrari.pro

TAV: 2

SCALA: Varie  
 DATA: Maggio 2024

Timbro e firma:

INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO SCAVI GEOGNOSTICI

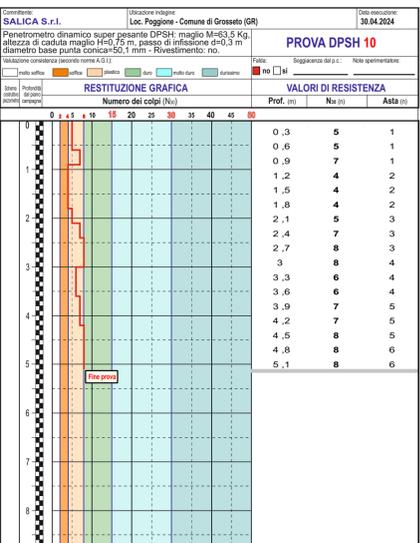
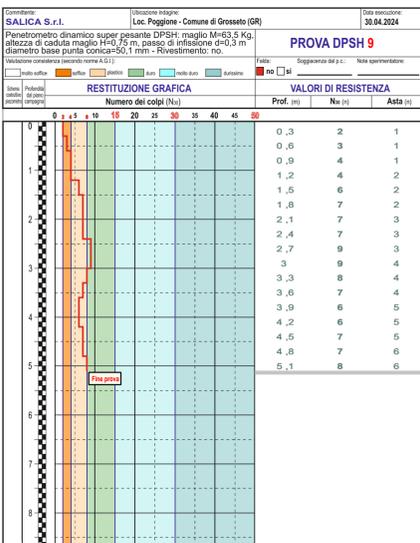
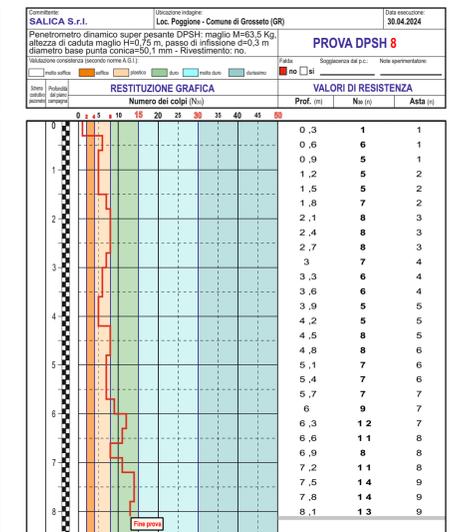
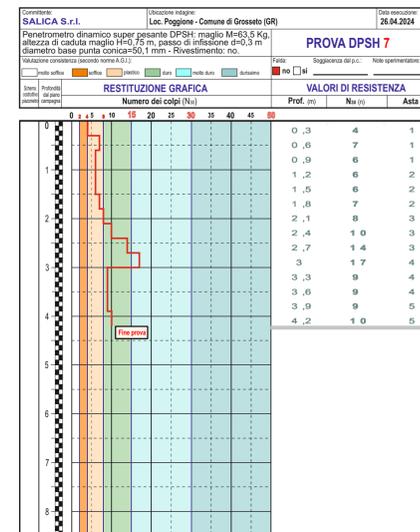
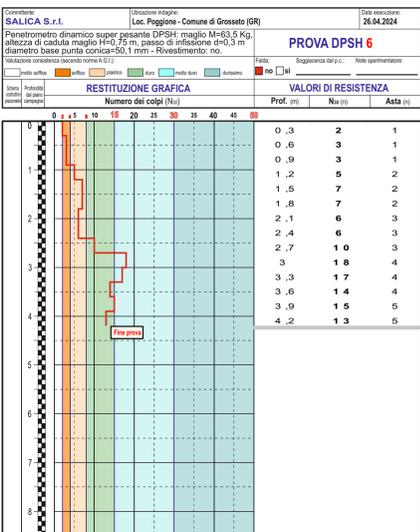
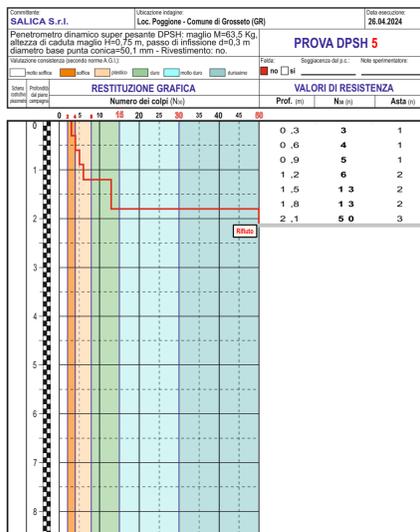
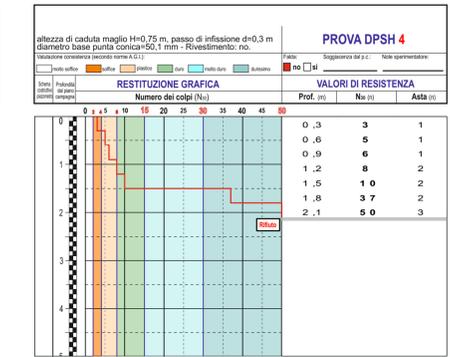
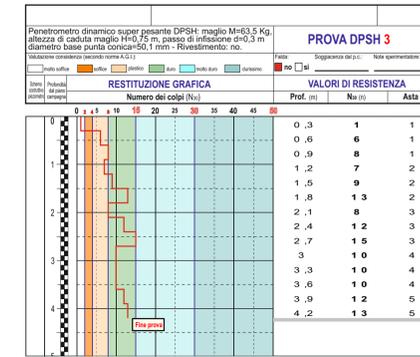
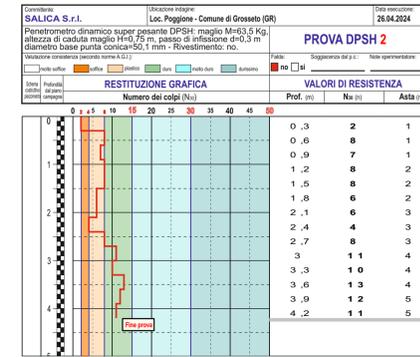
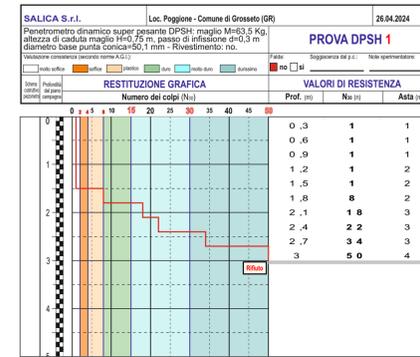


FOTO AEREA con ubicate le prove penetrometriche e gli stendimenti sismici



DPSH1 Ubicazione prove penetrometriche dinamiche  
 CPT11 Ubicazione prova penetrometrica statica  
 Masw Ubicazione stendimento sismico masw

RAPPORTI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH e STATICA CPT

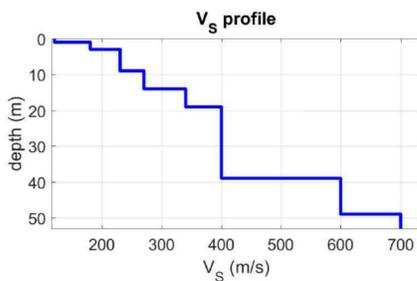


**PROVA CPT 11**

Prof. (m)	Na (n)	Asta (n)
0,3	5	1
0,6	5	1
0,9	7	1
1,2	4	2
1,5	4	2
1,8	4	2
2,1	5	3
2,4	7	3
2,7	8	3
3	8	4
3,3	6	4
3,6	6	4
3,9	7	5
4,2	7	5
4,5	8	5
4,8	8	6
5,1	8	6

STENDIMENTO MASW1 E MASW2

Profilo verticale Vs in Masw 1.

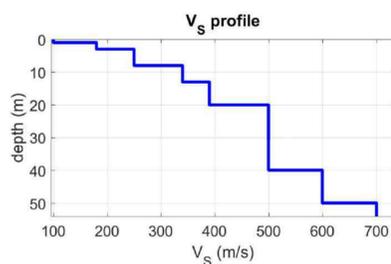


Sito nord - Masw 1  
 V<sub>sc0</sub> = 282 m/sedal piano di campagna;  
 V<sub>50</sub> = 282 m/sedal piano di campagna.

Categoria di sottosuolo "C"  
 Tab. 3.2.II delle NTC2018

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti e 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	Ruote tonde e depositi di terreni a grana grossa molto adensati a 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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente adensati 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	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente adensati o 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 e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Profilo verticale Vs in Masw 2.



Sito sud - Masw 2  
 V<sub>sc0</sub> = 320 m/sedal piano di campagna;  
 V<sub>50</sub> = 320 m/sedal piano di campagna.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Comune di Grosseto  
 Provincia di Grosseto  
 - Loc. POGGIONE -

LAVORI PER:  
 realizzazione impianto agrivoltaico

Committente: Soc. La Salica SRL

ELABORATO: TAVOLA REPORT  
 PROVE PENETROMETRICHE E MASW

Gruppo di lavoro:  
 Ambiente e Sottosuolo  
 Impresa di Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini  
 Geognostica e geoservizi  
 GROSSETO - Via Ambra n. 6a  
 Mobile: 328.031006  
 e-mail: ambiente.sottosuolo@gmail.com

TAV: **3**  
 SCALA: Varie  
 DATA: Maggio 2024

Perito Agrario  
 Valentina Benellini  
 Via Molise n°2  
 58100-Grosseto  
 Cell:3278405181  
 mail: v.benellini@hotmail.it  
 pec: valentina.benellini@peritiagrari.pro

Timbro e firma:

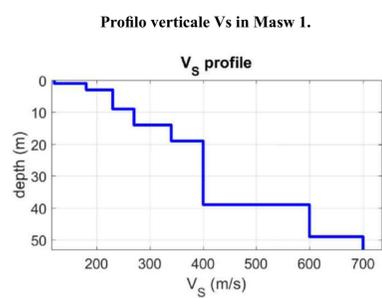
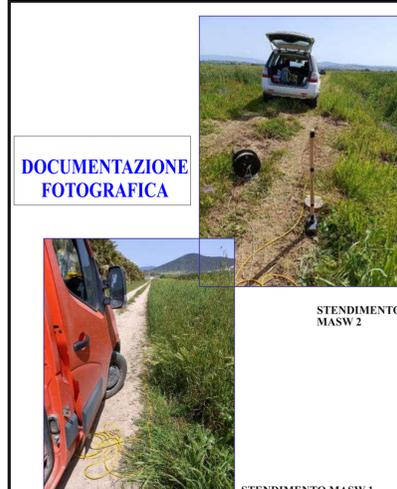
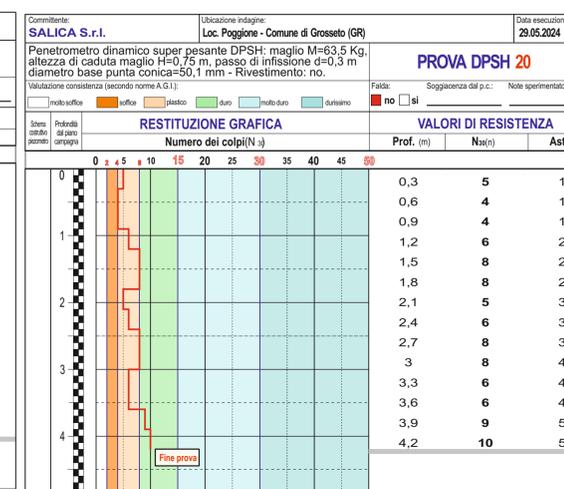
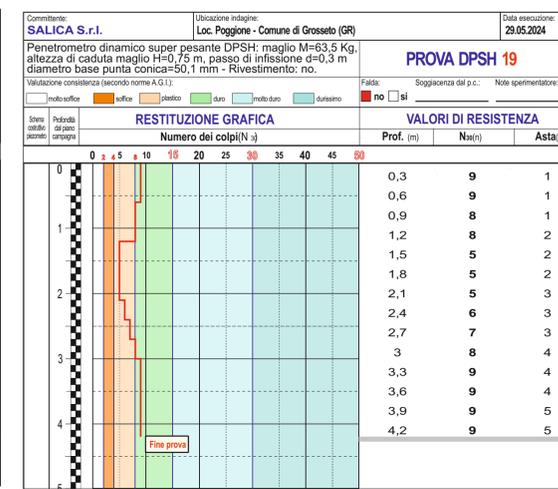
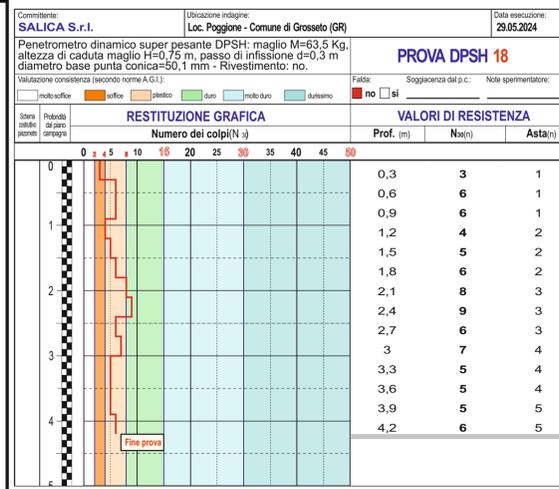
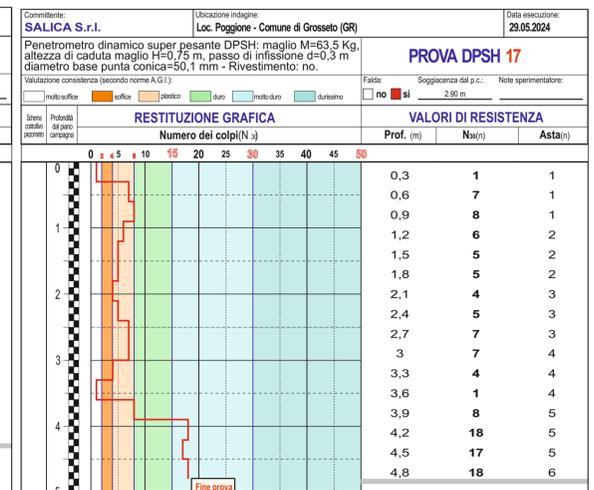
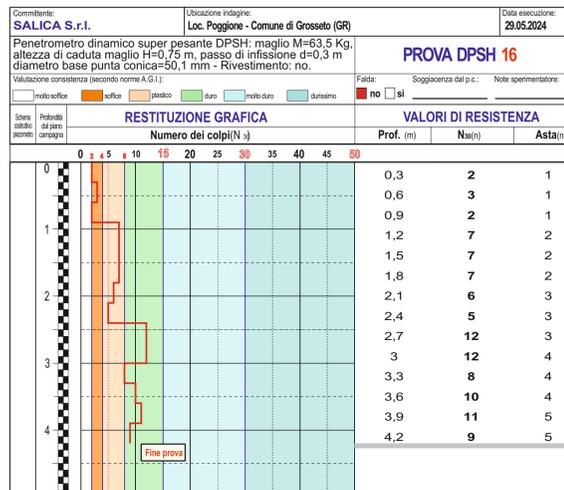
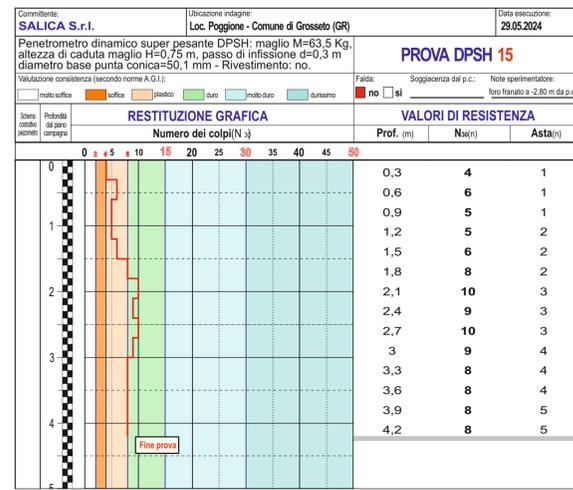
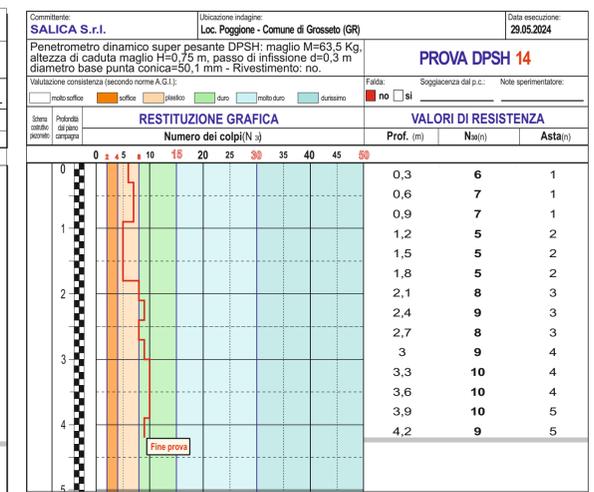
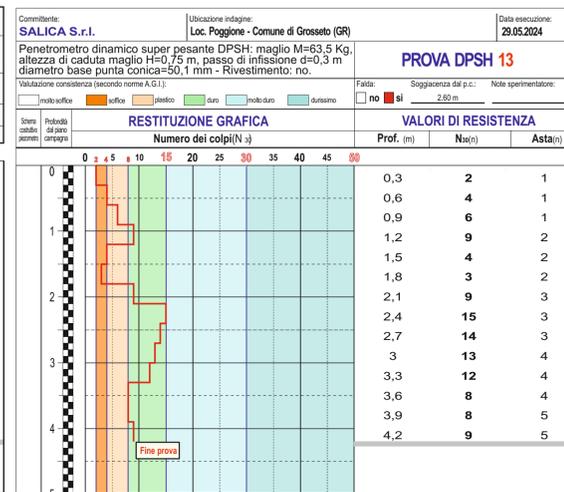
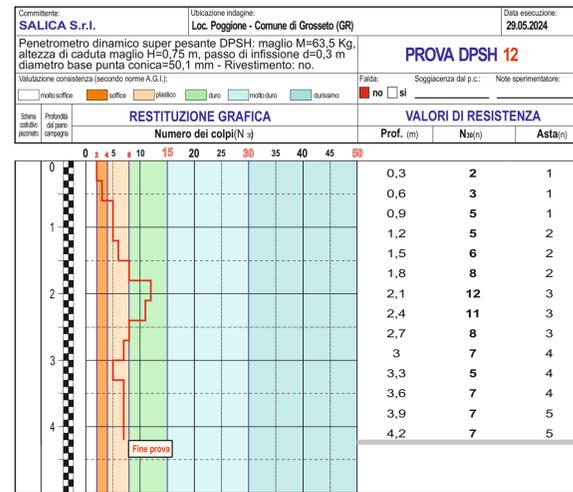
FOTO AEREA con ubicate le prove penetrometriche FASE II e gli stendimenti sismici



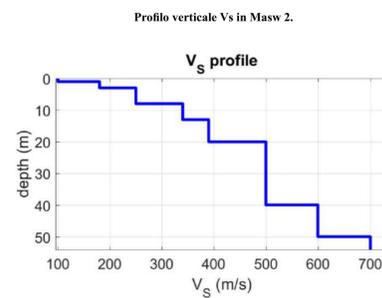
Ubicazione prove penetrometriche dinamiche realizzate in data 29.05.2024

Ubicazione stendimenti masw realizzati in data 30.04.2024

RAPPORTI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH eseguite in data 29 maggio 2024



Sito nord - Masw 1  
V<sub>60</sub> = 282 m/secondal piano di campagna;  
V<sub>30</sub> = 282 m/secondal piano di campagna.



Sito sud - Masw 2  
V<sub>60</sub> = 320 m/secondal piano di campagna;  
V<sub>30</sub> = 320 m/secondal piano di campagna.

Categoria di sottosuolo "C"  
Tab. 3.2.11 delle NTC2018

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Annassi ricivi affioranti e 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 e terreni a grana fina molto compatti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e terreni a grana fina mediamente compatti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati e terreni a grana fina scarsamente compatti, 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 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente risonducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.



Comune di Grosseto  
Provincia di Grosseto  
- Loc. POGGIONE -

LAVORI PER:  
realizzazione impianto agrivoltaico

Committente: Soc. La Salica SRL

ELABORATO: TAVOLA REPORT  
PROVE PENETROMETRICHE FASE II e MASW

Gruppo di lavoro:  
Ambiente e Sottosuolo  
Impresa di Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini  
Geognostica e geoservizi  
GROSSETO - Via Ambra n. 64  
Mobile: 328.031006  
e-mail: ambiente.sottosuolo@gmail.com

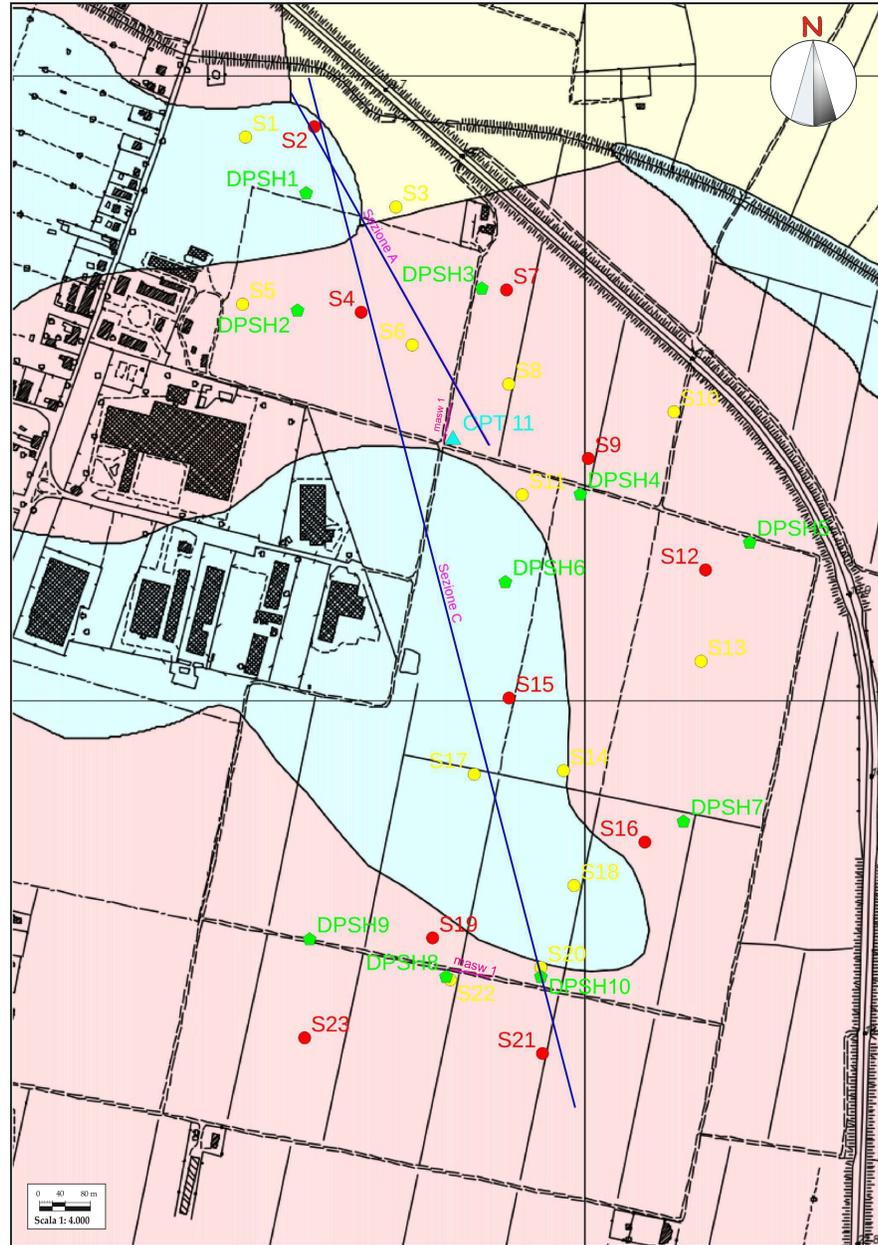
TAV: **3**  
SCALA: Varie  
DATA: Maggio 2024

Perito Agrario  
Valentina Benellini  
Via Molise n°2  
58100-Grosseto  
Cell:3278405181  
mail: v.benellini@hotmail.it  
pec: valentina.benellini@peritiagrari.pro

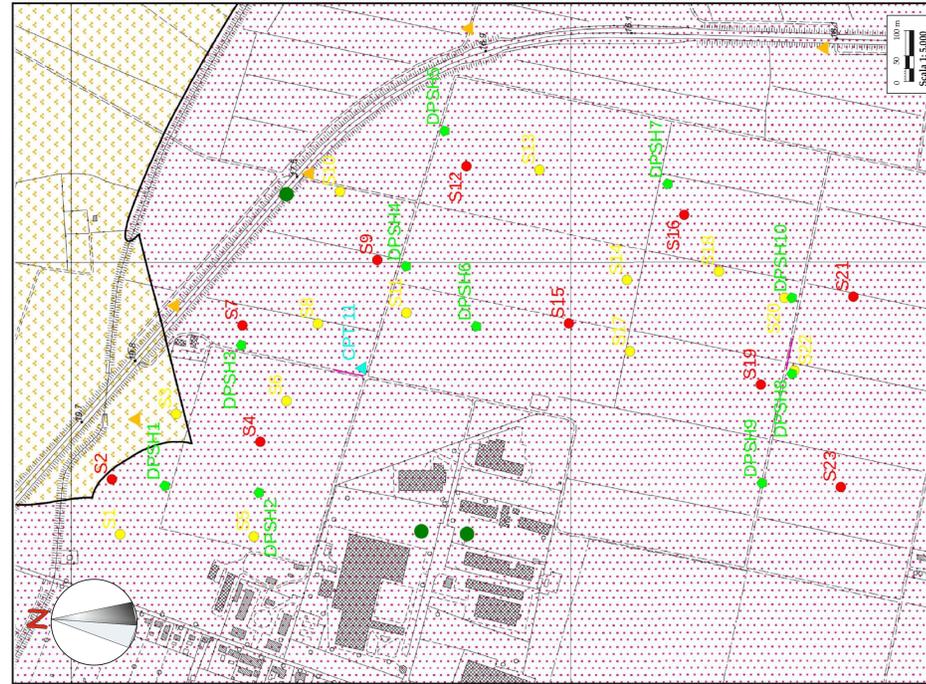
Timbro e firma:

STENDIMENTO MASW1 E MASW2 eseguiti tra data

**CARTA GEOLOGICA**



**CARTA LITOTECNICA**



Unità 5: unità dei depositi alluvionali recenti, prevalentemente prevalentemente fine con comportamento geotecnico variabile generalmente dotati di basse caratteristiche meccaniche  
 Unità 1: unità dei terreni detritici, costituiti da materiale granulare con buona caratteristiche geotecniche  
 Penetrometriche statiche e/o dinamiche



**Comune di Grosseto**  
 Provincia di Grosseto  
 - Loc. POGGIONE -

**LAVORI PER:**  
 realizzazione impianto agrivoltaico

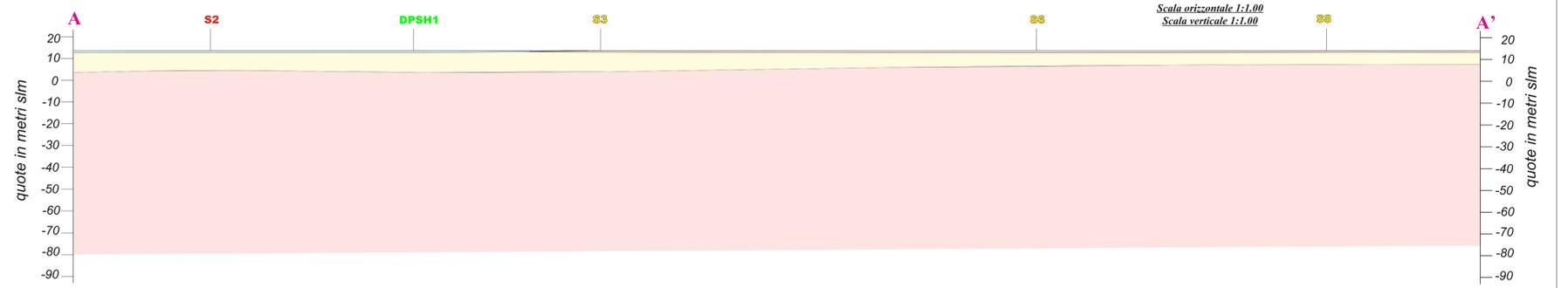
Committente: Soc. La Saica SRL

ELABORATO: TAVOLA GEOLOGICA

Gruppo di lavoro:  
**Ambiente e Sottosuolo**  
 Invece il Ditt. Geol. Firenze (Lavori)  
 Geognostica e geoservizi  
 GROSSETO - Via Ambra n. 6a  
 Mobile: 328.031006  
 e-mail: [ambiente.sottosuolo@gmail.com](mailto:ambiente.sottosuolo@gmail.com)  
 Perito Agrario  
**Valentina Benellini**  
 Via Molise n°2  
 58100-Grosseto  
 Cell:3278405181  
 mail: [vale.benellini@hotmail.it](mailto:vale.benellini@hotmail.it)  
 pec: [valentina.benellini@peritiagrari.pro](mailto:valentina.benellini@peritiagrari.pro)

TAV.	<b>4</b>	
SCALA	DATA	
Varie	Maggio 2024	
Timbro e firma:		

**SEZIONE GEOLOGICO-LITOTECNICA A-A'**



**LEGENDA GEOLOGICA:**

- Sedimenti alluvionali attuali e recenti: ghiaie in matrice argillosa  
Depositi costituiti da argilla e limo e rari ciottoli di varia dimensione
- Sedimenti alluvionali attuali e recenti: argille sabbioso-ciottolose  
Si tratta di materiale grossolano ghiaioso e talora ciottoloso immerso in matrice sabbioso-argillosa, quest'ultima a luoghi prevalente.
- Sedimenti terroso-traverinosi  
Afferano nella fascia poco a sud di Bagni di Roselle e sono rappresentati da farine calcaree poco coerenti e da concrezioni; si trovano intercalati ai depositi alluvionali e detritici e sono in relazione con la risalita di acque idrotermali dal substrato.

**SIMBOLOGIA:**

- A — A' Traccia sezione geologico-litotecnica
- S1 Ubicazione scavi geognostici realizzati in data 23.04.2024 con prelievo campioni per analisi chimico-fisica
- S1 Ubicazione scavi geognostici realizzati in data 26.04.2024
- CPT Ubicazione prova penetrometrica statica
- DPSH1 Ubicazione prove penetrometriche dinamiche
- / Ubicazione stendimento sismico masw

**SEZIONE GEOLOGICO-LITOTECNICA C-C'**

