

Impianto fotovoltaico 'Cellere'

Regione Lazio, Provincia di Viterbo, Comune di Cellere e Comune di Tessennano

Titolo elaborato

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E IDRAULICA

Proponente



IBERDROLA RENEVABLES ITALIA S.p.A.
Piazzale dell'Industria 40/46, Roma

Studio di impatto ambientale e coordinamento prestazioni specialistiche



ENVIarea snc stp
Viale XX Settembre 266bis, Carrara (MS)

Progettazione specialistica



Geol. Alessandro Murratzu
Ordine dei Geologi della Toscana, n. 640

Scala	Formato	Codice elaborato
-	A4	CLR-GEO-REL-01-00

Revisione	Data	Descrizione
00	12/2021	Emissione per VIA art. 23
01	-	-
02	-	-

Proponente: Iberdrola Renovables Italia S.p.A.



*RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA ED
IDRAULICA DI SUPPORTO ALLA PROCEDURA DI
VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE PER IL
PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
DENOMINATO "CELLERE" NEL COMUNE DI
CELLERE (VT)*

Pratica Idrogeo n. 2021/226_A

Novembre 2021

SOMMARIO

1 – PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOTECNICO.....	5
4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO	6
5. STUDI DI SUPPORTO ALLO S.U.G. VIGENTE: CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA.....	7
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI	8
6.1 Criteri di indagine	8
6.2 Descrizione delle indagini	8
6.3 Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento	10
6.4 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica.....	11
6.5 Categoria di sottosuolo	14
8. MODELLAZIONE SISMICA	15
8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	18
8.1– Parametri caratteristici e di progetto	18
9. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO -CONCLUSIONI.....	19
9.1– Vincolo Idrogeologico: considerazioni sull'assetto idrogeologico dell'area e verifiche di stabilità dei terreni	20

ELABORATI CARTOGRAFICI

ALLEGATI:

- Allegato 1 - certificati prove penetrometriche statiche/dinamiche
- Allegato 2 - indagine sismica M.A.S.W.

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA ED IDRAULICA DI SUPPORTO ALLA PROCEDURA
DI VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE PER IL PROGETTO DI UN IMPIANTO
FOTOVOLTAICO DENOMINATO "CELLERE" NEL COMUNE DI CELLERE (VT)**

1 – PREMESSA

Per incarico della Società proponente del progetto Iberdrola Renovables Italia S.p.A. sono esposti e commentati i risultati dell'indagine geologica e geologico-tecnica di supporto alla Valutazione di Impatto Ambientale per il progetto di un impianto fotovoltaico denominato "Cellere" nel comune di Cellere (VT)

Il perimetro dell'impianto non ha continuità ma risulta così suddiviso Figura 1 :

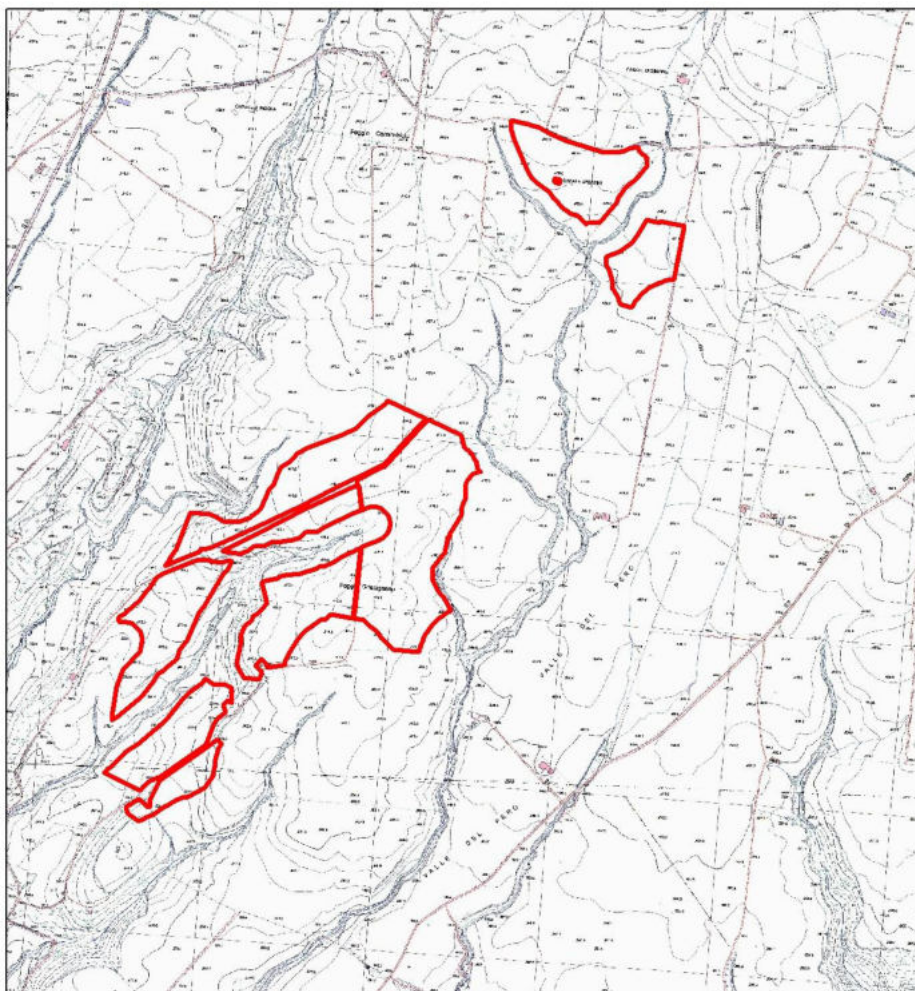


Figura 1 – Impianto fotovoltaico "Cellere" (immagine non in scala)

Il progetto per il quale si richiede la connessione in rete è un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare che prevede di installare 58.656 moduli fotovoltaici monofacciali in silicio monocristallino da 540 Wp ciascuno, su strutture fisse in acciaio zincato a caldo. L'impianto è caratterizzato da una potenza nominale pari a 31.674,24 kWp.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito complessivamente da 9 sottocampi fotovoltaici suddivisi come di seguito indicato:

- n° 1 sottocampo fotovoltaico, costituito da
 - ✓ 8892 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 342 stringhe;
 - ✓ 114 strutture;
 - ✓ potenza sottocampo pari a 4.801,68 Wp;

- n° 1 sottocampo fotovoltaico, costituito da
 - ✓ 4290 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 165 stringhe;
 - ✓ 55 strutture;
 - ✓ potenza sottocampo pari a 2.316,60 Wp;

- n° 2 sottocampi fotovoltaici, costituiti da
 - ✓ 8346 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 321 stringhe;
 - ✓ 107 strutture;
 - ✓ potenza sottocampo pari a 4.506,84 Wp;

- n° 2 sottocampi fotovoltaici, costituiti da
 - ✓ 8268 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 318 stringhe;
 - ✓ 106 strutture;
 - ✓ potenza sottocampo pari a 4.464,72 Wp;

- n° 1 sottocampo fotovoltaico, costituito da
 - ✓ 6474 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 249 stringhe;
 - ✓ 83 strutture;
 - ✓ potenza sottocampo pari a 3.495,96 Wp;

- n° 1 sottocampo fotovoltaico, costituito da
 - ✓ 3588 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 138 stringhe;
 - ✓ 46 strutture;
 - ✓ potenza sottocampo pari a 1.937,52 Wp;

- n° 1 sottocampo fotovoltaico, costituito da
 - ✓ 2184 moduli da 540 Wp/cad;
 - ✓ 84 stringhe;

- ✓ 28 strutture;
- ✓ potenza sottocampo pari a 1.179,35 Wp;

Ogni sottocampo fotovoltaico sarà dotato di una cabina di sottocampo all'interno della quale verranno installati da 1, 2 o 3 inverter per la conversione dell'energia elettrica da CC ad CA e n°1 trasformatore BT/MT 0,57/30 kV. La tensione MT interna al campo fotovoltaico sarà quindi pari a 30 kV. Le linee elettriche MT, in uscita dalle cabine di sottocampo, verranno poi collegate ad una cabina di centrale, mediante due collegamenti a semplice anello e conformemente allo schema elettrico unifilare. I cavidotti interrati a 30 kV interni all'impianto fotovoltaico avranno un percorso interamente su strade private, mentre i cavidotti che collegheranno la cabina di centrale alla cabina di stazione (situata all'interno della SSEU) avranno un percorso su strade private e parzialmente su strade pubbliche. I cavidotti interrati saranno costituiti da terne di conduttori ad elica visibile.

I 9 sottocampi saranno raggruppati in due sezioni afferenti alla cabina di raccolta denominata cabina di centrale. Essa sarà, poi, collegata alla cabina di stazione, (situata all'interno della SSEU), mediante due cavidotti interrati a doppia terna di conduttori ad elica visibile.

La connessione prevede l'inserimento dell'impianto alla RTN mediante collegamento in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserire in entra-esce alla linea a 150 kV RTN "CaninoArlena", previa realizzazione dei raccordi della medesima linea alla stazione elettrica RTN 380/150 kV di Tuscania, di cui al Piano di Sviluppo Terna e previa realizzazione: a) di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra la suddetta SE RTN 150 kV e la stazione di Tuscania, che dovrà essere opportunamente ampliata; b) potenziamento/rifacimento della linea RTN a 150 kV "Canino-Montalto". (Si precisa che la nuova stazione RTN 150 kV di cui sopra dovrà essere realizzata nella futura tratta "Canino-Tuscania").

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà allacciata alla rete di e-distribuzione

Il Comune di Cellere è classificato fra i comuni sismici in zona 2b (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, successivamente modificata con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019) ossia zona con rischio sismico medio, che può essere soggetta a scuotimenti abbastanza forti. La sottozona 2B indica un valore di $a_g < 0,20g$ (L' a_g rappresenta l'indice di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).

Si fa presente che il perimetro dell'impianto fotovoltaico "Cellere" risulta interessato per la maggior parte dal Vincolo Idrogeologico (*R.D. 3267/1923 e R.D. n. 1126/1926; la regione Lazio ha decentrato parte delle competenze in materia di Vincolo Idrogeologico agli Enti Locali con Legge Regionale n.53 del 11 dicembre 1998 e Deliberazione di Giunta Regionale n. 3888 del 30 settembre 1998 e ha regolamentato il rilascio di tale parere tramite la Pubblicazione di Linee Guida on il DGR 2649/1999*), ad eccezione dell'area A del Lotto 1 che ne risulta totalmente privo (Fig. 2)¹.

¹ <https://mapserver.provincia.vt.it/>

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di studio è situata in una regione dell'Alto Lazio comprendente il tratto del litorale tirrenico e l'adiacente entroterra collinare e montuoso fino al lago di Bolsena (Geoparco della Tuscia). Per cui dalla fascia costiera pianeggiante si passa gradualmente in una vasta area centrale, caratterizzata da una morfologia di piana ondulata o di bassa collina, nella quale insiste l'area oggetto di studio, passando poi alla fascia pedemontana più interna fino al paesaggio di alta collina o montuoso. Il geoparco è caratterizzato dalla presenza di diverse tipologie di terreni: dai depositi vulcanici dell'attività dei distretti vulcanici Cimino, Vicano e Vulsino ai depositi del substrato sedimentario. Questo fa sì che il paesaggio risulti assai differenziato quale risposta alla diversa resistenza all'erosione.

Il paesaggio fisico cambia nettamente in corrispondenza della fascia marginale di territorio perivulcanico, in ragione dell'affioramento di depositi prevalentemente sedimentari. Nella zona centrale, nella quale è posizionata l'area oggetto di indagine, compresa tra la fascia caratterizzata dagli affioramenti vulcanici e quella costiera, il paesaggio ha una conformazione prevalentemente collinare e di bassa collina. La morfologia è rappresentata da forme irregolari, con versanti poco acclivi, dove affiorano litologie con una significativa componente argillosa, che diventano localmente più ripidi dove affiorano formazioni relativamente più competenti, quali conglomerati, calcareniti ed arenarie. Gran parte dell'area è interessata da una attiva e rapida erosione, conseguenza della eterogeneità dei terreni affioranti e della loro scarsa coesione. Forme relativamente più pronunciate si rinvengono nella Tuscia viterbese, in relazione alla presenza di rocce più competenti, rispettivamente carbonatiche e metamorfiche. A W dell'area oggetto di studio si osserva la fascia costiera caratterizzata da vaste spianate o superfici leggermente ondulate con pendenza generale verso mare e con incisioni vallive per lo più poco profonde.

Nello specifico, l'impianto fotovoltaico "Cellere" ricade nella porzione più orientale del comune di Cellere (VT – Figg. 2a e 2b), ad una distanza di circa 2 km dal capoluogo comunale e ad una distanza compresa tra i 600 m e i 200 m dal confine comunale di Piansano, tutti nella provincia di Viterbo, e in un'area collinare incisa da diversi fossi (alcuni dei quali di natura stagionale). Il perimetro dell'impianto si sviluppa in un areale principale di estensione maggiore (suddiviso a sua volta in areali più piccoli in modo da non intersecare i corsi d'acqua esistenti) e due aree più piccole, poste a nord dell'area di dimensioni maggiori, ad una distanza di circa 700 m l'una dall'altra. Il perimetro si sviluppa in un'area collinare con scarse pendenze (le parti di territorio con pendenze maggiori sono state escluse dalla perimetrazione o comunque dall'installazione dei pannelli fotovoltaici), in località Poggio Grispignano, posta tra i fossi Ripalta e Arroncino/Canestraccio. I perimetri più a nord, invece, si trovano in corrispondenza del toponimo Casale Sabatini.

L'area di interesse presenta una quota variabile tra i 363 m e i 442 m s.l.m.; per ciò che riguarda le pendenze, esse risultano comprese tra il 2 e il 10%. Invece, l'uso del suolo, l'area è occupata

principalmente da seminativi semplici non irrigui e terreni incolti (fig. 2c). Nelle vicinanze dei fossi principali, sono presenti boschi e cespuglieti.

Da un punto di vista geomorfologico, sia a livello comunale che regionale, non si è riusciti a reperire una cartografia che descriva i principali elementi geomorfologici. In data 5 ottobre 2021 è stato, quindi, effettuato un rilievo geologico - geomorfologico di dettaglio, volto ad individuare gli elementi geomorfologici principali.

Tale rilievo (fig. 3) ha confermato la presenza di diverse scarpate (sia interne al perimetro che confinanti con esso) dovute alla presenza dei fossi che insistono nell'area o piccole scarpate d'erosione.

Sono, inoltre, presenti diverse aree interessate da erosione incanalata ed erosione superficiale diffusa.

In base a quanto evidenziato dal rilievo geomorfologico effettuato è possibile affermare che sono presenti alcune criticità, di natura geomorfologica, che possono condizionare o l'intervento progettato.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOTECNICO

Dal punto di vista geologico a piccola scala, il sito in esame si colloca all'interno di una vasta area dell'Alto Lazio che comprende il tratto del litorale tirrenico e l'adiacente entroterra collinare e montuoso fino al lago di Bolsena. Essa è caratterizzata dalla presenza e dalla coesistenza di diverse unità sedimentarie riconducibili a differenti paleoambienti e di rocce vulcaniche differenziate per natura petrografica e meccanismo di messa in posto.

Dall'analisi della carta geologica della Regione Lazio a scala 1:25.000, estrapolata dal portale della regione Lazio, si evidenzia la presenza delle seguenti litologie vulcaniche (Fig. 4):

- lava (leucite/trachite)
- tufo/tufite
- sabbia/arenaria

I terreni leucitici/trachitici interessano la maggior parte del perimetro.

Questi sono essenzialmente lave sottosature e sature del Pleistocene costituiti da Leucititi passanti a nefriti leucititiche o a basalti leucititici, latiti, basaniti, nefriti, fonoliti, trachibasalti e tefriti..

I terreni definiti come tufo/tufite sono costituiti da tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi del Pleistocene. Sono costituiti da alternanze di lenti, strati e livelli più o meno compatti di marne, limi, sabbie con prevalenti elementi vulcanici, con piante e fossili. Nel complesso sono state accorpate litoformazioni di origine molto diversa.

Infine, si ritrovano i depositi prevalentemente sabbiosi a luogo cementati in facies marina e di transizione (terrazzati lungo la costa) di età Plio-Pliostocenica. Anche se la facies è prevalentemente sabbiosa, si ritrovano anche ciottoli ed argille intercalati.

Il rilievo geologico di dettaglio effettuato ha confermato che l'area è interessata principalmente dalla presenza di terreni di origine magmatica e, in minima parte, da terreni sabbiosi di origine marina.

4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO

Dal punto di vista idrogeologico, si evince la presenza di numerosi compluvi a carattere stagionale che confluiscono nei principali collettori dell'area, costituiti dai Fosso Arroncino/Fosso della Cadutella/Fosso Ripalta, dal Fosso La Tomba/Fosso del Canestraccio.

L'elevato numero di corsi d'acqua evidenzia una permeabilità superficiale dei terreni sostanzialmente medio-bassa, che però tende a modificarsi repentinamente nei depositi al di sotto del piano di campagna, in relazione alla notevole eterogeneità granulometrica degli stessi.

Infatti, per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche dei terreni investigati, le varie litologie descritte nel paragrafo precedente, presentano permeabilità variabile, nello specifico:

- Le lave sono caratterizzate da una permeabilità da media a medio-alta sulla base della presenza o meno di una vasta rete di fratture e, laddove si presentano sature d'acqua, esse sono interessate da falde molto produttive;
- la permeabilità dei tufi è variabile, compresa tra bassa e media, in funzione del dominio geologico attraversato dal corso d'acqua;
- la permeabilità delle sabbie risulta media.

Dalla consultazione della carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio a scala 1:100.000, l'area dell'impianto fotovoltaico "Cellere" risulta interessata dai seguenti complessi idrogeologici (Fig. 5):

- Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie – potenzialità acquifera medio-alta: scorie generalmente saldate, lave e laccoliti (Pleistocene), spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri; questo complesso contiene falde di importanza locale ad elevata produttività, ma di estensione limitata;
- Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche – potenzialità acquifera bassa: tufi stratificati, tufi terrosi, brecce piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (Pleistocene). I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue false superficiali;
- Complesso dei depositi clastici eterogenei – potenzialità acquifera media: depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso-argillosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione, terrazzati lungo la costa, sabbie e conglomerati fluviali di ambiente deltizio (Pliocene-Olocene). Spessore variabile fino a un centinaio di metri; il complesso non presenta una circolazione idrica sotterranea significativa. Ove sono prevalenti facies

conglomeratiche di elevata estensione e potenza, si ha la presenza di falde di interesse locale.

Le isopieze dell'acquifero vulcanico indicano una profondità dello stesso pari a 260 m s.l.m. (quindi ad una profondità superiore ai 100 m dal p.c.).

Non vi sono dati che possano fornirci informazioni sulla profondità della falda, in quanto dai dati del portale ISPRA – Indagini del sottosuolo non vi sono segnalati pozzi nei dintorni dell'area d'interesse. I più prossimi sono presenti a poco più di 1 km di distanza a nord, nelle medesime condizioni geologiche e individuano la falda a 135 m e 216 m dal p.c. Dalle prove geognostiche effettuate dalla committenza nell'area non risulta essere individuata alcuna falda nei primi metri di profondità.

Non si può escludere, tuttavia, che possano formarsi delle falde stagionali nei periodi particolarmente piovosi tra terreni aventi permeabilità differenti (sia primaria che secondaria).

Dalla mappa delle "Aree di Captazione ad uso idropotabile (art. 21 D. Lgs 152/99)" del PTPG della provincia di Viterbo, in un intorno di 200 m dall'area d'intervento non si rilevano inoltre pozzi potabili destinati al consumo umano (art. 94, comma 6 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.)

Pertanto, sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, nonché delle specifiche progettuali dell'intervento, che prevede sostanzialmente l'infissione di pali in acciaio (strutture portanti dei pannelli fotovoltaici) nel terreno per la profondità di 1,50 m, nonché la realizzazione di cabinati per il trasporto della corrente elettrica ed accorgimenti mitigatori per facilitare il mantenimento dei parametri idrologici dell'area, si ritiene che le opere in progetto non comportino alterazioni del regime idrogeologico ed idraulico dell'area.

5. STUDI DI SUPPORTO ALLO S.U.G. VIGENTE: CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA

Per quanto concerne la pericolosità geomorfologica ed idraulica dell'area in studio non esiste una cartografia a livello comunale.

L'area ricade, a livello di Autorità di Bacino, in quella dei Bacini Regionali Lazio. La Regione, a seguito di una serie di attività conoscitive e di acquisizione dati, si è dotata di un Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi dell'art. 17 della L. 183/89, degli artt. 11 e 12 della L.R. 39/96, dell'art. 1 della L. 267/98 e dell'art. 1bis della L. 365/2000. Tale piano è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale l'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio individua, nell'ambito di competenza, le aree da sottoporre a tutela per la prevenzione e la rimozione delle situazioni di rischio, sia mediante la pianificazione e programmazione di interventi di difesa, sia mediante l'emanazione di norme d'uso del territorio.

La Tavola di Piano Ambito Nord 1 mostra come l'area non ricada in alcuna area da sottoporre a tutela, né per il pericolo d'inondazione, né per pericolo di frana, né per aree di attenzione (Fig. 6).

È stata consultata anche la Tavola 1.1.4 “Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico” del Piano Territoriale Provinciale Generale della Provincia di Viterbo. L’area risulta esclusa da qualsiasi area interessata da dissesti gravitativi attivi, quiescenti o inattivi.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI

6.1 Criteri di indagine

Tenendo in considerazione le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del luogo di intervento, nonché tutte le prescrizioni della normativa e quelle derivate da strumenti sovraordinati di gestione del territorio, ai fini della definizione del modello geologico di sintesi per la progettazione preliminare sono state realizzate le seguenti indagini in prossimità del comparto d’intervento e comprendente:

- n. 10 prove penetrometriche;
- n. 1 stendimento geofisico MASW.

Le prove penetrometriche sono state realizzate in modalità statica ad eccezione delle prove DPSH1, DPSH2 e DPSH9 che sono state realizzate, invece, in modalità dinamica.

Per l’ubicazione delle indagini eseguite si rimanda alla figura 7.

I certificati delle prove sono riportati in Allegato 1 (prove penetrometriche statiche e dinamiche) ed in Allegato 2 (Stendimento geofisico MASW).

6.2 Descrizione delle indagini

Prove penetrometriche

Nell’area sono state realizzate sia prove penetrometriche statiche che dinamiche.

Per l’esecuzione delle **prove penetrometriche statiche** si utilizza un penetrometro statico/dinamico da 10 tonnellate fornito di punta conica tipo "Begemann". L’operazione eseguita staticamente consiste nell’infiggere nel terreno a mezzo di un martinetto idraulico le aste misurando ai manometri ogni 20 cm la resistenza alla penetrazione (q_c), l’attrito laterale locale (F_s), il rapporto di attrito (RF) e la pressione totale di spinta (Q_t).

La **prova penetrometrica dinamica** consiste nell’infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. Le prove penetrometriche dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un’immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli

attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

Le prove penetrometriche, hanno raggiunto le seguenti profondità:

- DPSH 1 – 6,00 m dal p.c.;
- DPSH 2 – 0,80 m dal p.c.;
- CPT 3 – 8,00 m dal p.c.;
- CPT 4 – 3,60 m dal p.c.;
- CPT 5 – 9,80 m dal p.c.;
- CPT 6 – 2,00 m dal p.c.;
- CPT 7 – 4,40 m dal p.c.;
- CPT 8 – 7,60 m dal p.c.;
- DPSH9 – 3,20 m dal p.c.;
- CPT10 – 3,20 m dal p.c.

Per i certificati si rimanda all'allegato 1 del presente elaborato.

Indagini sismiche – tecnica M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde Rayleigh, 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, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s e il parametro $V_{S,eq}$.

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi delle due prove MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro $V_{S,eq}$ relativi al sottosuolo del sito indagato.

Per i certificati si rimanda all'allegato 2 del presente elaborato.

6.3 Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento

Dalle risultanze dell'indagine geognostica condotta nel comparto di interesse è stato possibile ricostruire, verosimilmente, il seguente assetto stratigrafico e litologico dei terreni di pertinenza dell'intervento in progetto.

DPSH 1:

0,00 – 1,40 Suolo tufaceo

1,40 – 6,00 Tufo alterato

DPSH 2:

0,00 – 0,20 Suolo trachitico

0,20 – 0,60 Trachite alterata

0,60 – 0,80 Trachite mediamente compatta

CPT 3:

0,00 – 0,60 Suolo trachitico

0,60 – 7,80 Trachite alterata

7,80 – 8,00 Trachite mediamente compatta

CPT 4:

0,00 – 1,00 Suolo trachitico

1,00 – 3,00 Trachite alterata

3,00 – 3,60 Trachite mediamente compatta

CPT 5:

0,00 – 0,20 Suolo trachitico

0,20 – 6,20 Trachite alterata

6,20 – 8,00 Trachite fortemente alterata

8,00 – 9,80 Trachite mediamente compatta

CPT 6:

0,00 – 0,60 Suolo trachitico

0,60 – 1,60 Trachite alterata

1,60 – 2,00 Trachite da mediamente compatta a compatta

CPT 7:

0,00 – 0,80 Terreno rimaneggiato

0,80 – 3,00 Sabbia limosa da mediamente addensata ad addensata

3,00 – 4,40 Sabbia limosa da molto addensata a cementata

CPT 8:

0,00 – 0,80 Terreno rimaneggiato

0,80 – 3,40 Sabbie e ghiaie
3,40 – 7,00 Sabbie limose con livelli torbosi
7,00 – 7,80 Sabbie e ghiaie da addensate a cementate

DPSH 9:

0,00 – 0,40 Suolo trachitico
0,40 – 2,20 Trachite alterata
2,20 – 3,20 Trachite mediamente compatta

CPT10:

0,00 – 0,40 Suolo trachitico
0,40 – 2,60 Trachite alterata
2,60 – 3,20 Trachite da mediamente compatta a compatta

6.4 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica

Le indagini in situ eseguite hanno permesso di attribuire i seguenti parametri geotecnici agli orizzonti sopra definiti, in termini di valori caratteristici come indicato nelle nuove NTC (6.2.2).

DPSH 1							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo tufaceo	0,00 – 1,40	-	-	-	-	-
2	Tufo alterato	1,40 – 6,00	28	-	2	12.000	19

DPSH 2							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 0,20	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	0,20 – 0,60	28	-	5	12.000	19
3	Trachite mediamente compatta	0,60 – 0,80	45	400	-	30.000	20

CPT 3							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 0,80	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	0,80 – 7,80	28	-	5	12.000	19
3	Trachite	7,80 – 8,00	45	400	-	30.000	20

	mediamente compatto						
--	---------------------	--	--	--	--	--	--

CPT4							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 1,00	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	1,00 – 3,00	28	-	5	12.000	19
3	Trachite da mediamente compatta a compatta	3,00 – 3,60	45	400	-	50.000	20

CPT5							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 0,20	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	0,20 – 6,20	28	-	5	12.000	19
3	Trachite fortemente alterata	6,20 – 8,00	22	-	-	8.000	18
4	Trachite alterata	8,00 – 9,40	28	-	5	12.000	19
5	Trachite mediamente compatta	9,40 – 9,80	45	400	-	50.000	20

CPT6							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	0,60 – 1,60	28	-	5	12.000	19
3	Trachite da mediamente compatta a compatta	3,00 – 3,60	45	400	-	50.000	20

CPT7							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Terreno	0 – 0,80	-	-	-	-	-

	rimaneggiato						
2	Sabbia limosa da mediamente addensata ad addensata	0,80 – 3,00	28	-	5	12.000	18
3	Sabbia limosa da molto addensata ad addensata	3,00 – 4,40	32	-	10	50.000	18.5

CPT8							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Terreno rimaneggiato	0,00 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Sabbie e ghiaie	0,60 – 3,40	32	-	8	25.000	18
3	Sabbie limose con livelli torbosi estremamente scadenti	3,40 – 7,00	20	20	2	2.000	17.5
4	Sabbie e ghiaie da addensate a cementate	7,00 – 7,60	45	-	-	50.000	19

DPSH 9							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 0,40	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	0,40 – 2,20	28	-	5	12.000	19
3	Trachite mediamente compatta	2,20 – 3,20	45	400	-	50.000	20

CPT 10							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	ϕ' (°)	Cu (KN/m ²)	C' (KN/m ²)	Ed (KN/m ²)	γ (KN/m ³)
1	Suolo trachitico	0,00 – 0,40	-	-	-	-	-
2	Trachite alterata	0,40 – 2,60	28	-	5	12.000	19
3	Trachite da mediamente compatta a compatta	2,60 – 3,20	45	400	-	50.000	20

dove:

- ϕ = angolo di attrito interno
- Ed= modulo edometrico
- Cu= coesione non drenata
- C'=coesione efficace
- γ = peso di volume del terreno

6.5 Categoria di sottosuolo

Al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche), per la definizione dell'azione sismica di progetto si afferma che:

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, VS.

I valori di VS 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, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

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

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	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.

In riferimento al D.M. 17/01/2018, per i terreni indagati nell'area di realizzazione dell'impianto, dall'analisi della VS,eq (profondità del substrato sismico $H > 30$ m) e verificando la congruenza con la descrizione stratigrafica della tabella sopra (3.2. Il NTC 2018), è stato stimato un sottosuolo di categoria "B", ovvero si tratta di "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"

VS,eq = 406 m/s (Categoria sottosuolo B)

8. MODELLAZIONE SISMICA

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 sono state individuate 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle individuate dalla L. n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione.

Il Comune di Cellere è classificato fra i comuni sismici in zona 2b (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, successivamente modificata con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019) ossia zona con rischio sismico medio, che può essere soggetta a scuotimenti abbastanza forti. La sottozona 2B indica un valore di $a_g < 0,20g$ (L' a_g rappresenta l'indice di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/08 e del successivo aggiornamento del D.M. 17/01/18, la stima della pericolosità sismica viene inoltre definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di interesse, che è l'elemento essenziale per la determinazione dell'azione sismica.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale del valore dell'accelerazione massima a_g al sito e dei parametri (F_0 e T_c^*), che permettono di definire gli spettri di risposta elastici per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR.

È necessario, pertanto, determinare i parametri spettrali relativi al sito di intervento utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tab. 1 dell'allegato B del suddetto decreto.

Lo scuotimento al suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie:

- Categoria di sottosuolo B
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica **SS= 1,5** (tabella 3.2.IV – NTC 2018)

- Coefficiente di amplificazione topografica **ST= 1,0** (tabella 3.2.V – NTC 2018 per categoria topografica T1 in tabella 3.2.III)

Partendo dunque dai seguenti dati relativi alla costruzione in oggetto:

Tipo di costruzione	1
Vita nominale VN	≥ 50 anni
Classe d'uso	I
Coefficiente d'uso Cu	0,7
Vita o periodo di riferimento VR=VN x Cu	35 anni

per il sito di interesse sono stati ricavati, mediante l'utilizzo del programma di calcolo della GeoStru, i seguenti parametri sismici:

Sito in esame.

latitudine: 42,500922
longitudine: 11,799684
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 25616 Lat: 42,5224 Lon: 11,7940 Distanza: 2429,213
Sito 2 ID: 25617 Lat: 42,5233 Lon: 11,8618 Distanza: 5670,333
Sito 3 ID: 25839 Lat: 42,4734 Lon: 11,8632 Distanza: 6040,056
Sito 4 ID: 25838 Lat: 42,4724 Lon: 11,7954 Distanza: 3194,575

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,045 g
Fo: 2,469
Tc*: 0,244 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,057 g
Fo: 2,494
Tc*: 0,253 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,139 g
Fo: 2,477
Tc*: 0,279 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,174 g
Fo: 2,509
Tc*: 0,285 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,460
St: 1,200
Kh: 0,013
Kv: 0,006
Amax: 0,634
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,450
St: 1,200
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,804
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,200
Kh: 0,048
Kv: 0,024
Amax: 1,962
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,200
Kh: 0,060
Kv: 0,030
Amax: 2,461
Beta: 0,240

*Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru*

*Coordinate WGS84
latitudine: 42.499940
longitudine: 11.798733*

8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

8.1– Parametri caratteristici e di progetto

Data la variabilità litologica verticale dei terreni in esame, sono stati presi in considerazione i risultati delle prove penetrometriche realizzate nei medesimi terreni e più prossime ai cabinati da realizzare. Si consiglia di seguire le seguenti direttive per la posa in opera delle fondazioni (si suggerisce fondazioni a PLATEA) dei diversi cabinati:

CS1 orizzonte 2 in DPSH9: Trachite alterata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

CS2 - orizzonte 2 in CPT10: Trachite alterata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

CS3 / CS4 / CS5 - orizzonte 2 in CPT3: Trachite alterata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

CS6 – orizzonte 2 in CPT5: Trachite alterata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

CS7 – orizzonte 2 in CPT6: Trachite alterata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

CS8 + Cabina Centrale – orizzonte 2 in DPSH1: Tufo alterata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 2 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

CS9 – orizzonte 2 in CPT7: Sabbia limosa da mediamente addensata ad addensata (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 28^\circ$$

I valori di progetto da adottare nel calcolo si ottengono dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale, secondo quanto indicato nelle NTC (Tabella 6.2.II del DM 17/01/2018).

La fattibilità e parametrizzazione geotecnica proposti sono basati sulla campagna d'indagine eseguita, la cui natura puntuale rende obbligatoria la verifica delle assunzioni fatte, in fase di

esecuzione dei lavori; si prescrive quindi l'assistenza geologica durante l'esecuzione degli scavi. Si consiglia, comunque, di realizzare le fondazioni delle cabine e delle sottostazioni, oltre che l'infissione dei pali dei pannelli, negli orizzonti con le migliori caratteristiche geotecniche. Si ricorda che eventuali difformità rispetto alle ipotesi progettuali comporteranno necessariamente una verifica dei dimensionamenti previsti. Lo scrivente si rende comunque fin da ora disponibile a fornire integrazioni a quelle attuali secondo le diverse esigenze della Committenza, del Progettista Geotecnico (in merito alla necessità di una maggiore definizione della campagna geognostica ai fini della caratterizzazione-modellazione geotecnica), della Direzione Lavori e degli uffici preposti alla disamina della pratica in oggetto.

9. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO - CONCLUSIONI

L'impianto prevede l'infissione di pannelli per un massimo di 1.5 m dal p.c e la realizzazione di cabinati prefabbricati le cui fondazioni risultano essere poco profonde: per tanto è stato effettuato un rilevamento di dettaglio per controllare la presenza di fenomeni geomorfologici.

Dallo studio geologico-geotecnico-idraulico effettuato si può concludere che il perimetro individuato per la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico si presenta come un'area a bassa pendenza (2-10%) costituito per la maggior parte da terreni, priva di movimenti franosi attivi o quiescenti, ma con alcune forme geomorfologiche di rilievo che possono condizionare l'intervento in esame (fig. 3).

Sono, infatti, presenti alcune scarpate d'erosione e alcune scarpate che bordano i fossi presenti. Inoltre, i terreni sono interessati sia da fenomeni di erosione incanalata che da erosione superficiale diffusa.

Dall'indagine geognostica realizzata si è potuto constatare le buone caratteristiche geotecniche dei terreni nei primi metri di profondità.

Non sono presenti falde superficiali anche se non si può escludere, nei periodi più piovosi, la formazione di livelli idrici stagionali al contatto tra terreni con permeabilità differenti.

Nell'area sono presenti numerosi fossi, ma nessuno di questi è direttamente interessato dall'impianto in oggetto.

In conclusione, si può affermare che l'impianto sarà realizzato in aree prive di problematiche geomorfologiche: a conferma di ciò, la consultazione delle mappe di pericolosità del P.A.I. dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (oggi Autorità di Bacino dell'Appennino Centrale) non individua elementi di pericolosità (da frana o da alluvioni) che intersecano l'area in esame.

Sulla base del rilievo geomorfologico effettuato e alle forme individuate, si consiglia di mantenere una distanza minima di 3 m dalle scarpate e dalle aree interessate da erosione incanalata.

Per il restante perimetro, onde evitare un aumento dell'erosione superficiale, si consiglia di effettuare una buona regimazione delle acque con opere idonee.

In fig. 8 è possibile visualizzare una mappa di sintesi di realizzabilità delle opere.

In relazione al quadro conoscitivo delineato, derivato dalle indagini e dagli approfondimenti realizzati, oltre alle informazioni derivanti dagli strumenti urbanistici, si può affermare che l'intervento risulta fattibile con le prescrizioni ivi descritte.

9.1– Vincolo Idrogeologico: considerazioni sull'assetto idrogeologico dell'area e verifiche di stabilità dei terreni

L'area del perimetro "Cellere" è sottoposta per la maggior parte al vincolo idrogeologico: in seguito agli approfondimenti realizzati in questa fase di studio relativamente alle caratteristiche geomorfologiche, geologiche e litotecniche dei terreni d'interesse si ritiene che la realizzazione delle opere non comprometta e/o alteri la stabilità dei terreni in oggetto, né l'assetto idrogeologico dell'area.

Viste le specifiche tecniche dell'intervento in progetto da considerarsi a bassa incidenza sul terreno, in considerazione dell'assenza di fenomeni geomorfologici attivi degni di nota e delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni presenti nel comparto in esame, non si segnalano condizionamenti tali da comprometterne la stabilità, ad eccezione delle aree ritenute non idonee indicate in fig. 8.

Sulla base di quanto sopra esposto e sulle specifiche tecniche dell'intervento (installazione di cabine prefabbricate con fondazioni poco profonde e infissione di pali fotovoltaici ad una profondità di circa 1,5 m) si può affermare che, se verranno seguite le indicazioni precedentemente descritte, non vi saranno problematiche riguardanti la stabilità dei terreni direttamente interessati dall'intervento.

Si raccomanda di realizzare le fondazioni al di sotto del terreno di riporto o comunque nei terreni aventi le migliori caratteristiche geotecniche. Anche per quanto riguarda le strutture di supporto dei pannelli solari, si raccomanda l'infissione nei terreni dalle caratteristiche geotecniche migliori (consigliato il 2° orizzonte descritto delle tabelle del paragrafo 6.4).

Per quanto riguarda la condotta interrata, non vi sono particolari problematiche in quanto essa verrà realizzata lungo strade esistenti.

Per ciò che riguarda le rocce e terre da scavo, si raccomanda di operare la redistribuzione in loco ed in area poco acclive dei terreni mediante adeguata compattazione evitandone il posizionamento all'interno di fossi campestri e/o di impluvi esistenti. Deve essere sempre assicurata la corretta regimazione delle acque al fine di evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori e nei terreni limitrofi.

Lo stoccaggio definitivo e/o lo smaltimento del materiale di risulta degli scavi dovrà essere gestito comunque nel rispetto della normativa vigente e in particolare del D.L. 152/06 e s.m.i. e DPR 120/2017.

Certaldo, Novembre 2021

IdroGeo Service S.r.l.
Engineering and Consulting

Il Tecnico Responsabile
Dott. Geol.
Alessandro MURRATZU

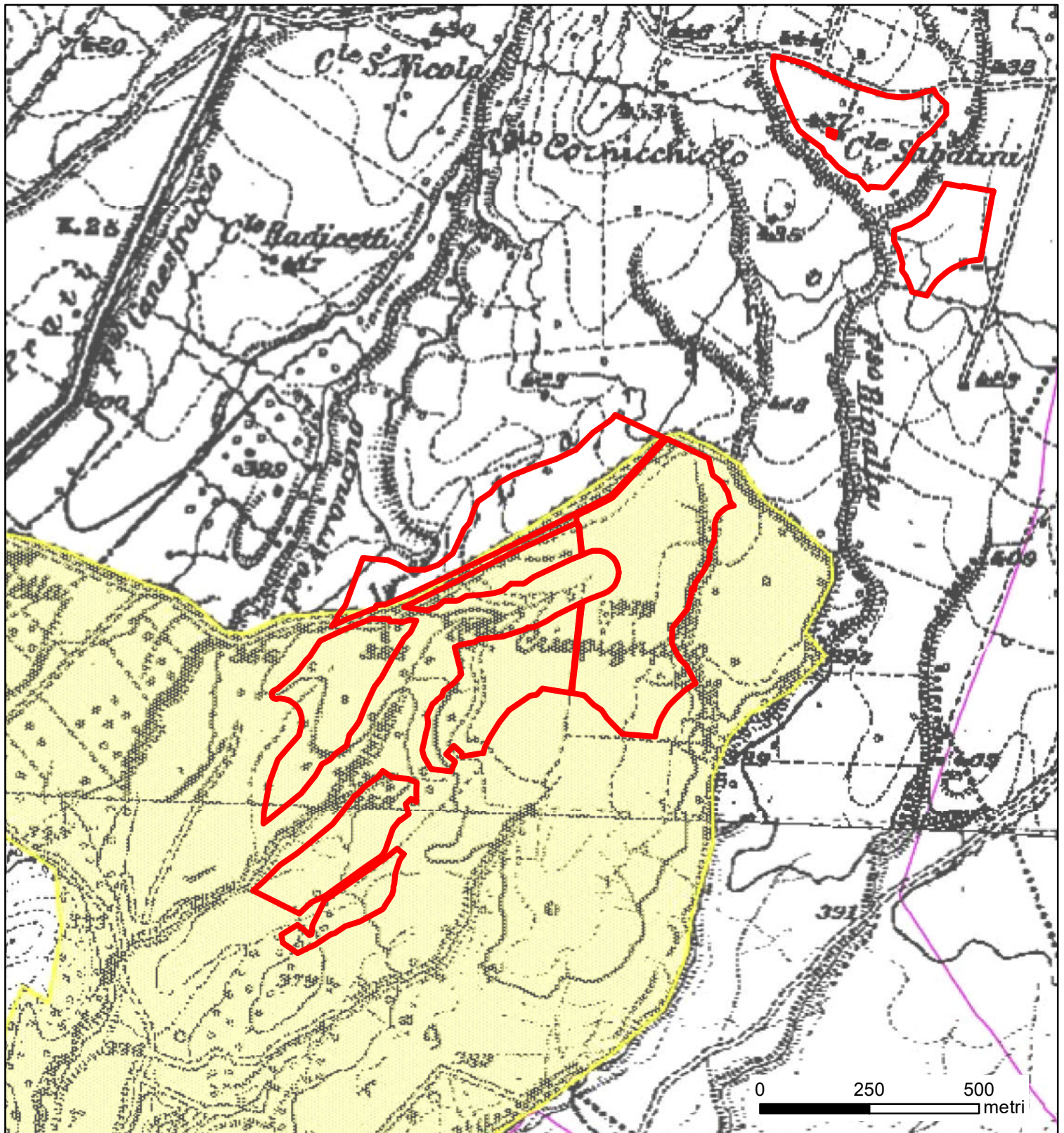
Il Direttore Tecnico
Dott. Geol.
Simone FIASCHI

Collaboratore Tecnico
Dott. Giada De Angelis

ELABORATI CARTOGRAFICI

Estratto della carta del Vincolo idrogeologico

Fonte: portale cartografico della provincia di Viterbo



LEGENDA



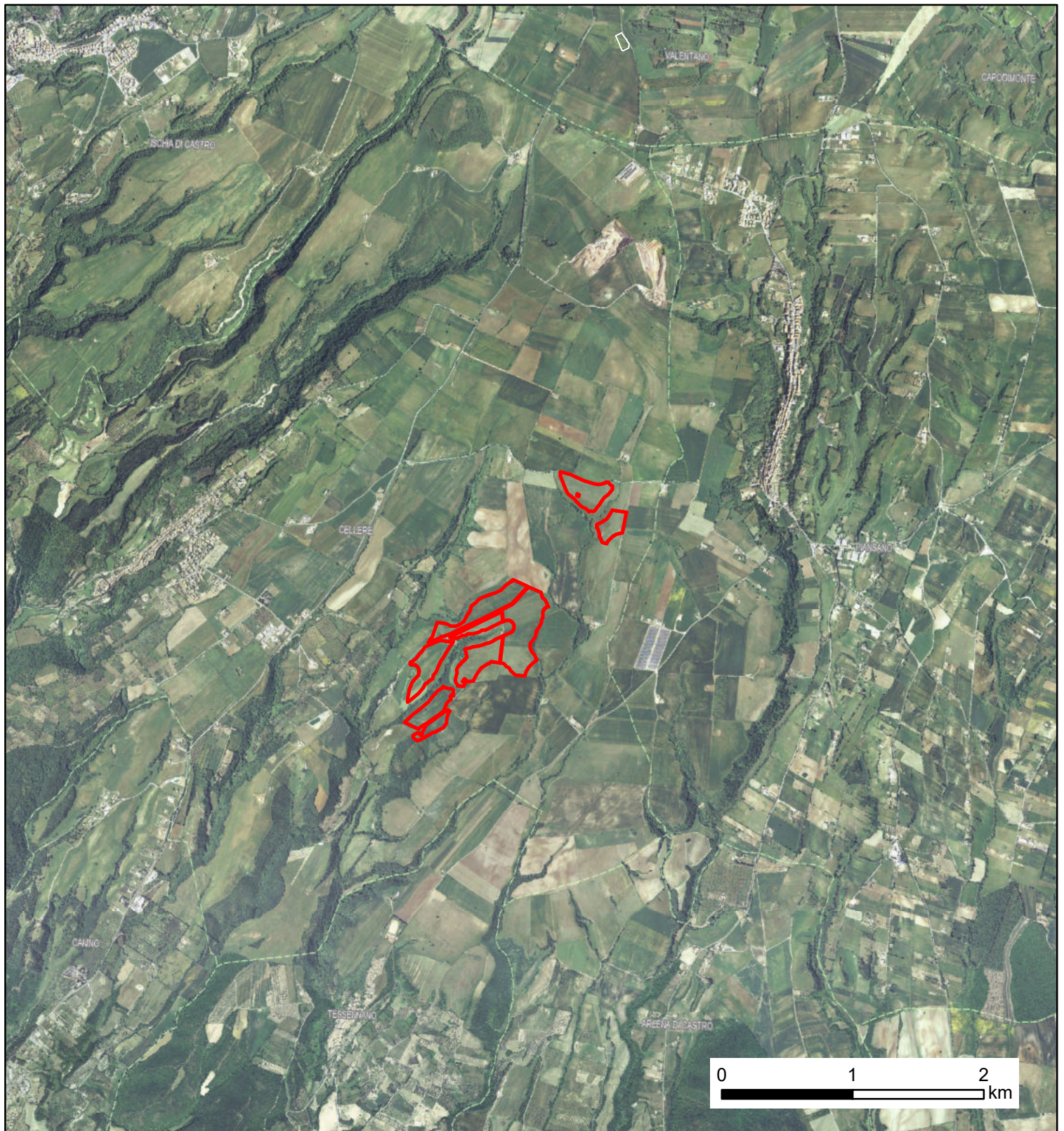
-  Perimetro "Cellere"
-  Vincolo Idrogeologico

Fig. 2

Carta corografica

Fonte: Geoportale Nazionale



LEGENDA

 Perimetro "Cellere"


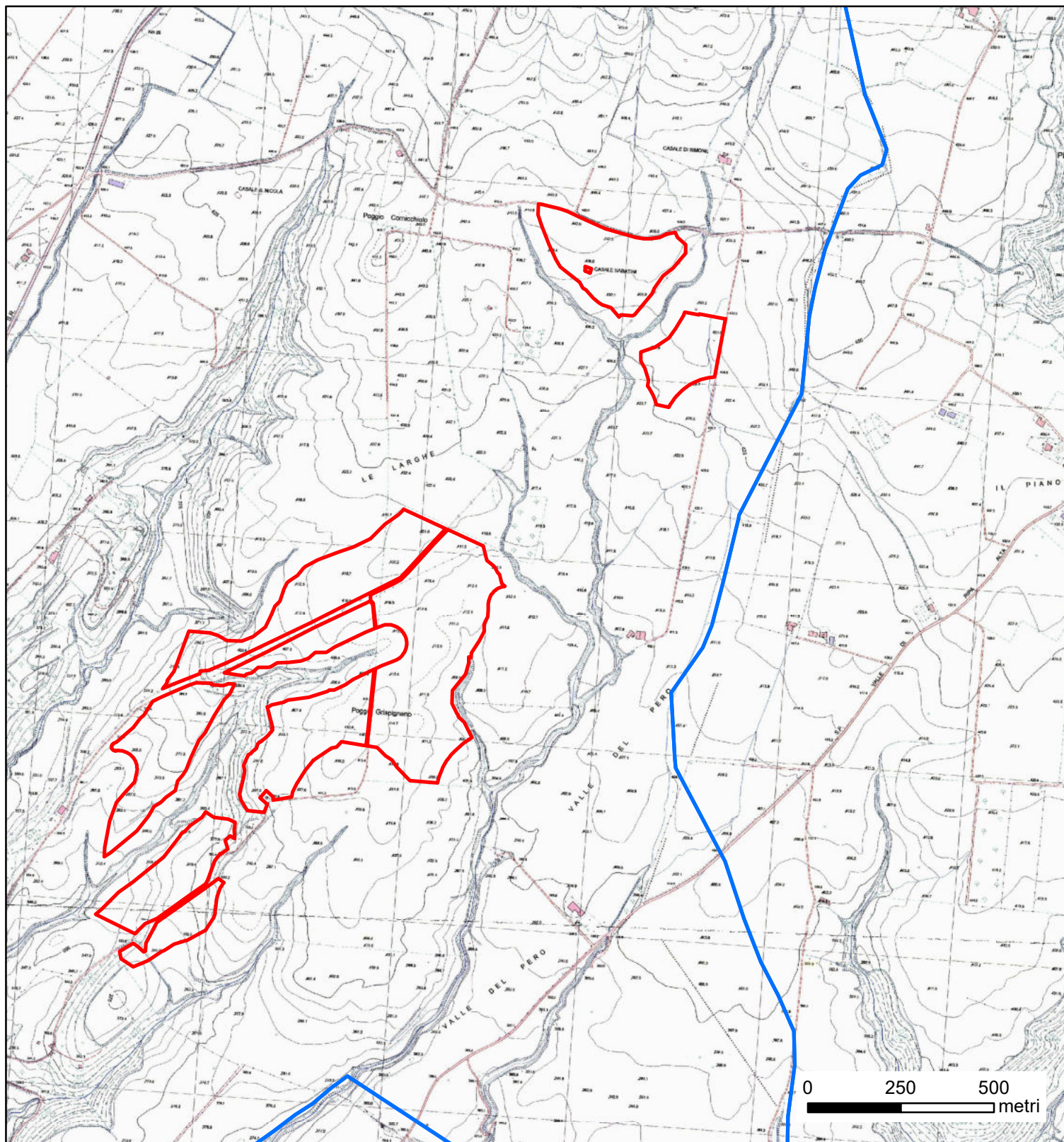
 Limiti comunali

Fig. 2a

Carta corografica



LEGENDA

 Perimetro "Cellere"


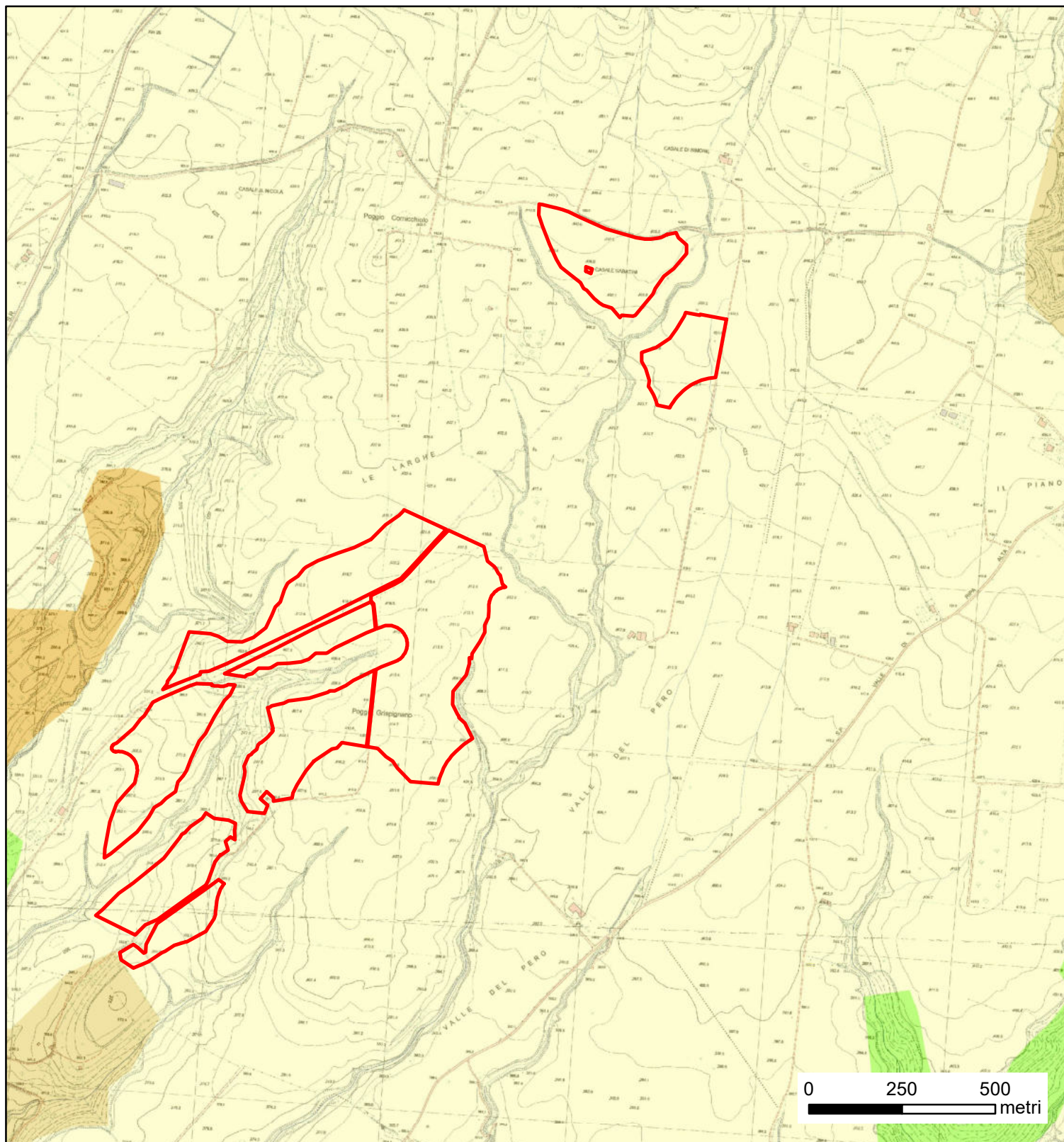
 Limiti comunali

Fig. 2b

Carta corografica

fonte: Geoportale nazionale



LEGENDA



Perimetro "Cellere"



Seminativi in aree non irrigue



'Aree prev. occup. da colture agrarie, con spazi nat.



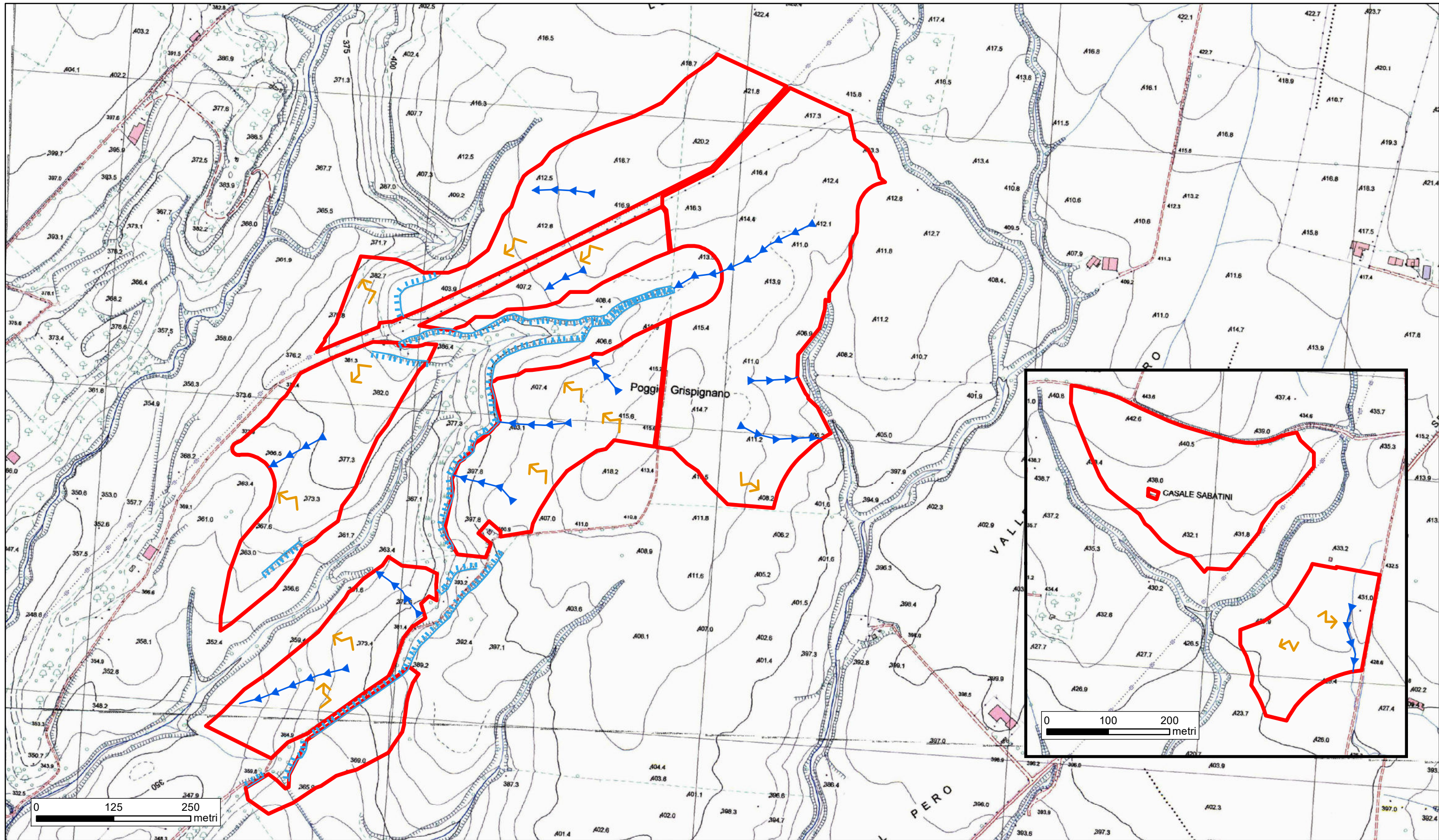
Uliveti



Boschi di latifoglie

Fig. 2c

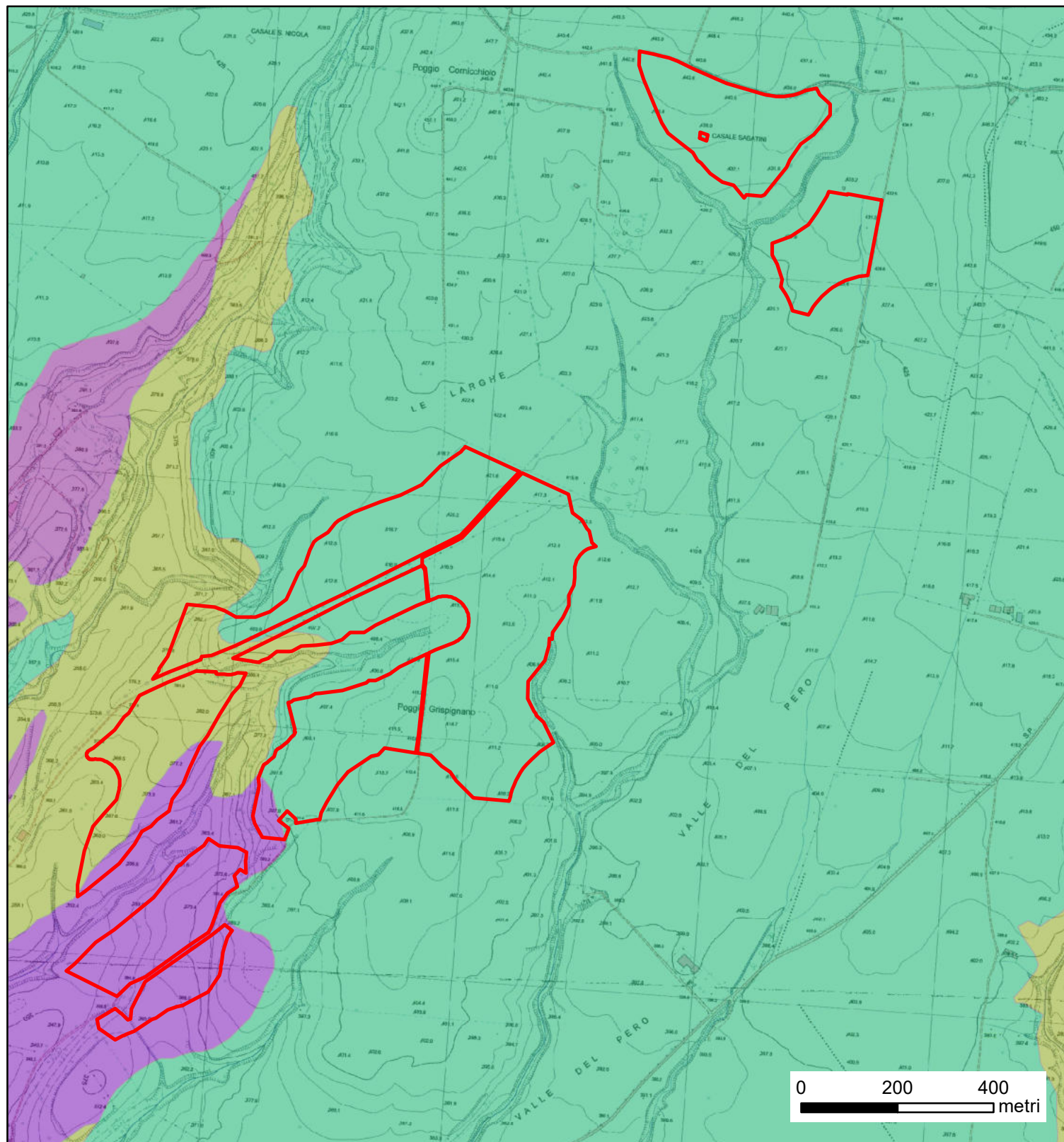
Carta del rilievo geomorfologico







LEGENDA

-  Perimetro "Cellere"
-  Scarpate
-  erosione incanalata
-  erosione superficiale diffusa

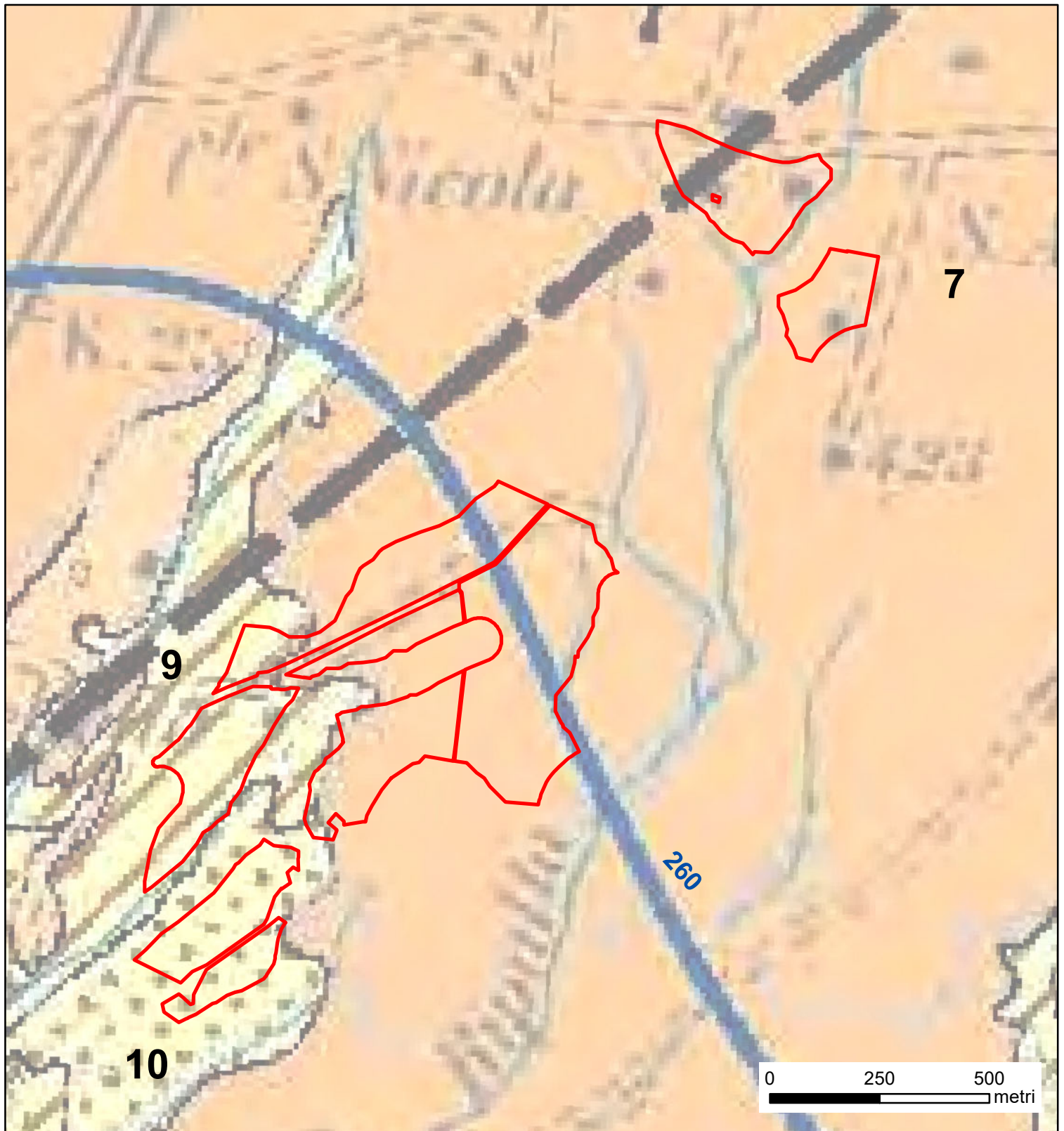
Estratto della Carta geologica della Regione Lazio in scala 1:25.000



LEGENDA

- | | | | |
|---|-------------------------|---|-----------------|
|  | Perimetro "Cellere" |  | tufo/tufite |
|  | lava (leucite/trachite) |  | sabbia/arenaria |

Estratto della Carta idrogeologica della Regione Lazio (scala originale 1:100.000)



LEGENDA



Perimetro "Cellere"



9 Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche

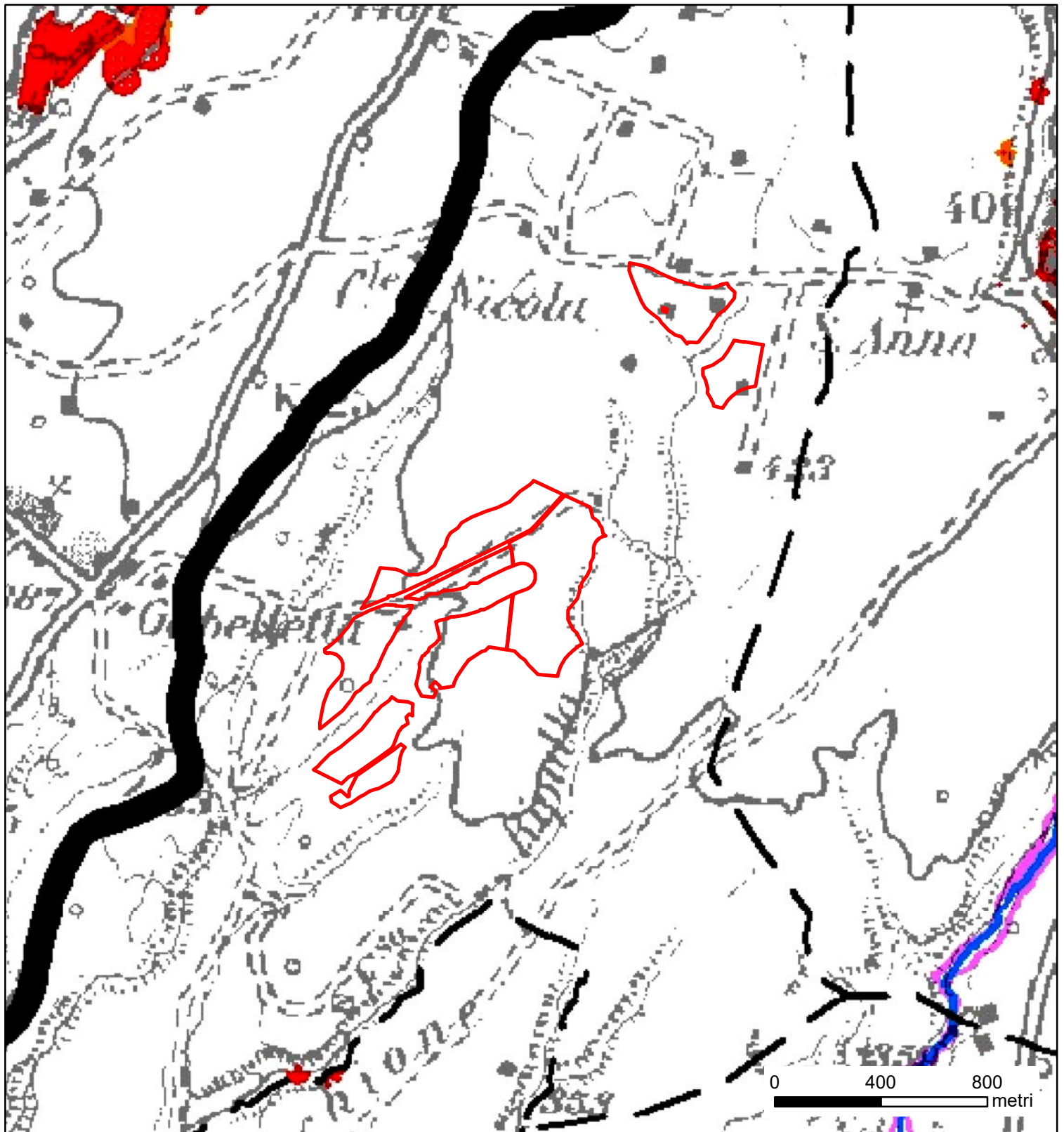


7 Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie



10 Complesso dei depositi clastici eterogeni

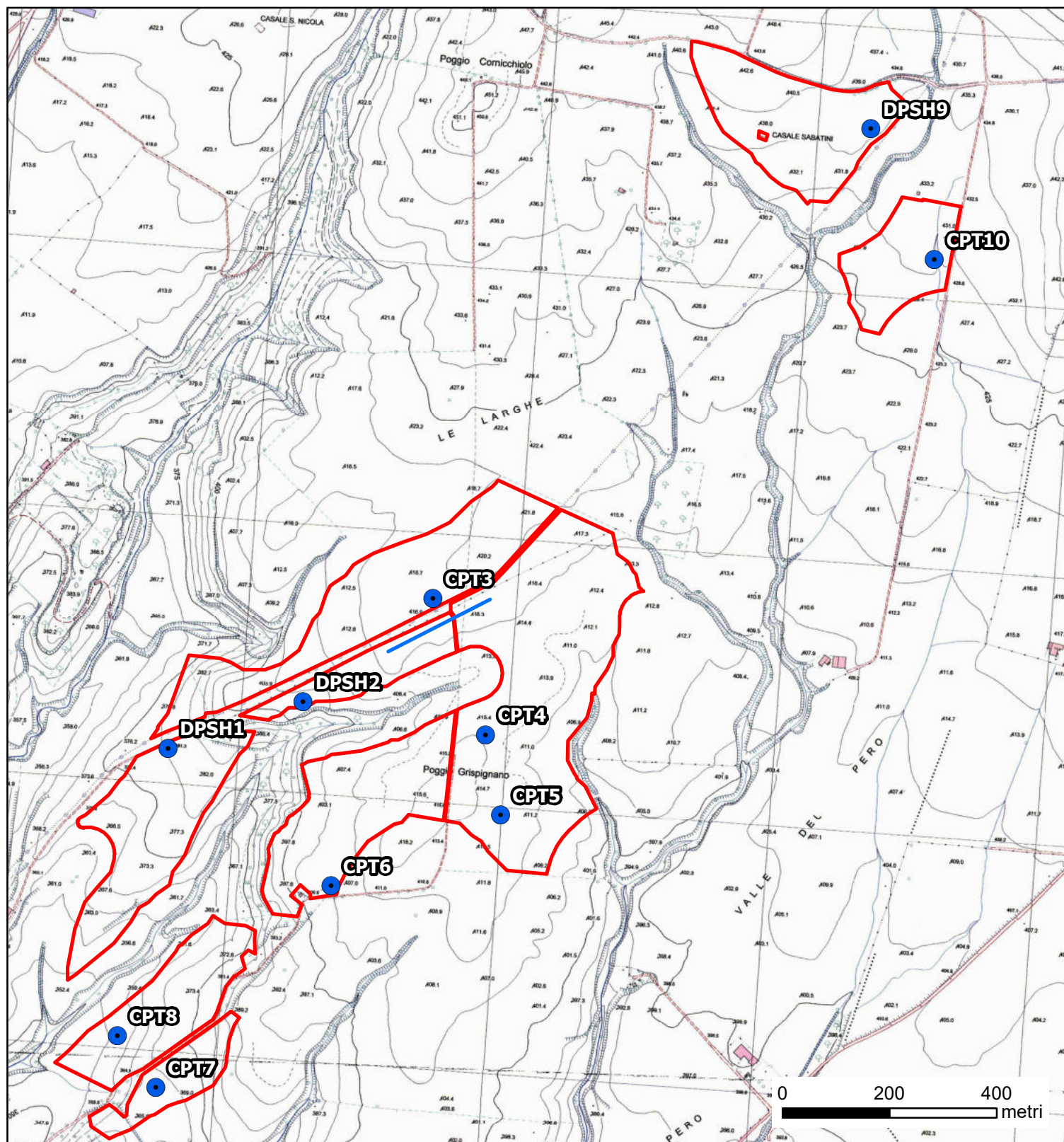
Estratto della Carta delle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico . P.T.P.G. Viterbo



LEGENDA

 Perimetro "Cellere"

Carta delle indagini



LEGENDA



Perimetro "Cellere"

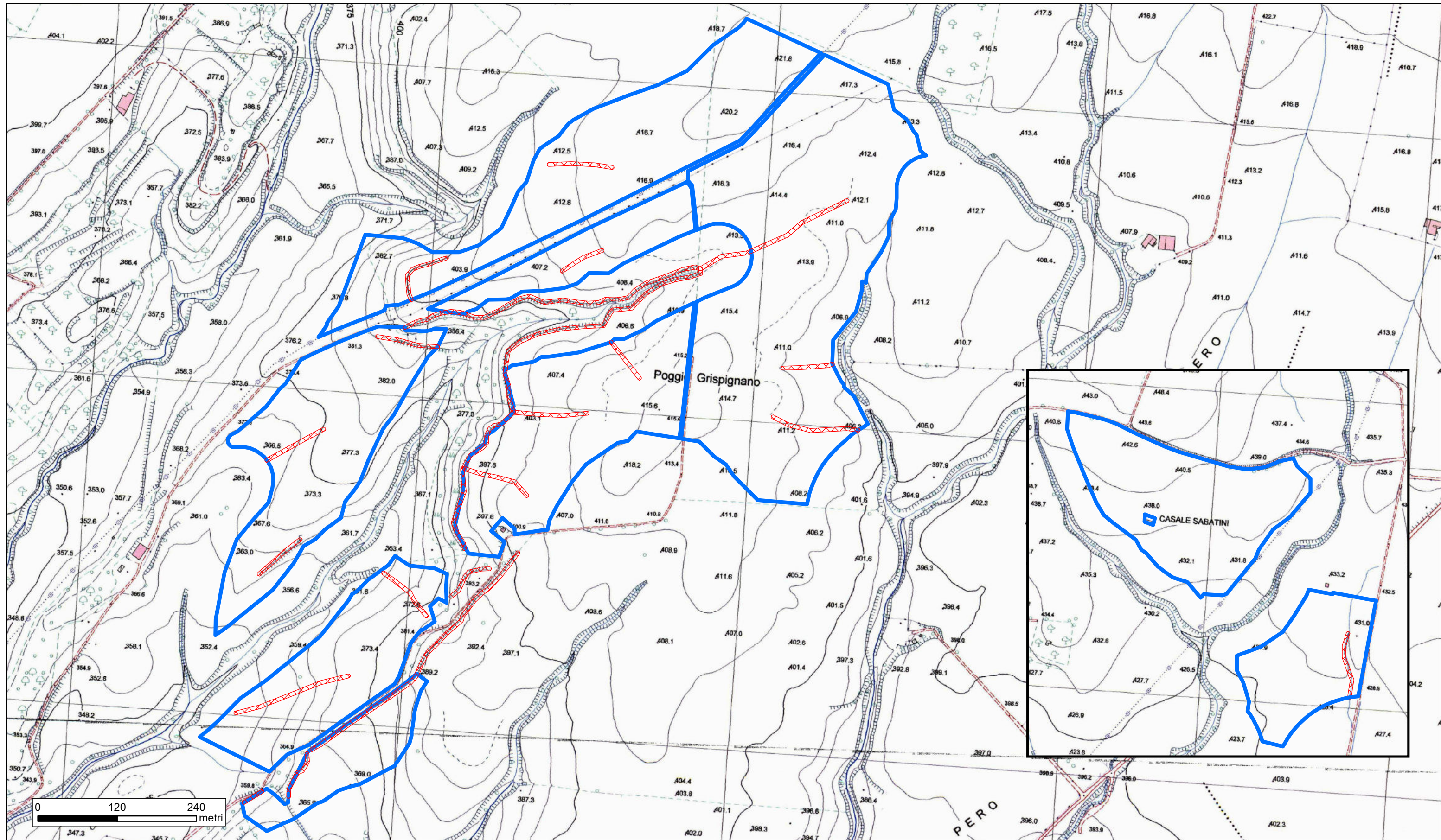


Prove penetrometriche statiche/dinamiche



MASW

Carta di sintesi della realizzabilità delle opere



LEGENDA


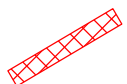
-  Perimetro "Cellere"
-  aree non idonee

Fig. 8

ALLEGATO 1

Prove penetrometriche statiche - dinamiche

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

1bis

Riferimento: 47 dpsh1 bis 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	6,00
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	-		

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE $M = 63,50$ kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA $H = 0,75$ m

DIAMETRO PUNTA CONICA $D = 51,00$ mm

AREA BASE PUNTA CONICA $A = 20$ cm²

ANGOLO APERTURA PUNTA $\alpha = 90$ °

LUNGHEZZA DELLE ASTE $L_a = 1,00$ m

AVANZAMENTO PUNTA $\delta = 0,20$ m

NUMERO DI COLPI PUNTA $N = N(20) \Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm

RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetrationsnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

1bis

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 47 dpsh1 bis 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	-	Prof.tà:	6,00
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	-		

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	1	10,83	-	1	da 3,00 a 3,20	11	93,72	-	4
da 0,20 a 0,40	3	32,49	-	1	da 3,20 a 3,40	17	144,84	-	4
da 0,40 a 0,60	3	32,49	-	1	da 3,40 a 3,60	17	144,84	-	4
da 0,60 a 0,80	4	43,32	-	1	da 3,60 a 3,80	17	144,84	-	4
da 0,80 a 1,00	3	32,49	-	1	da 3,80 a 4,00	22	187,44	-	4
da 1,00 a 1,20	3	29,80	-	2	da 4,00 a 4,20	25	198,86	-	5
da 1,20 a 1,40	6	59,59	-	2	da 4,20 a 4,40	22	174,99	-	5
da 1,40 a 1,60	24	238,38	-	2	da 4,40 a 4,60	21	167,04	-	5
da 1,60 a 1,80	20	198,65	-	2	da 4,60 a 4,80	25	198,86	-	5
da 1,80 a 2,00	6	59,59	-	2	da 4,80 a 5,00	22	174,99	-	5
da 2,00 a 2,20	5	45,86	-	3	da 5,00 a 5,20	23	171,56	-	6
da 2,20 a 2,40	7	64,20	-	3	da 5,20 a 5,40	25	186,48	-	6
da 2,40 a 2,60	10	91,72	-	3	da 5,40 a 5,60	24	179,02	-	6
da 2,60 a 2,80	9	82,55	-	3	da 5,60 a 5,80	26	193,93	-	6
da 2,80 a 3,00	11	100,89	-	3	da 5,80 a 6,00	30	223,77	-	6

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetrationsnc@lamiapec.it

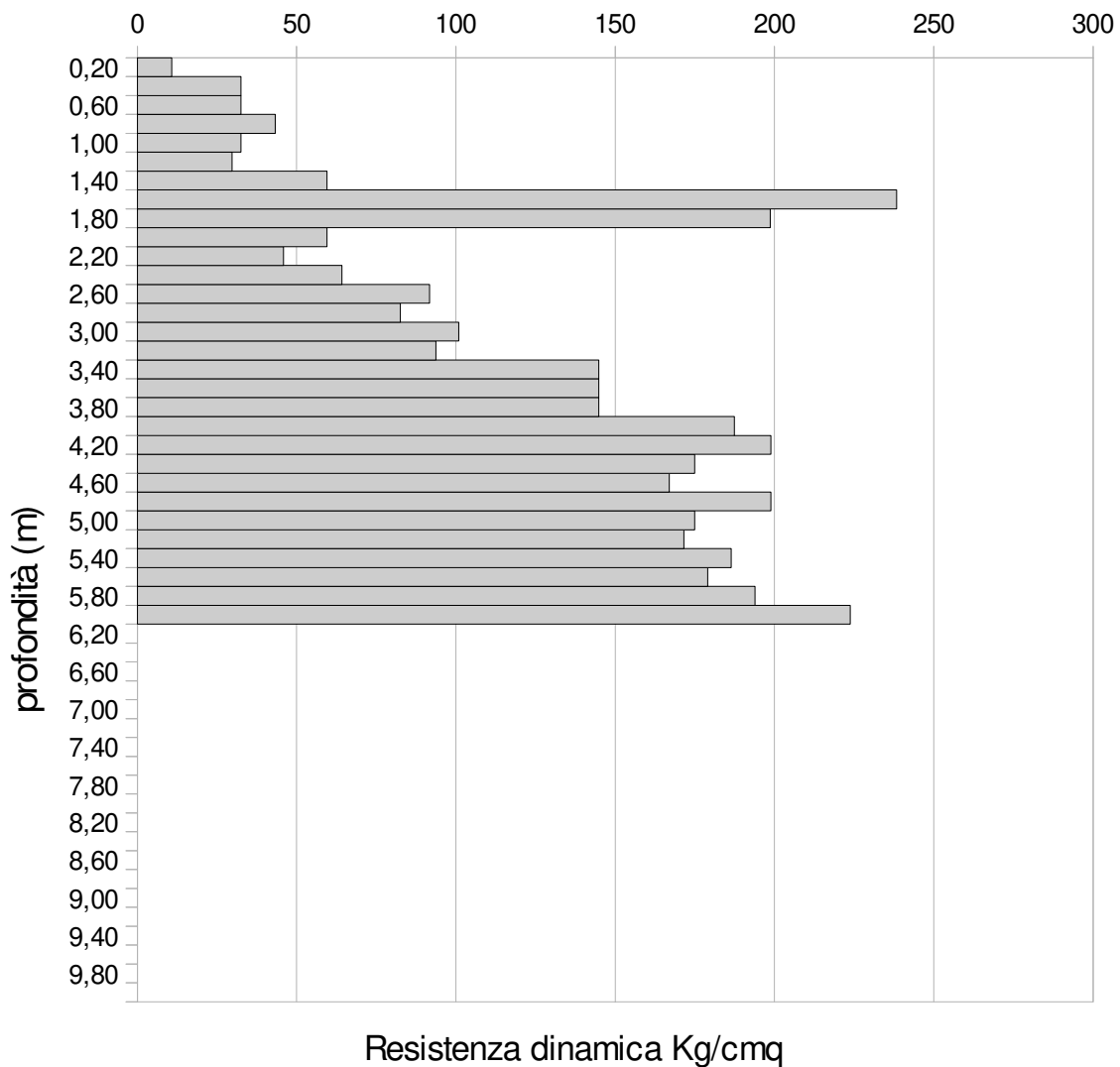
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

1bis

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 47 dpsh1 bis 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	-	Prof.tà:	6,00
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	-		



PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

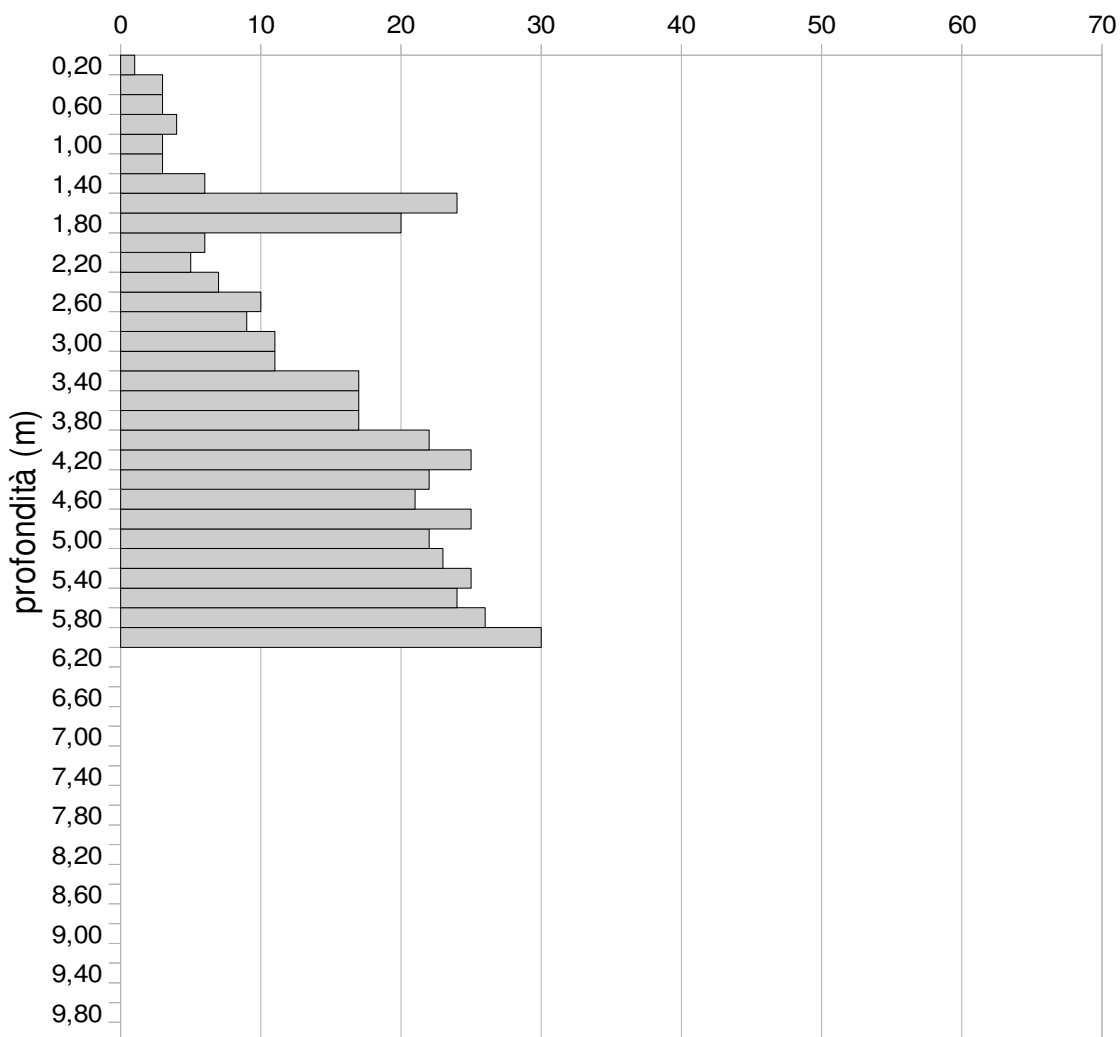
PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 1bis

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 47 dpsh1 bis 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	-	Prof.tà:	6,00
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	-		



N colpi x 20 cm d'infissione

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

2

Riferimento: 47 dpsh2 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	0,80
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE $M = 63,50$ kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA $H = 0,75$ m

DIAMETRO PUNTA CONICA $D = 51,00$ mm

AREA BASE PUNTA CONICA $A = 20$ cm²

ANGOLO APERTURA PUNTA $\alpha = 90$ °

LUNGHEZZA DELLE ASTE $L_a = 1,00$ m

AVANZAMENTO PUNTA $\delta = 0,20$ m

NUMERO DI COLPI PUNTA $N = N(20) \Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm

RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetrationsnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

2

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 47 dpsh2 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	0,80
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	2	21,66	-	1	da 0,40 a 0,60	37	400,71	-	1
da 0,20 a 0,40	30	324,90	-	1	da 0,60 a 0,80	60	649,80	-	1

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetrationsnc@lamiapec.it

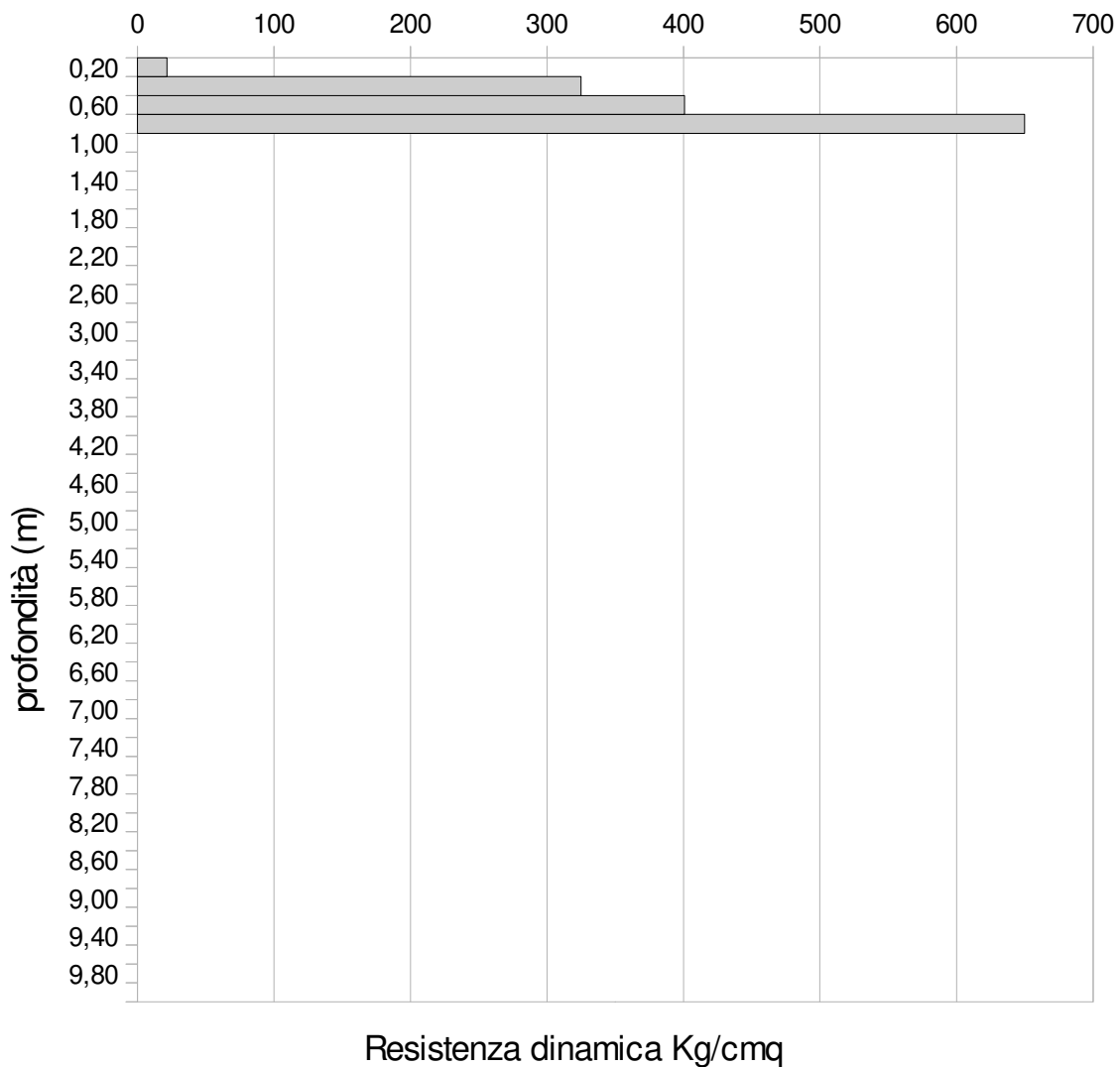
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

2

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 47 dpsh2 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	0,80
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		



PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

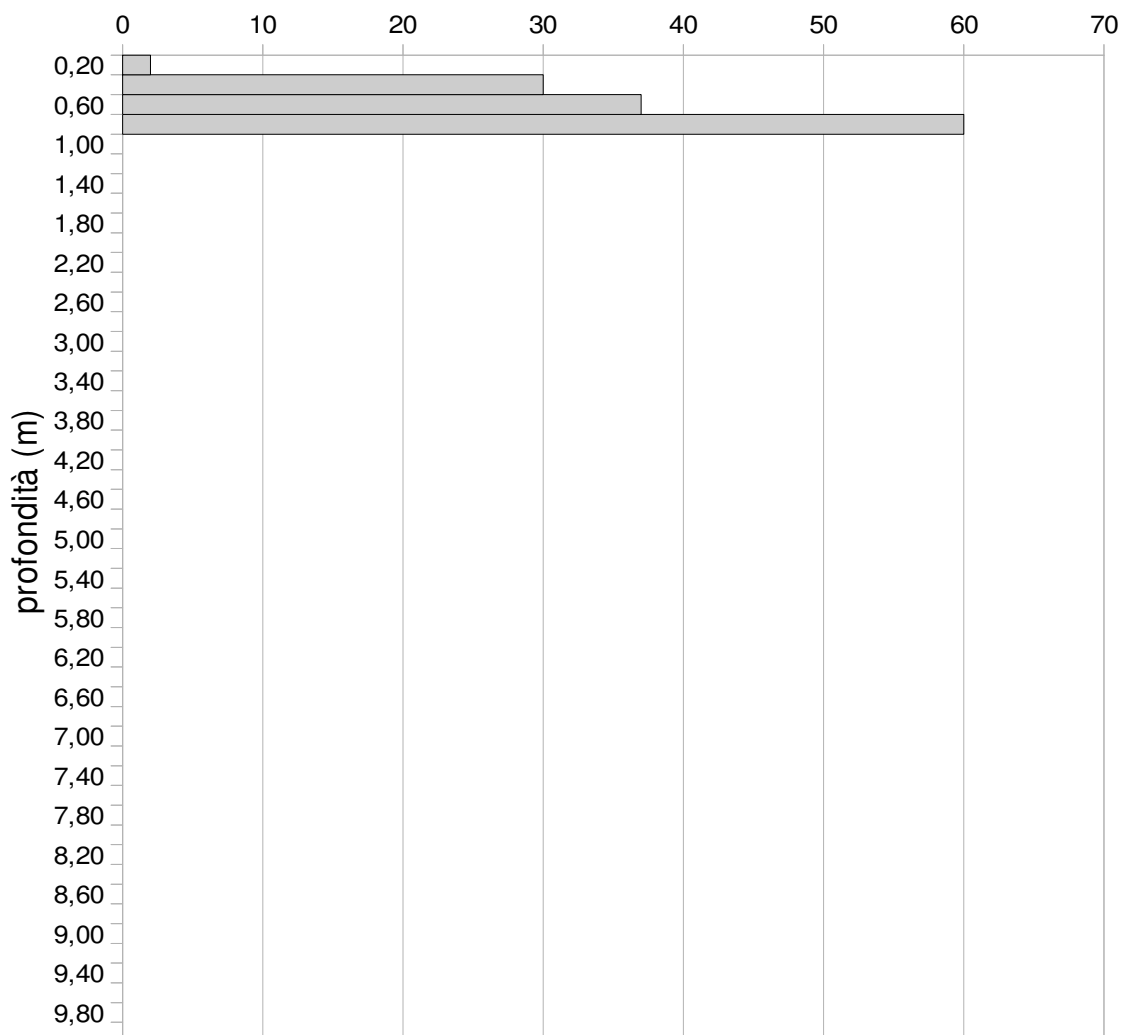
PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 2

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 47 dpsh2 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	0,80
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		



N colpi x 20 cm d'infissione

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	4,20	21,0	35,0	21,0	0,47	45,0
0,40	----	----	--	1,80	----	4,40	27,0	34,0	27,0	1,33	20,0
0,60	40,0	67,0	40,0	2,07	19,0	4,60	15,0	35,0	15,0	0,87	17,0
0,80	20,0	51,0	20,0	0,73	27,0	4,80	13,0	26,0	13,0	0,53	24,0
1,00	49,0	60,0	49,0	3,00	16,0	5,00	19,0	27,0	19,0	0,93	20,0
1,20	51,0	96,0	51,0	1,73	29,0	5,20	27,0	41,0	27,0	1,27	21,0
1,40	43,0	69,0	43,0	0,80	54,0	5,40	16,0	35,0	16,0	0,53	30,0
1,60	51,0	63,0	51,0	2,47	21,0	5,60	20,0	28,0	20,0	1,07	19,0
1,80	54,0	91,0	54,0	3,20	17,0	5,80	29,0	45,0	29,0	1,73	17,0
2,00	100,0	148,0	100,0	3,07	33,0	6,00	29,0	55,0	29,0	1,73	17,0
2,20	64,0	110,0	64,0	3,00	21,0	6,20	22,0	48,0	22,0	0,93	24,0
2,40	52,0	97,0	52,0	0,87	60,0	6,40	16,0	30,0	16,0	1,07	15,0
2,60	42,0	55,0	42,0	1,27	33,0	6,60	13,0	29,0	13,0	1,80	7,0
2,80	29,0	48,0	29,0	1,33	22,0	6,80	23,0	50,0	23,0	0,47	49,0
3,00	31,0	51,0	31,0	3,07	10,0	7,00	40,0	47,0	40,0	1,33	30,0
3,20	33,0	79,0	33,0	0,53	62,0	7,20	22,0	42,0	22,0	1,80	12,0
3,40	32,0	40,0	32,0	1,73	18,0	7,40	23,0	50,0	23,0	2,73	8,0
3,60	79,0	105,0	79,0	1,80	44,0	7,60	23,0	64,0	23,0	0,87	27,0
3,80	56,0	83,0	56,0	3,47	16,0	7,80	26,0	39,0	26,0	3,60	7,0
4,00	13,0	65,0	13,0	0,93	14,0	8,00	168,0	222,0	168,0	-----	----

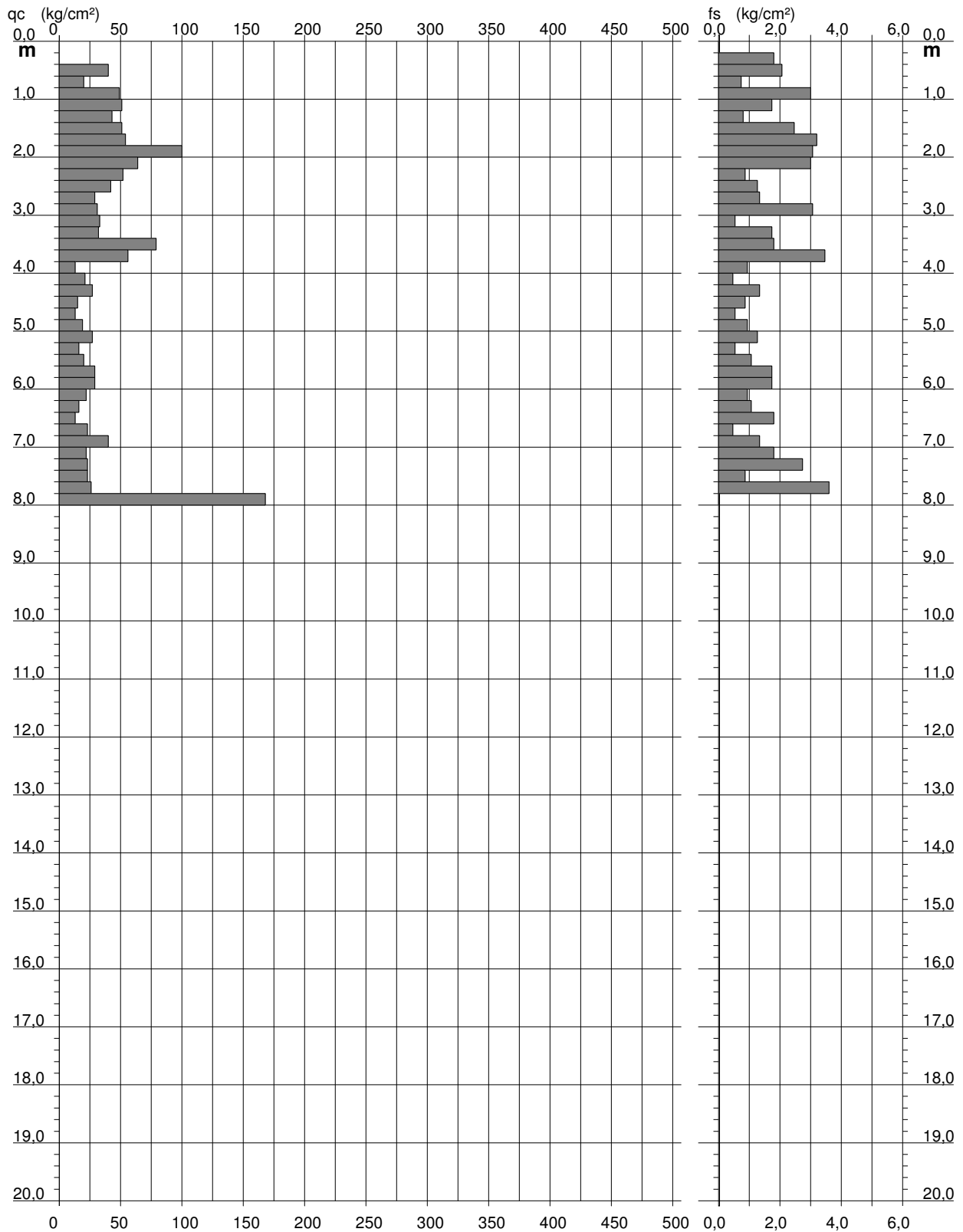
- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 3**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
- lavoro :
- località : Cellere (VT)
- assist. cantiere :

- data : 18/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

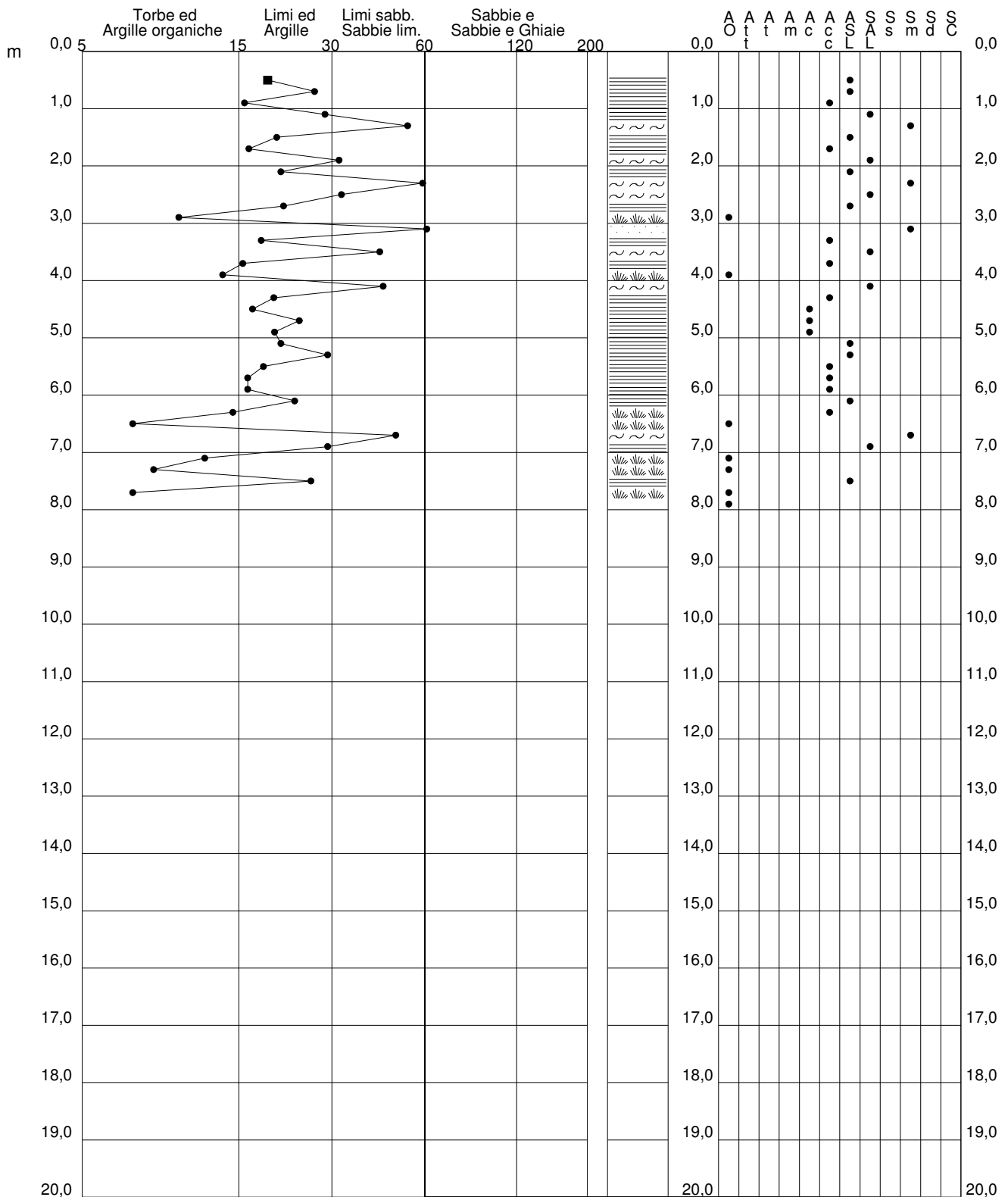
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/10/2021
- lavoro :	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Cellere (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : termine prova per superam. capacità strumentale	

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	2,00	36,0	70,0	36,0	0,47	77,0
0,40	----	----	--	0,67	----	2,20	65,0	72,0	65,0	3,67	18,0
0,60	34,0	44,0	34,0	0,93	36,0	2,40	38,0	93,0	38,0	1,53	25,0
0,80	20,0	34,0	20,0	0,47	43,0	2,60	27,0	50,0	27,0	1,13	24,0
1,00	35,0	42,0	35,0	1,60	22,0	2,80	18,0	35,0	18,0	1,80	10,0
1,20	61,0	85,0	61,0	5,13	12,0	3,00	45,0	72,0	45,0	2,47	18,0
1,40	109,0	186,0	109,0	3,33	33,0	3,20	150,0	187,0	150,0	9,33	16,0
1,60	55,0	105,0	55,0	1,53	36,0	3,40	571,0	711,0	571,0	5,73	100,0
1,80	37,0	60,0	37,0	2,27	16,0	3,60	712,0	798,0	712,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

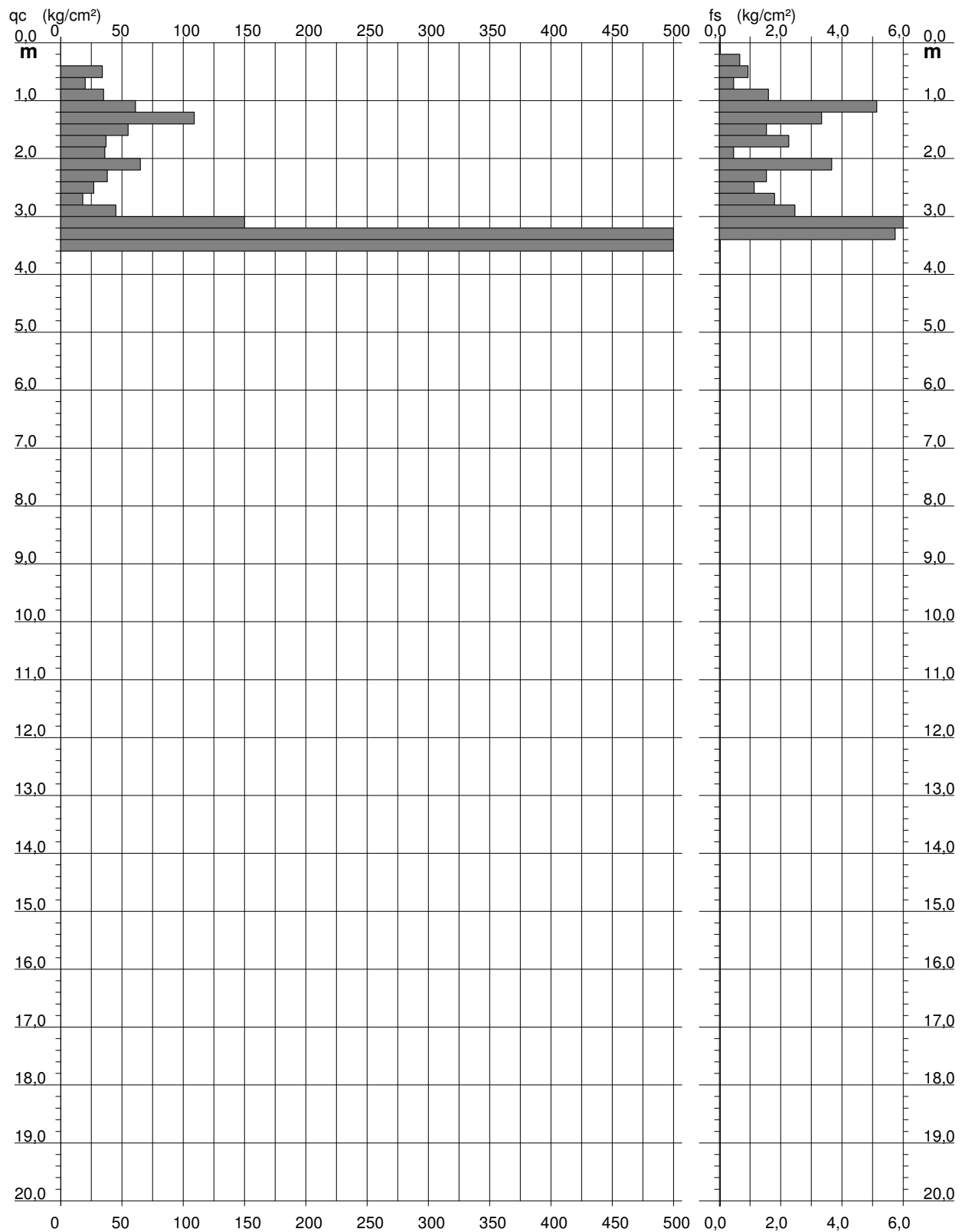
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere - Viterbo (VT)
 - assist. cantiere :

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	0,60	----	5,20	17,0	33,0	17,0	1,33	13,0
0,40	28,0	37,0	28,0	0,73	38,0	5,40	28,0	48,0	28,0	1,40	20,0
0,60	29,0	40,0	29,0	1,07	27,0	5,60	22,0	43,0	22,0	0,73	30,0
0,80	45,0	61,0	45,0	1,33	34,0	5,80	15,0	26,0	15,0	0,33	45,0
1,00	47,0	67,0	47,0	1,07	44,0	6,00	16,0	21,0	16,0	0,53	30,0
1,20	39,0	55,0	39,0	0,93	42,0	6,20	18,0	26,0	18,0	0,27	67,0
1,40	43,0	57,0	43,0	0,87	50,0	6,40	9,0	13,0	9,0	0,27	34,0
1,60	37,0	50,0	37,0	0,47	79,0	6,60	5,0	9,0	5,0	0,47	11,0
1,80	29,0	36,0	29,0	0,67	43,0	6,80	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0
2,00	43,0	53,0	43,0	0,80	54,0	7,00	6,0	13,0	6,0	0,13	45,0
2,20	39,0	51,0	39,0	0,73	53,0	7,20	5,0	7,0	5,0	0,27	19,0
2,40	38,0	49,0	38,0	1,27	30,0	7,40	5,0	9,0	5,0	0,20	25,0
2,60	20,0	39,0	20,0	1,27	16,0	7,60	6,0	9,0	6,0	0,20	30,0
2,80	29,0	48,0	29,0	0,40	72,0	7,80	6,0	9,0	6,0	0,27	22,0
3,00	79,0	85,0	79,0	3,80	21,0	8,00	10,0	14,0	10,0	0,87	12,0
3,20	36,0	93,0	36,0	1,20	30,0	8,20	31,0	44,0	31,0	0,93	33,0
3,40	29,0	47,0	29,0	1,07	27,0	8,40	27,0	41,0	27,0	2,47	11,0
3,60	33,0	49,0	33,0	0,60	55,0	8,60	79,0	116,0	79,0	2,00	40,0
3,80	64,0	73,0	64,0	2,27	28,0	8,80	37,0	67,0	37,0	1,60	23,0
4,00	33,0	67,0	33,0	1,07	31,0	9,00	11,0	35,0	11,0	2,40	5,0
4,20	40,0	56,0	40,0	2,07	19,0	9,20	33,0	69,0	33,0	3,27	10,0
4,40	27,0	58,0	27,0	3,20	8,0	9,40	69,0	118,0	69,0	3,00	23,0
4,60	29,0	77,0	29,0	0,67	43,0	9,60	120,0	165,0	120,0	3,27	37,0
4,80	26,0	36,0	26,0	1,53	17,0	9,80	110,0	159,0	110,0	-----	----
5,00	15,0	38,0	15,0	1,07	14,0						

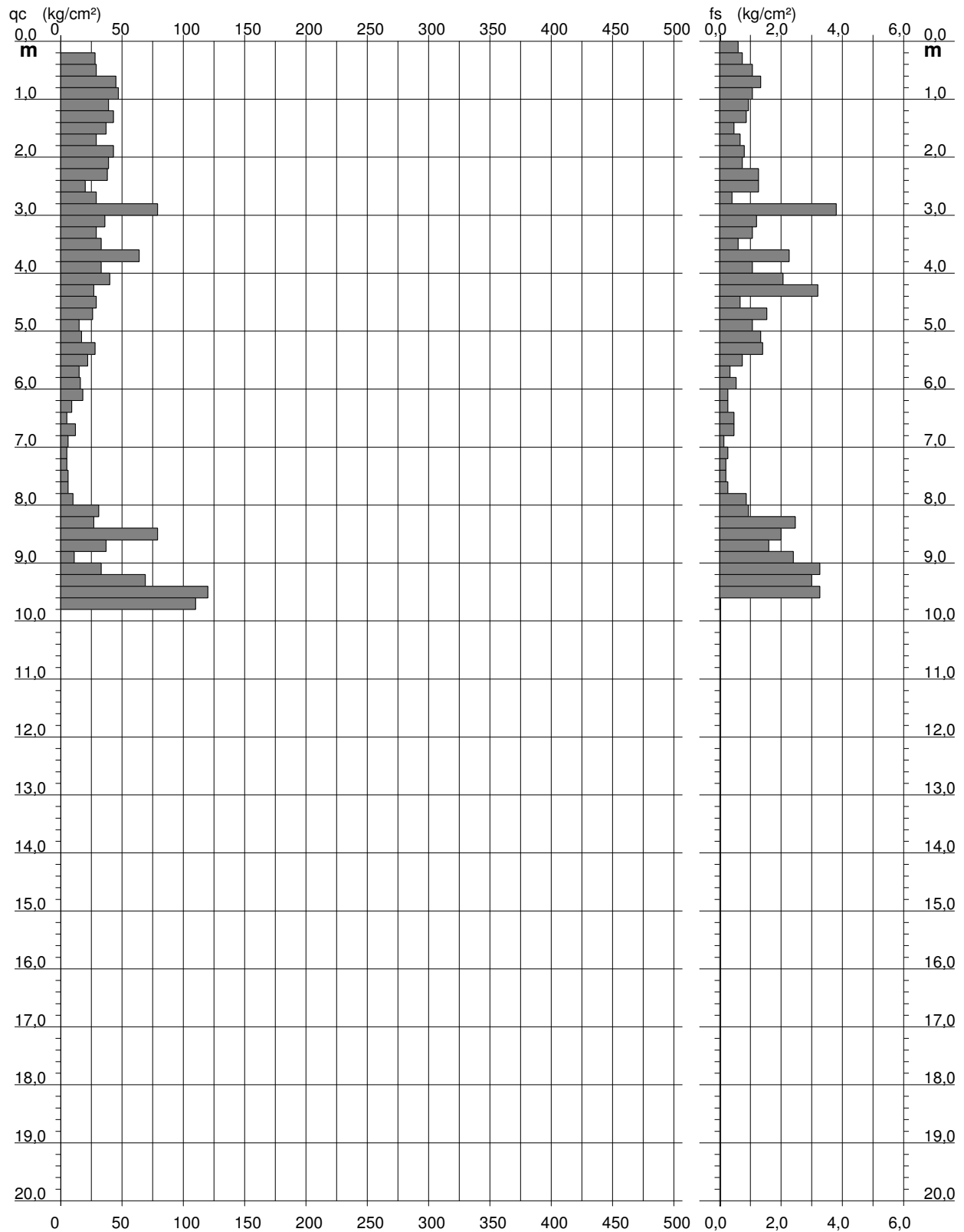
- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 5**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
- lavoro :
- località : Cellere - Viterbo (VT)
- assist. cantiere :

- data : 18/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 5

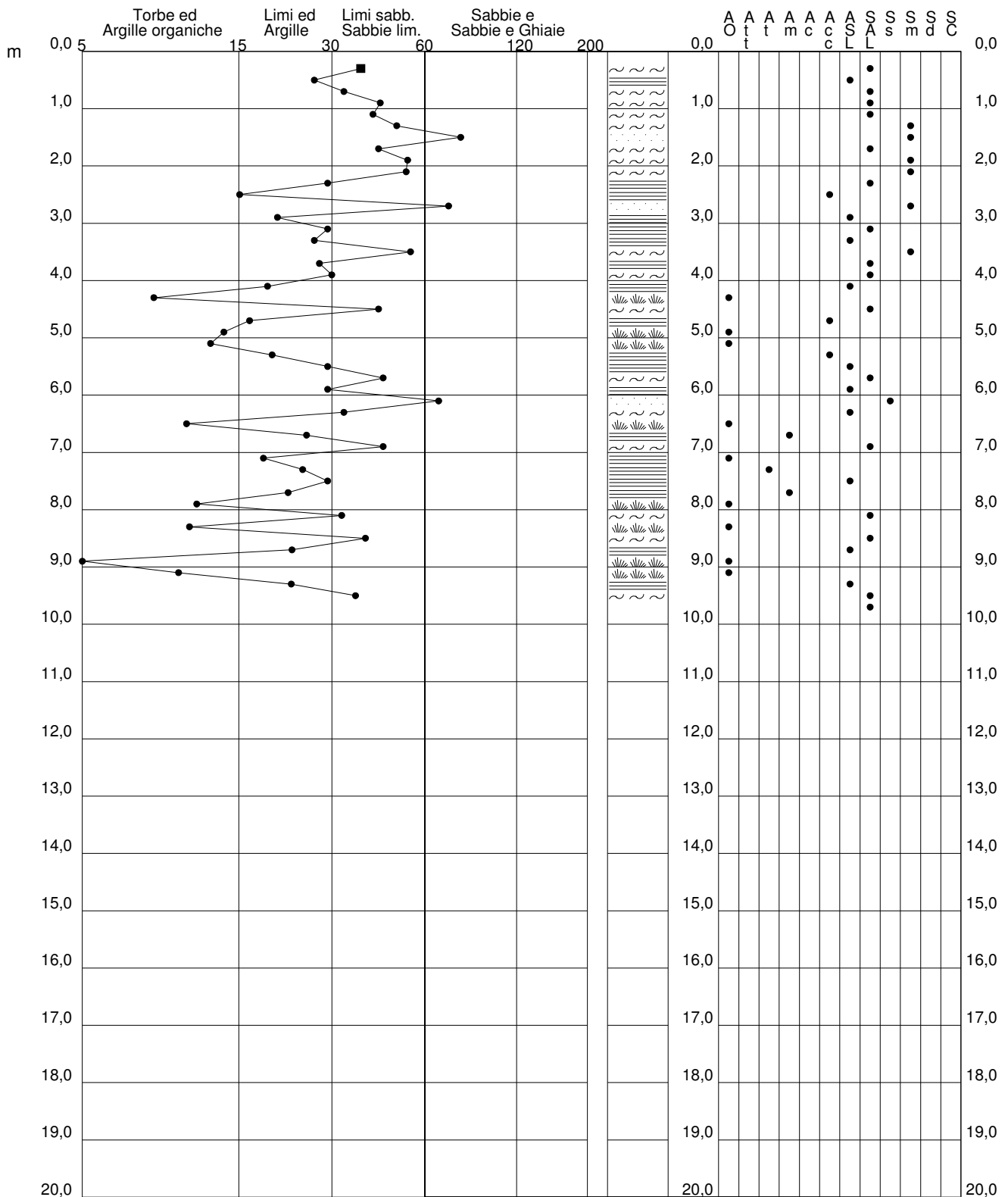
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere - Viterbo (VT)
 - assist. cantiere :

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 6

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/10/2021
- lavoro :	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Cellere (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : termine prova per superam. capacità strumentale	

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	1,20	70,0	192,0	70,0	5,00	14,0
0,40	----	----	--	0,87	----	1,40	65,0	140,0	65,0	3,00	22,0
0,60	13,0	26,0	13,0	4,73	3,0	1,60	53,0	98,0	53,0	5,00	11,0
0,80	40,0	111,0	40,0	3,20	12,0	1,80	442,0	517,0	442,0	8,07	55,0
1,00	37,0	85,0	37,0	8,13	5,0	2,00	785,0	906,0	785,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

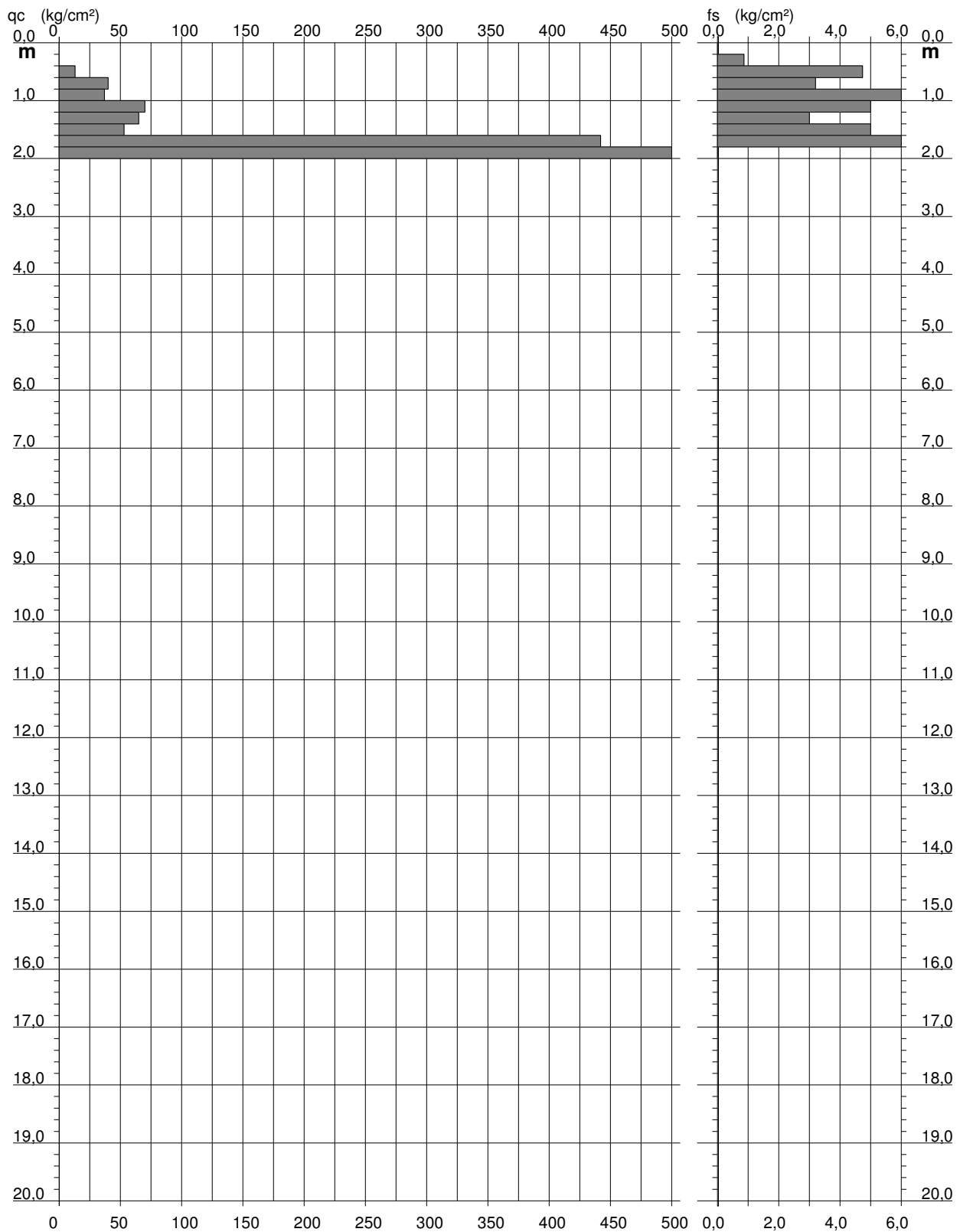
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 6

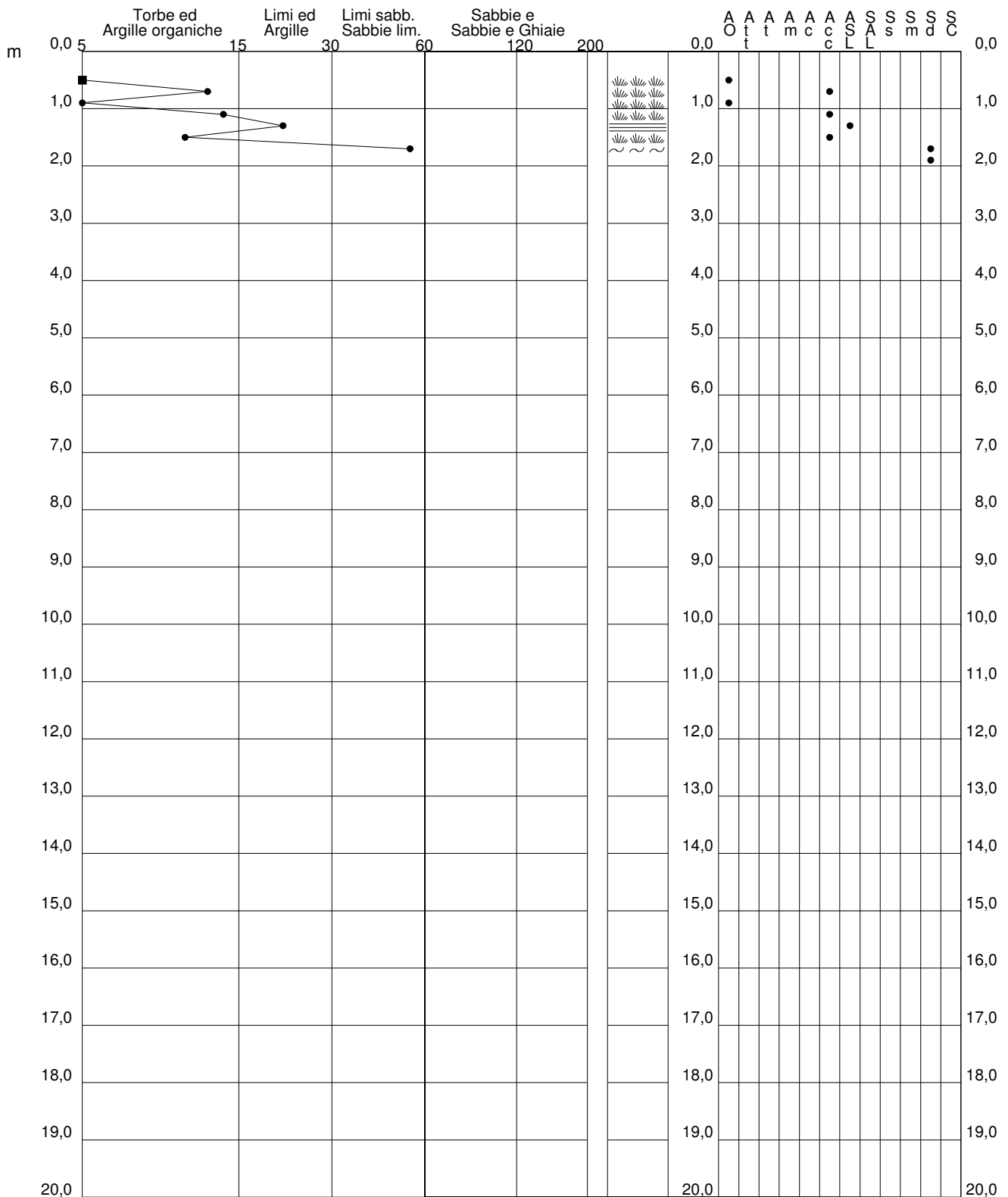
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 6

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/10/2021
- lavoro :	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Cellere (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : termine prova per superam. capacità strumentale	

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	13	3	2///	1,85	0,11	0,60	52,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	40	12	4/./	1,85	0,15	1,33	98,0	227	340	120	87	40	42	43	45	41	30	0,213	67	100	120	
1,00	37	5	4/./	1,85	0,19	1,23	67,3	210	315	111	79	39	41	42	44	40	30	0,187	62	93	111	
1,20	70	14	4/./	1,85	0,22	2,33	99,9	397	595	210	96	42	43	44	46	42	32	0,246	117	175	210	
1,40	65	22	4/./	1,85	0,26	2,17	89,3	368	553	195	90	41	42	44	45	41	32	0,224	108	163	195	
1,60	53	11	4/./	1,85	0,30	1,77	58,6	300	451	159	80	39	41	43	44	40	31	0,190	88	133	159	
1,80	442	55	3:..	1,85	0,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	737	1105	1326	
2,00	785	--	3:..	1,85	0,37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	1308	1963	2355	

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 7

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl

- data : 18/10/2021

- lavoro :

- quota inizio : Piano Campagna

- località : Cellere (VT)

- falda : Falda non rilevata

- assist. cantiere :

- note : termine prova per superam. capacità strumentale

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	2,40	69,0	94,0	69,0	3,60	19,0
0,40	----	----	--	1,73	----	2,60	24,0	78,0	24,0	2,67	9,0
0,60	17,0	43,0	17,0	1,87	9,0	2,80	25,0	65,0	25,0	1,07	23,0
0,80	18,0	46,0	18,0	1,00	18,0	3,00	50,0	66,0	50,0	2,07	24,0
1,00	24,0	39,0	24,0	2,80	9,0	3,20	90,0	121,0	90,0	4,33	21,0
1,20	39,0	81,0	39,0	1,53	25,0	3,40	100,0	165,0	100,0	5,47	18,0
1,40	61,0	84,0	61,0	3,20	19,0	3,60	94,0	176,0	94,0	5,20	18,0
1,60	72,0	120,0	72,0	3,87	19,0	3,80	138,0	216,0	138,0	9,93	14,0
1,80	42,0	100,0	42,0	3,27	13,0	4,00	236,0	385,0	236,0	7,80	30,0
2,00	40,0	89,0	40,0	2,87	14,0	4,20	465,0	582,0	465,0	13,67	34,0
2,20	49,0	92,0	49,0	1,67	29,0	4,40	808,0	1013,0	808,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

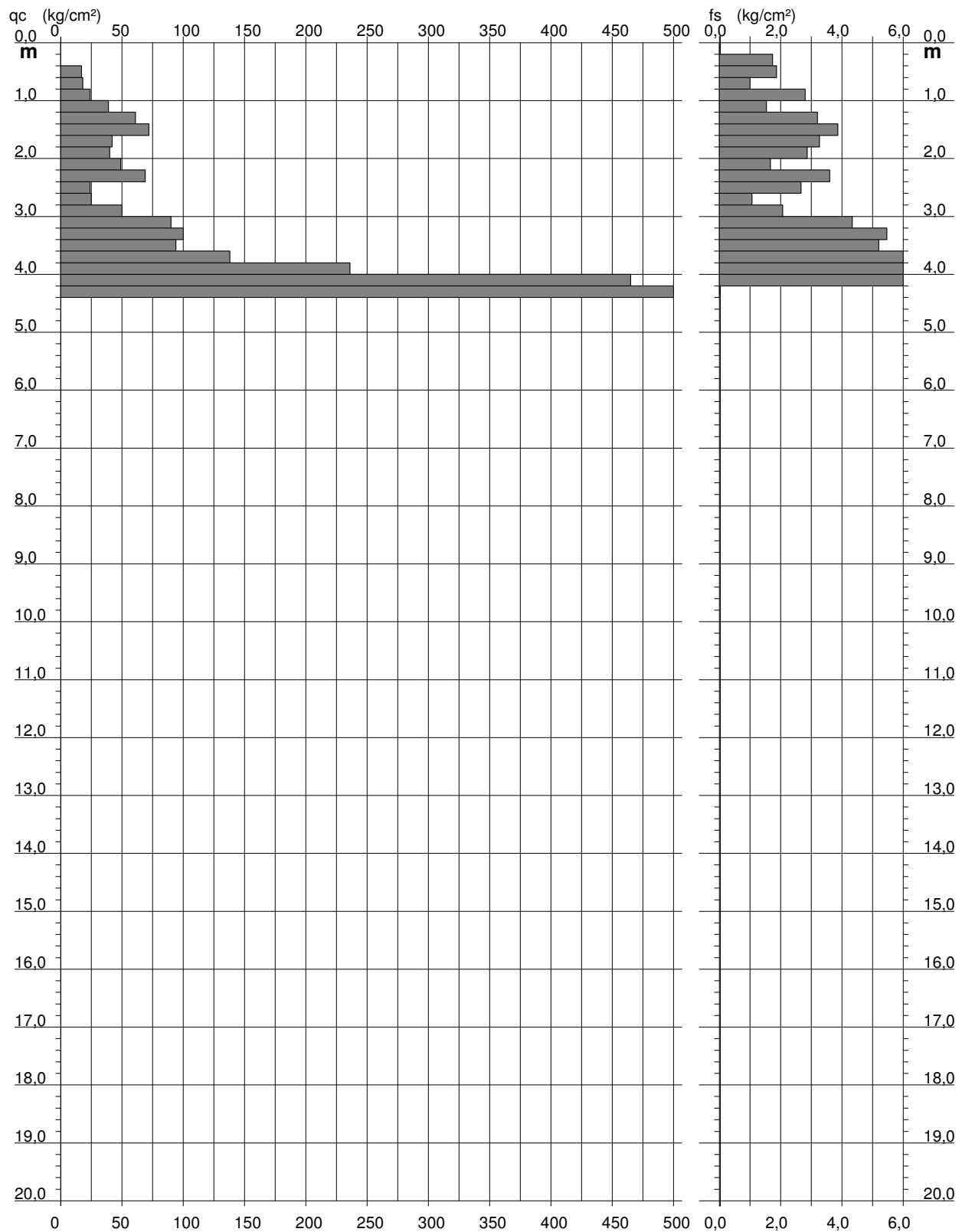
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 7

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 7

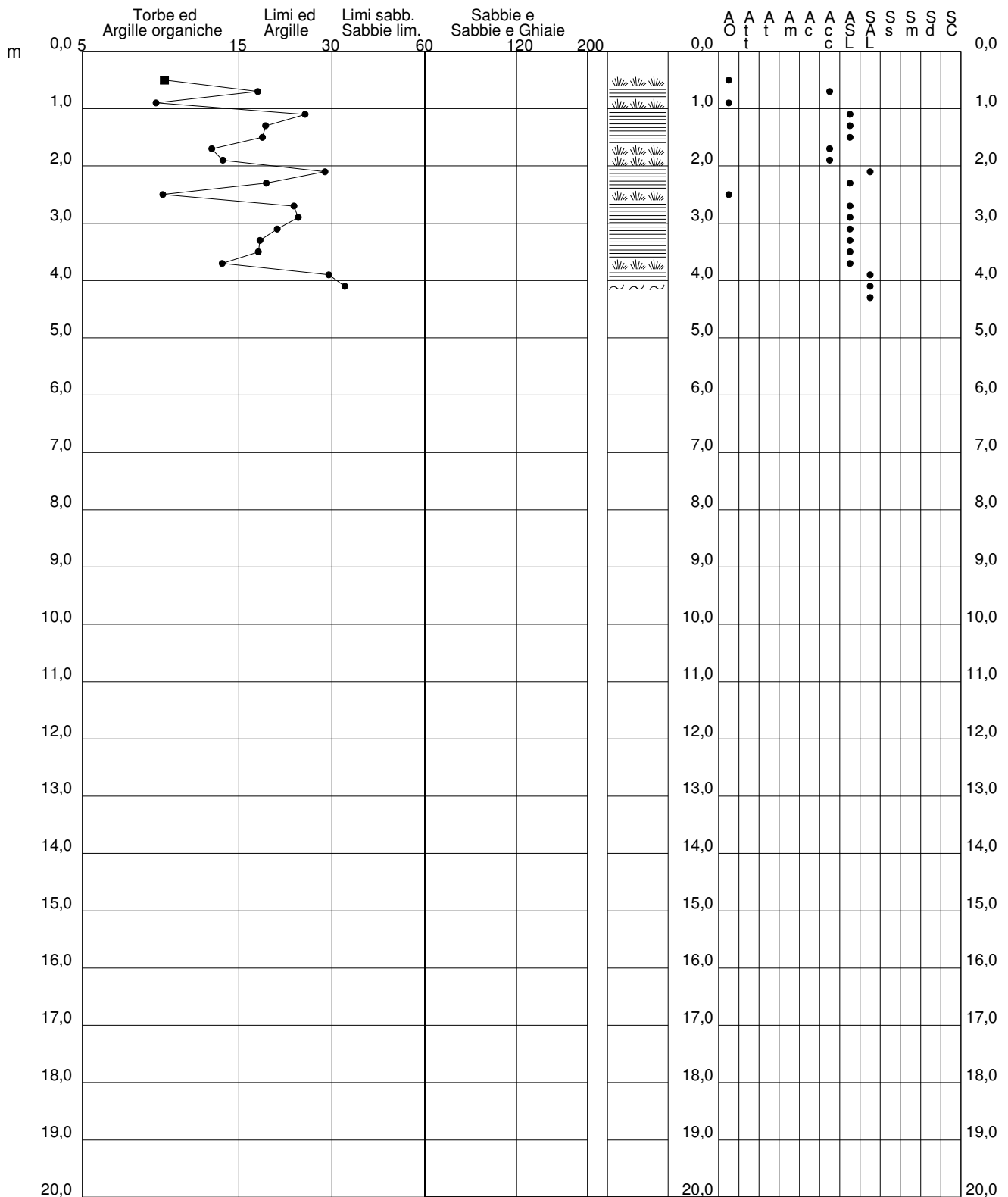
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 7

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE														
								Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²				
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	17	9	2////	1,85	0,11	0,72	65,4	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	18	18	2////	1,85	0,15	0,75	47,7	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	24	9	4://:	1,85	0,19	0,89	44,7	151	227	72	64	37	39	41	43	38	28	0,142	40	60	72	--	--	--	
1,20	39	25	4://:	1,85	0,22	1,30	57,2	221	332	117	76	39	40	42	44	40	30	0,178	65	98	117	--	--	--	
1,40	61	19	4://:	1,85	0,26	2,03	82,5	346	519	183	88	40	42	43	45	41	32	0,216	102	153	183	--	--	--	
1,60	72	19	4://:	1,85	0,30	2,40	85,9	408	612	216	90	41	42	44	45	41	32	0,224	120	180	216	--	--	--	
1,80	42	13	4://:	1,85	0,33	1,40	37,8	238	357	126	69	38	40	41	44	38	30	0,156	70	105	126	--	--	--	
2,00	40	14	4://:	1,85	0,37	1,33	31,2	227	340	120	65	37	39	41	43	37	30	0,144	67	100	120	--	--	--	
2,20	49	29	4://:	1,85	0,41	1,63	35,7	278	417	147	69	38	40	42	44	38	31	0,157	82	123	147	--	--	--	
2,40	69	19	4://:	1,85	0,44	2,30	49,1	391	586	207	79	39	41	42	44	39	32	0,187	115	173	207	--	--	--	
2,60	24	9	4://:	1,85	0,48	0,89	13,5	151	227	72	41	34	36	39	41	33	28	0,082	40	60	72	--	--	--	
2,80	25	23	4://:	1,85	0,52	0,91	12,7	155	232	75	40	34	36	39	41	33	28	0,081	42	63	75	--	--	--	
3,00	50	24	4://:	1,85	0,55	1,67	24,8	283	425	150	63	37	39	41	43	36	31	0,137	83	125	150	--	--	--	
3,20	90	21	4://:	1,85	0,59	3,00	47,7	510	765	270	81	39	41	43	44	39	33	0,194	150	225	270	--	--	--	
3,40	100	18	4://:	1,85	0,63	3,33	50,5	567	850	300	83	40	41	43	45	39	34	0,201	167	250	300	--	--	--	
3,60	94	18	4://:	1,85	0,67	3,13	43,5	533	799	282	80	39	41	43	44	39	34	0,189	157	235	282	--	--	--	
3,80	138	14	4://:	1,85	0,70	4,60	65,7	782	1173	414	92	41	42	44	45	40	36	0,229	230	345	414	--	--	--	
4,00	236	30	4://:	1,85	0,74	7,87	99,9	1337	2006	708	100	42	43	45	46	42	39	0,258	393	590	708	--	--	--	
4,20	465	34	3:::	1,85	0,78	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	775	1163	1395	--	--	--	
4,40	808	--	3:::	1,85	0,81	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	1347	2020	2424	--	--	--	

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 8

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl

- data : 18/10/2021

- lavoro :

- quota inizio : Piano Campagna

- località : Cellere (VT)

- falda : Falda non rilevata

- assist. cantiere :

- note : termine prova per superam. capacità strumentale

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	4,00	33,0	44,0	33,0	1,27	26,0
0,40	----	----	--	1,00	----	4,20	31,0	50,0	31,0	1,53	20,0
0,60	30,0	45,0	30,0	2,33	13,0	4,40	18,0	41,0	18,0	0,93	19,0
0,80	48,0	83,0	48,0	1,60	30,0	4,60	15,0	29,0	15,0	0,33	45,0
1,00	100,0	124,0	100,0	2,53	39,0	4,80	8,0	13,0	8,0	0,47	17,0
1,20	140,0	178,0	140,0	4,60	30,0	5,00	11,0	18,0	11,0	0,27	41,0
1,40	110,0	179,0	110,0	4,53	24,0	5,20	7,0	11,0	7,0	0,80	9,0
1,60	80,0	148,0	80,0	3,13	26,0	5,40	58,0	70,0	58,0	0,53	109,0
1,80	70,0	117,0	70,0	4,60	15,0	5,60	44,0	52,0	44,0	0,93	47,0
2,00	98,0	167,0	98,0	3,53	28,0	5,80	26,0	40,0	26,0	0,53	49,0
2,20	102,0	155,0	102,0	3,40	30,0	6,00	15,0	23,0	15,0	0,87	17,0
2,40	51,0	102,0	51,0	2,07	25,0	6,20	3,0	16,0	3,0	0,20	15,0
2,60	46,0	77,0	46,0	1,93	24,0	6,40	2,0	5,0	2,0	0,13	15,0
2,80	60,0	89,0	60,0	1,07	56,0	6,60	2,0	4,0	2,0	0,13	15,0
3,00	65,0	81,0	65,0	4,00	16,0	6,80	2,0	4,0	2,0	0,33	6,0
3,20	118,0	178,0	118,0	3,73	32,0	7,00	4,0	9,0	4,0	6,20	1,0
3,40	91,0	147,0	91,0	3,07	30,0	7,20	180,0	273,0	180,0	8,33	22,0
3,60	64,0	110,0	64,0	2,73	23,0	7,40	471,0	596,0	471,0	8,07	58,0
3,80	25,0	66,0	25,0	0,73	34,0	7,60	790,0	911,0	790,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

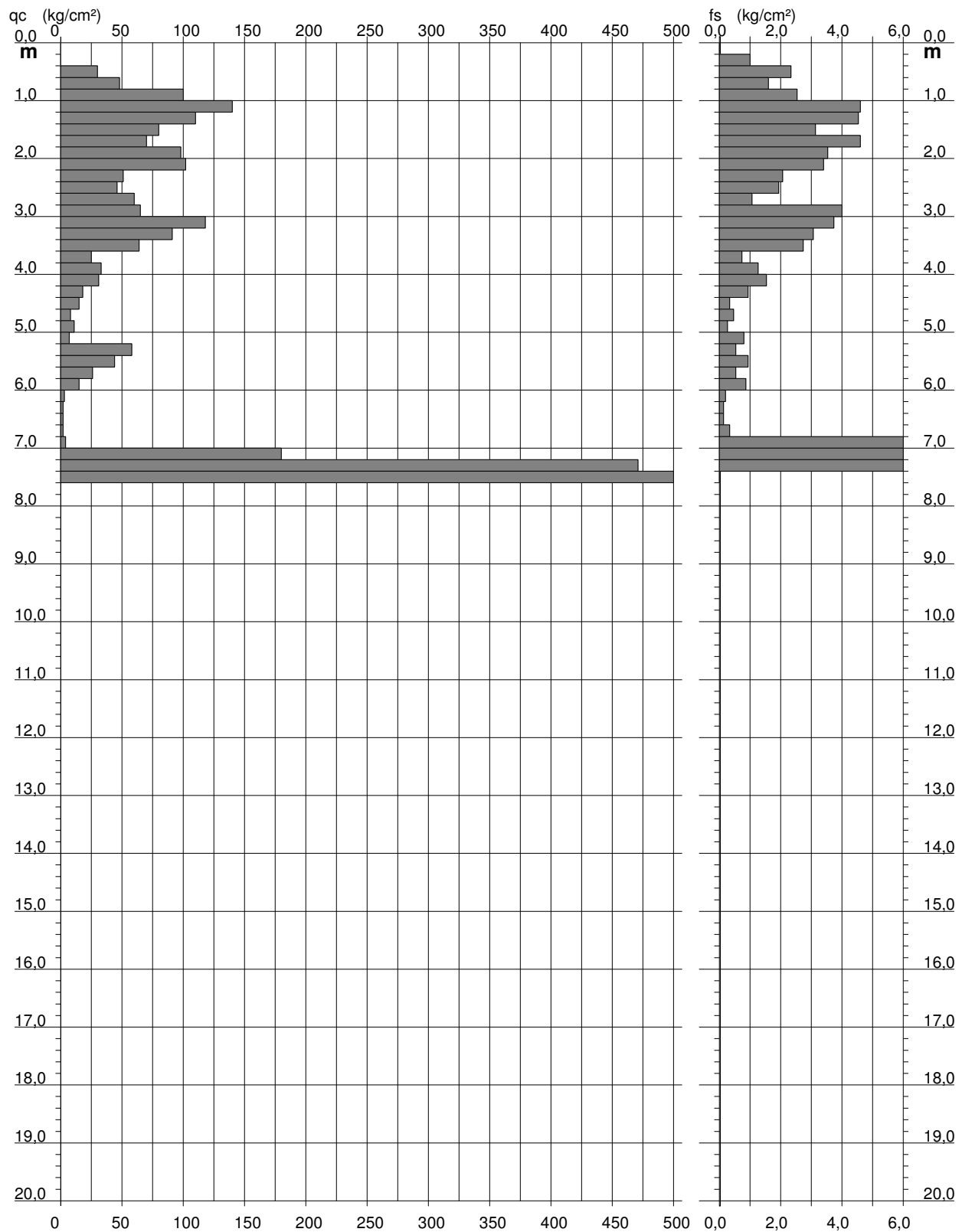
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 8

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 8

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl

- data : 18/10/2021

- lavoro :

- quota inizio : Piano Campagna

- località : Cellere (VT)

- falda : Falda non rilevata

- assist. cantiere :

- note : termine prova per superam. capacità strumentale

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	30	13	4/1	1,85	0,11	1,00	98,0	170	255	90	84	40	41	43	45	41	29	0,204	50	75	90	
0,80	48	30	4/1	1,85	0,15	1,60	99,9	272	408	144	93	41	42	44	45	42	31	0,235	80	120	144	
1,00	100	39	3:1	1,85	0,19	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	34	0,258	167	250	300	
1,20	140	30	4/1	1,85	0,22	4,67	99,9	793	1190	420	100	42	43	45	46	45	36	0,258	233	350	420	
1,40	110	24	4/1	1,85	0,26	3,67	99,9	623	935	330	100	42	43	45	46	43	34	0,258	183	275	330	
1,60	80	26	4/1	1,85	0,30	2,67	98,0	453	680	240	94	41	43	44	46	41	33	0,237	133	200	240	
1,80	70	15	4/1	1,85	0,33	2,33	71,6	397	595	210	87	40	42	43	45	40	32	0,211	117	175	210	
2,00	98	28	4/1	1,85	0,37	3,27	95,5	555	833	294	96	41	43	44	46	41	34	0,242	163	245	294	
2,20	102	30	4/1	1,85	0,41	3,40	89,2	578	867	306	95	41	43	44	46	41	34	0,239	170	255	306	
2,40	51	25	4/1	1,85	0,44	1,70	33,6	289	434	153	69	38	39	41	43	38	31	0,155	85	128	153	
2,60	46	24	4/1	1,85	0,48	1,53	26,7	261	391	138	63	37	39	41	43	37	31	0,139	77	115	138	
2,80	60	56	3:1	1,85	0,52	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	38	32	0,161	100	150	180	
3,00	65	16	4/1	1,85	0,55	2,17	34,5	368	553	195	72	38	40	42	44	38	32	0,164	108	163	195	
3,20	118	32	3:1	1,85	0,59	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	40	35	0,225	197	295	354	
3,40	91	30	4/1	1,85	0,63	3,03	44,9	516	774	273	80	39	41	43	44	39	33	0,190	152	228	273	
3,60	64	23	4/1	1,85	0,67	2,13	26,9	363	544	192	67	37	39	41	43	37	32	0,149	107	160	192	
3,80	25	34	3:1	1,85	0,70	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	31	28	0,064	42	63	75	
4,00	33	26	4/1	1,85	0,74	1,10	10,3	187	281	99	41	34	36	39	41	32	29	0,083	55	83	99	
4,20	31	20	4/1	1,85	0,78	1,03	9,0	184	276	93	38	33	36	38	41	32	29	0,075	52	78	93	
4,40	18	19	2:1	1,85	0,81	0,75	5,7	219	328	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	15	45	4/1	1,85	0,85	0,67	4,6	237	355	50	11	30	33	36	39	27	27	0,022	25	38	45	
4,80	8	17	2:1	1,85	0,89	0,40	2,3	217	325	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	11	41	4/1	1,85	0,93	0,54	3,2	257	385	42	--	28	31	35	38	25	26	--	18	28	33	
5,20	7	9	1:1	1,85	0,96	0,35	1,8	43	65	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	58	109	3:1	1,85	1,00	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,112	97	145	174	
5,60	44	47	3:1	1,85	1,04	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	32	31	0,087	73	110	132	
5,80	26	49	3:1	1,85	1,07	--	--	--	--	--	24	31	34	37	40	29	28	0,046	43	65	78	
6,00	15	17	2:1	1,85	1,11	0,67	3,3	311	466	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	3	15	1:1	1,85	1,15	0,15	0,5	20	29	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	2	15	1:1	1,85	1,18	0,10	0,3	13	20	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	2	15	1:1	1,85	1,22	0,10	0,3	13	20	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	2	6	1:1	1,85	1,26	0,10	0,3	13	20	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	4	1	1:1	1,85	1,30	0,20	0,6	26	39	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	180	22	4/1	1,85	1,33	6,00	41,2	1020	1530	540	85	40	41	43	45	38	37	0,207	300	450	540	
7,40	471	58	3:1	1,85	1,37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	40	0,258	785	1178	1413	
7,60	790	--	3:1	1,85	1,41	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	40	0,258	1317	1975	2370	

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

9

Riferimento: 47 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	3,20
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE $M = 63,50$ kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA $H = 0,75$ m

DIAMETRO PUNTA CONICA $D = 51,00$ mm

AREA BASE PUNTA CONICA $A = 20$ cm²

ANGOLO APERTURA PUNTA $\alpha = 90^\circ$

LUNGHEZZA DELLE ASTE $L_a = 1,00$ m

AVANZAMENTO PUNTA $\delta = 0,20$ m

NUMERO DI COLPI PUNTA $N = N(20) \Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm

RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetrationsnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

9

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 47 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	3,20
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	3	32,49	-	1	da 1,60 a 1,80	7	69,53	-	2
da 0,20 a 0,40	6	64,98	-	1	da 1,80 a 2,00	10	99,32	-	2
da 0,40 a 0,60	9	97,47	-	1	da 2,00 a 2,20	36	330,19	-	3
da 0,60 a 0,80	19	205,77	-	1	da 2,20 a 2,40	50	458,60	-	3
da 0,80 a 1,00	12	129,96	-	1	da 2,40 a 2,60	43	394,40	-	3
da 1,00 a 1,20	8	79,46	-	2	da 2,60 a 2,80	45	412,74	-	3
da 1,20 a 1,40	5	49,66	-	2	da 2,80 a 3,00	40	366,88	-	3
da 1,40 a 1,60	5	49,66	-	2	da 3,00 a 3,20	60	511,19	-	4

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: penetrationsnc@lamiapec.it

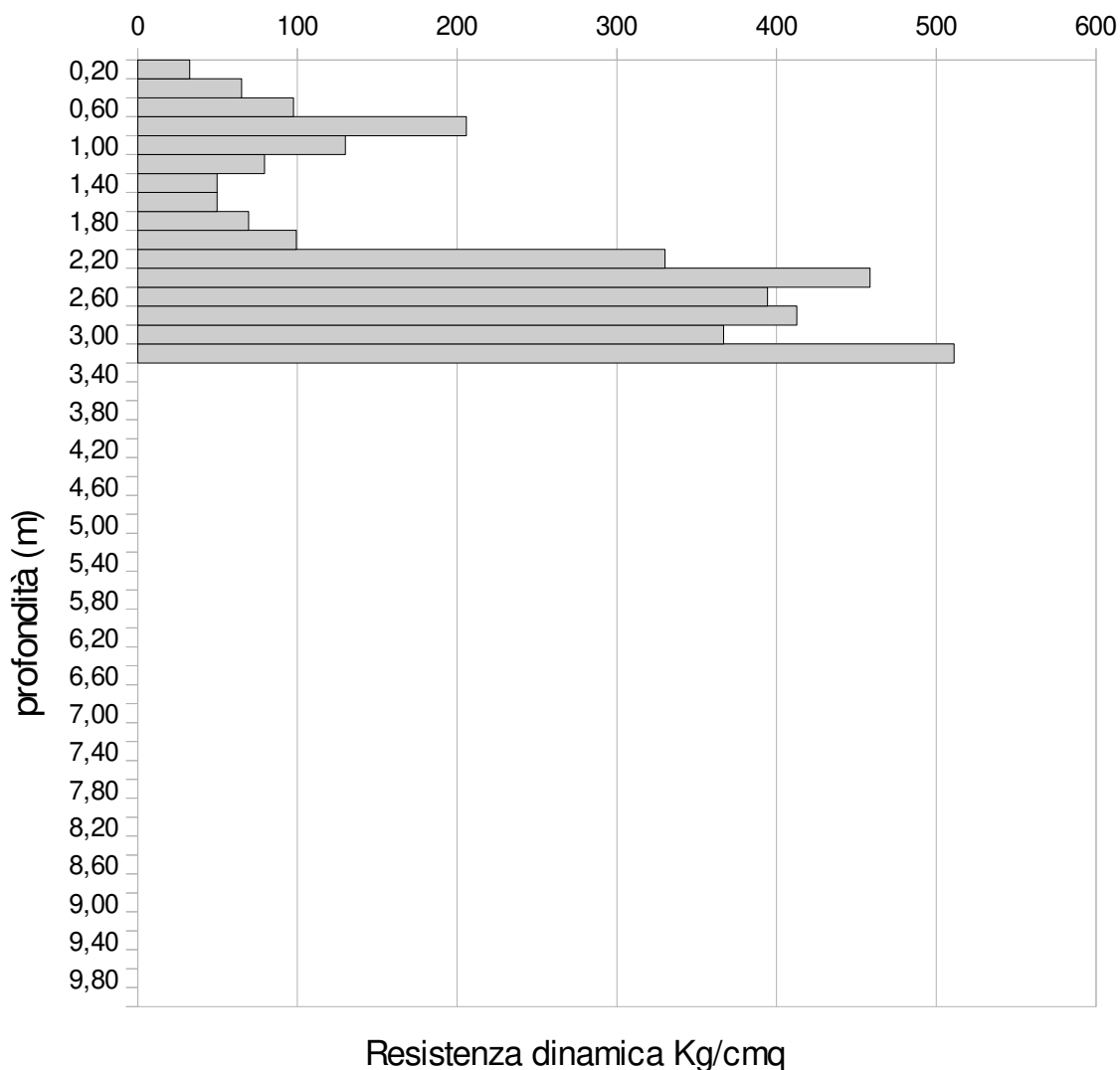
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

9

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 47 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	3,20
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		



PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

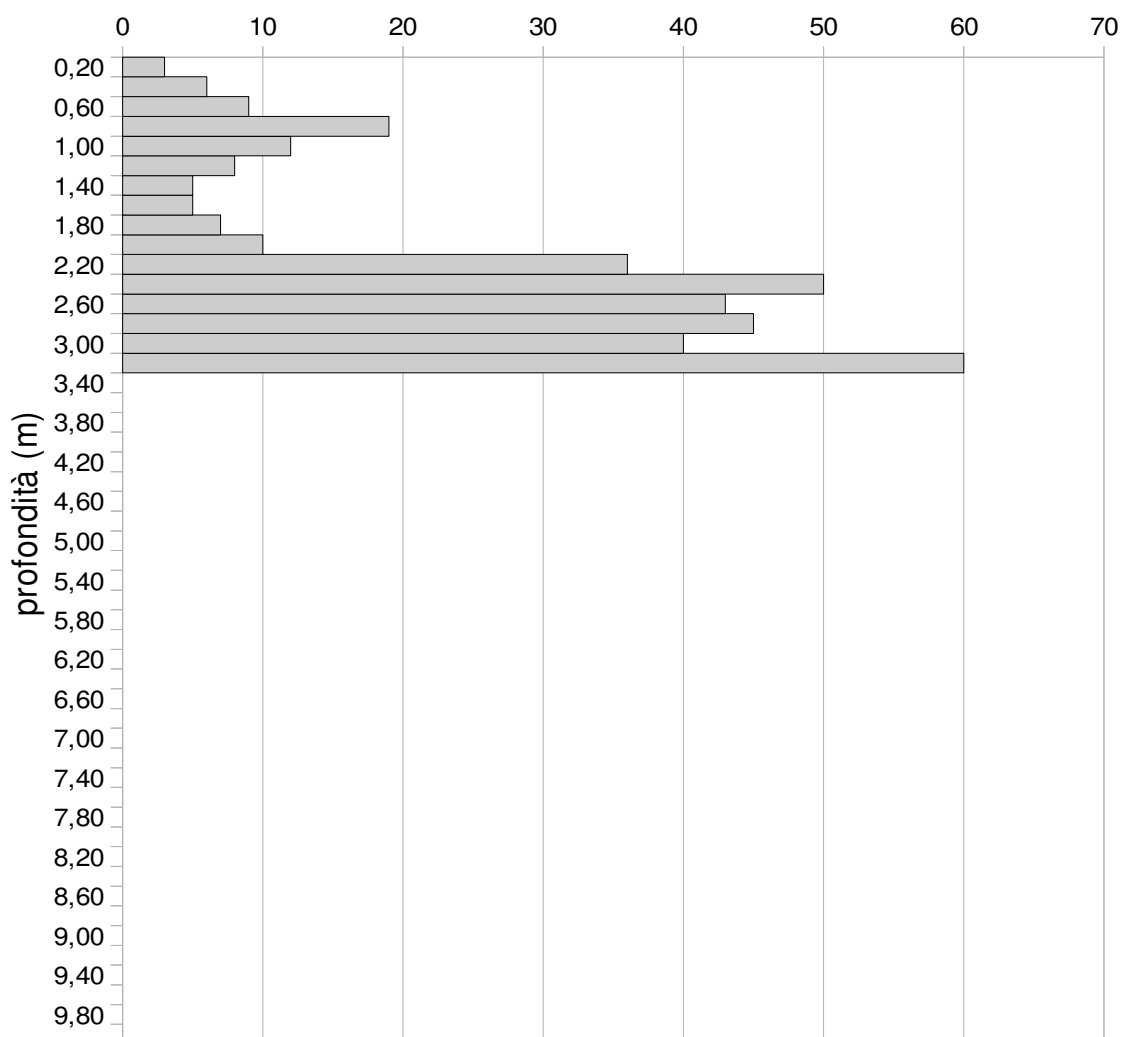
PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 9

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 47 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/10/2021
Località:	—	Prof.tà:	3,20
Comune:	Cellere (VT)	Falda:	non rilevata
Note:	termine prova per sopraggiunto rifiuto strumentale		



N colpi x 20 cm d'infissione

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 10

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/10/2021
- lavoro :	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Cellere (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : termine prova per superam. capacità strumentale	

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	1,80	54,0	86,0	54,0	2,93	18,0
0,40	----	----	--	0,53	----	2,00	80,0	124,0	80,0	3,27	24,0
0,60	33,0	41,0	33,0	1,67	20,0	2,20	88,0	137,0	88,0	4,13	21,0
0,80	36,0	61,0	36,0	3,13	11,0	2,40	54,0	116,0	54,0	1,47	37,0
1,00	75,0	122,0	75,0	0,73	102,0	2,60	97,0	119,0	97,0	4,53	21,0
1,20	97,0	108,0	97,0	3,27	30,0	2,80	220,0	288,0	220,0	13,33	17,0
1,40	49,0	98,0	49,0	0,87	57,0	3,00	170,0	370,0	170,0	1,47	116,0
1,60	55,0	68,0	55,0	2,13	26,0	3,20	396,0	418,0	396,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

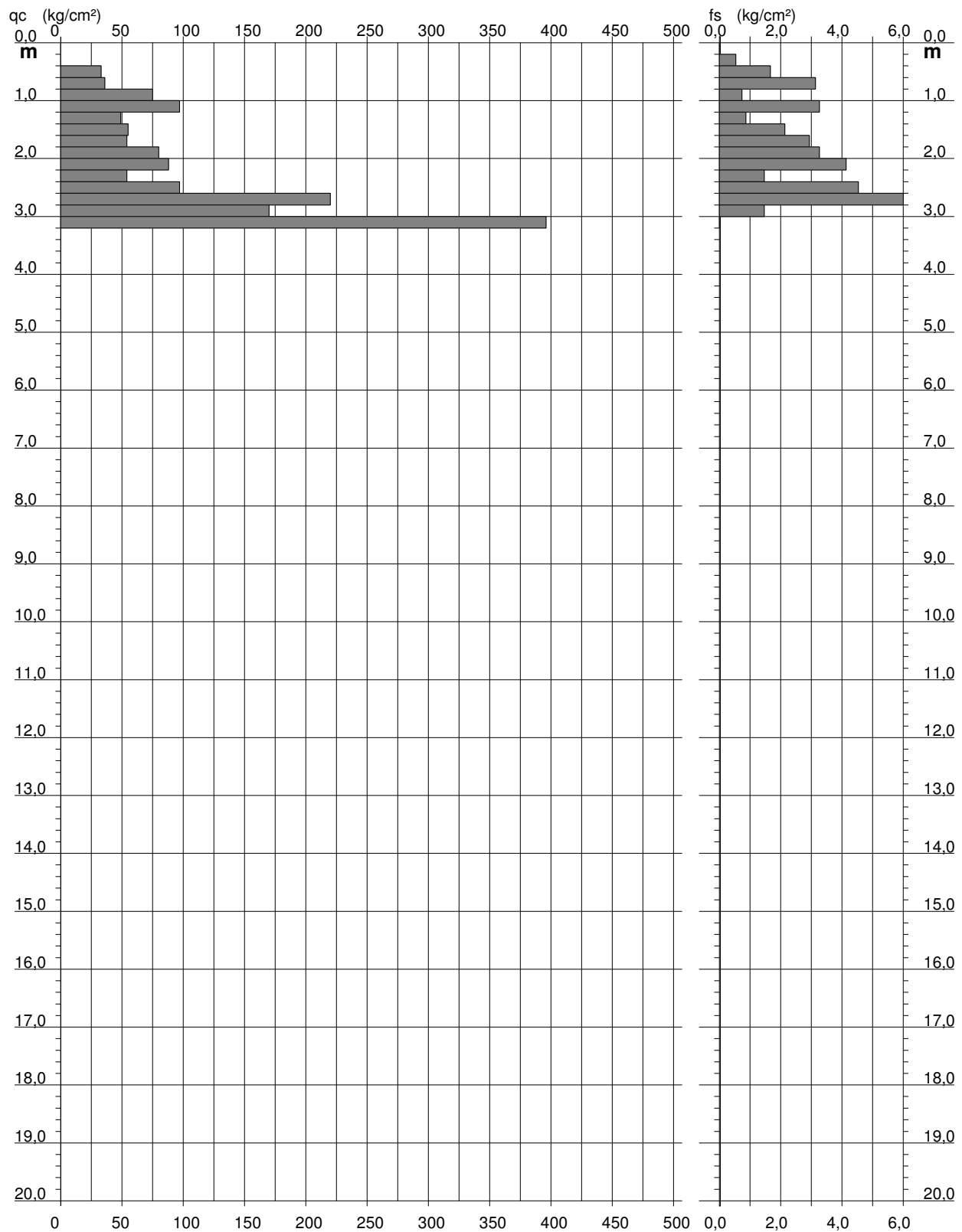
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 10

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 10

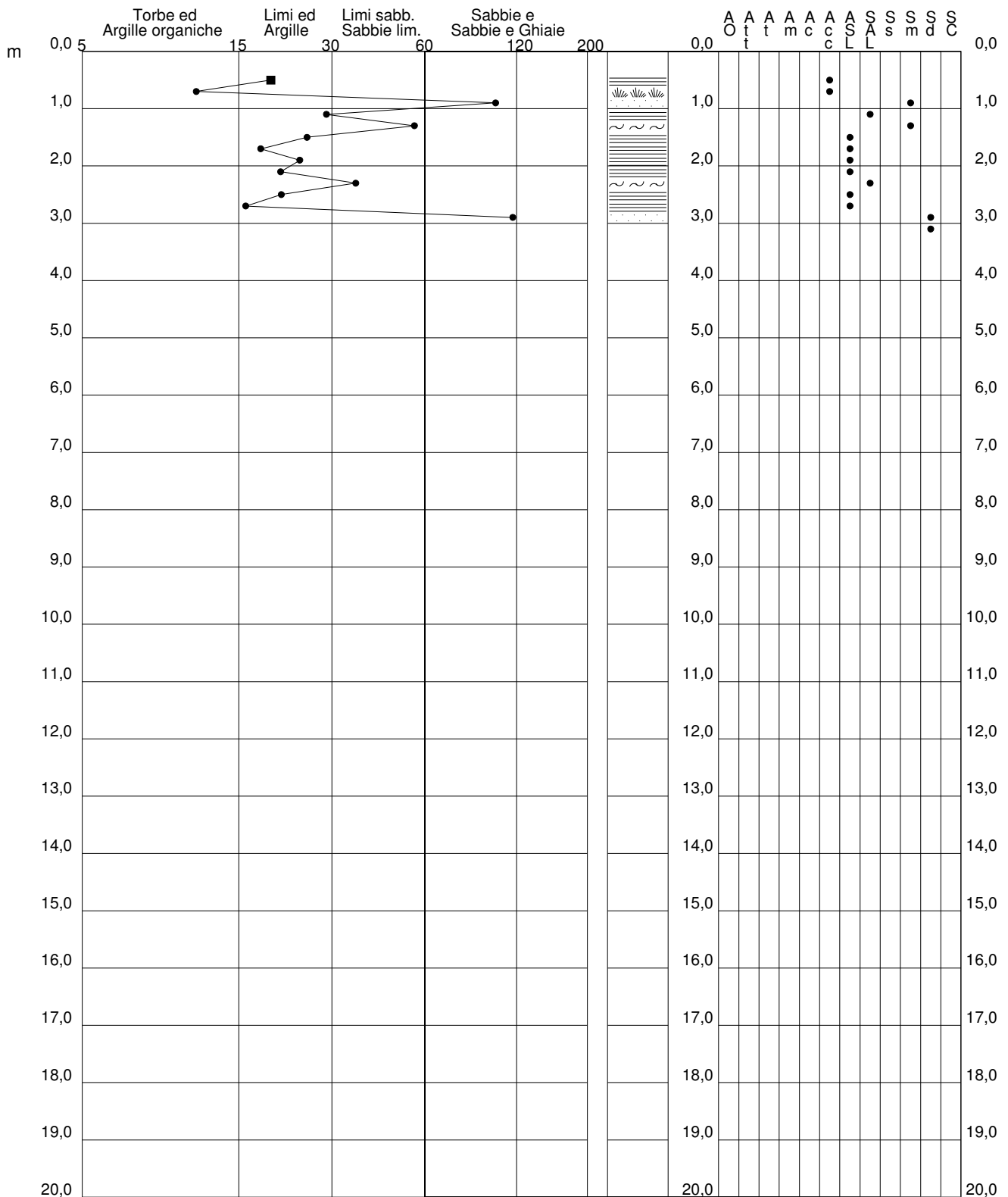
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl
 - lavoro :
 - località : Cellere (VT)
 - assist. cantiere :
 - note : termine prova per superam. capacità strumentale

- data : 18/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow spinta) $C_t = \text{spinta (Kg)} / \text{LETTURA al manometro}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = L_1 \times C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L_2 - L_1) \times C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = (L_t) \times C_t$$

$$q_c / f_s = \text{rapporto Begemann}$$

- L1. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L2. totale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Lt. aste = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

$$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di $FR = (fs / qc) \%$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi

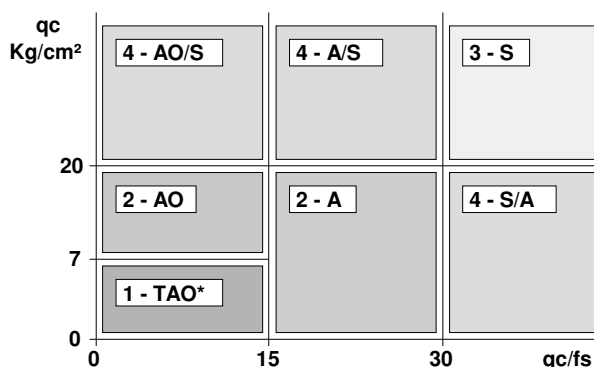
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs
(Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = indice plastico]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto unorme
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

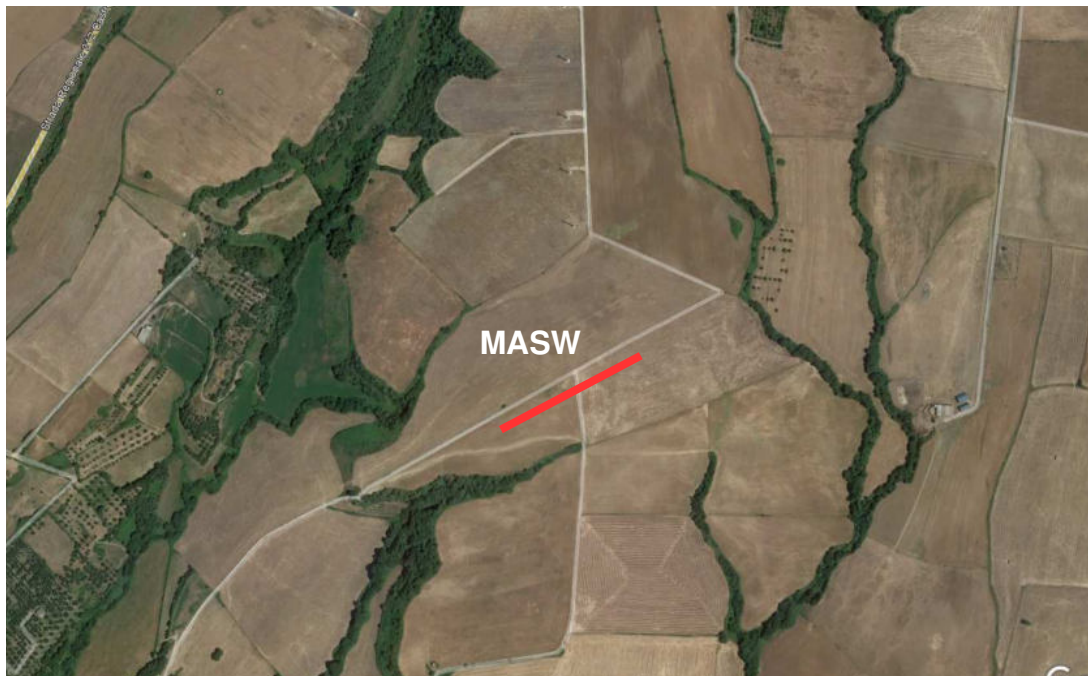
ALLEGATO 2
Indagine sismica M.A.S.W.

PENETRATIO s.n.c

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
P.IVA 02174580502

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.
ESEGUITA NEL COMUNE DI CELLERE (VT).**

~~~~~



**OTTOBRE 2021**

**Committente: Soc. IdroGeo Service Srl**



**INDICE**

|                                                       |   |
|-------------------------------------------------------|---|
| 1 PREMESSE.....                                       | 3 |
| 2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH..... | 3 |
| 3 IL METODO M.A.S.W.....                              | 5 |
| 4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....         | 6 |
| 5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....                       | 7 |

**ALLEGATI:**

- *Grafici "common-shot gather", spettro di velocità, profilo verticale onde S e modello sismostratigrafico*
- *Report di calcolo*
- *Documentazione fotografica*

---

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.  
ESEGUITA NEL COMUNE DI CELLERE (VT).**



**1 PREMESSE**

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita, per incarico della Soc. IdroGeo Service Srl, nel Comune di Cellere (VT), nel settore territoriale compreso tra la Strada Regionale n°312 Castrense e la Strada Provinciale n°113.

L'indagine M.A.S.W. è stata effettuata con l'obiettivo di determinare il parametro  $V_{s_{eq}}$ , necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, volendo procedere con l'approccio semplificato secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018 – "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni").

**2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH**

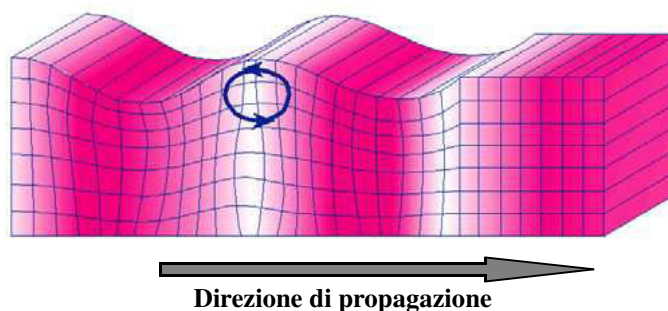
Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92 V_s$ .

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92 V_s$ .

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



**Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.**

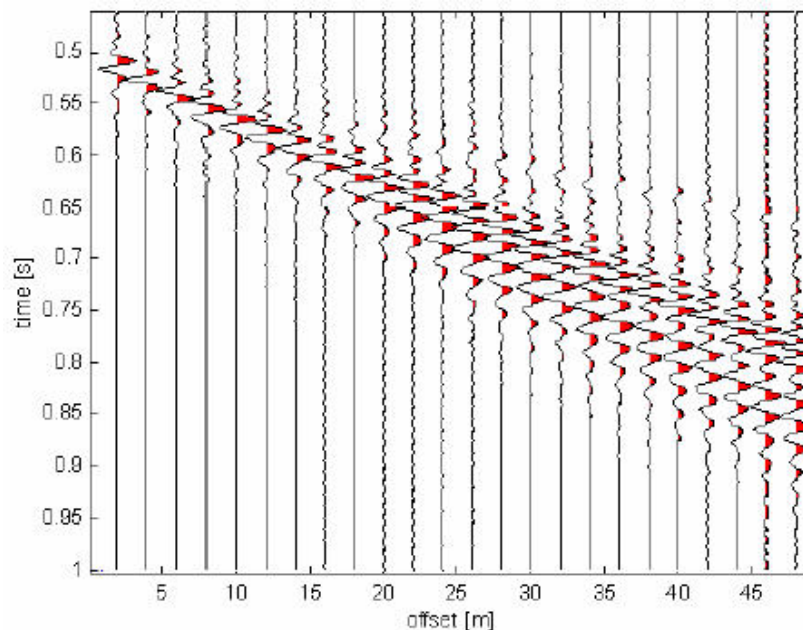
La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi

poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 17/01/2018, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



**Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

### **3 IL METODO M.A.S.W.**

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è un'efficiente e accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_S$ .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_S$ .

Per ottenere un profilo  $V_S$  vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  e  $S$ ), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

### **4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE**

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB

- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
  - 25 msec (191 punti)
  - 50 msec (383 punti)
  - 100 msec (756 punti)
  - 200 msec (1530 punti)
  - 400 msec (3060 punti)
  - 800 msec (6121 punti)
  - 1000 msec
- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2,00 m
- n. shots: sono state effettuate 3 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 3,0 m, 10,0 m e 15,0 m dalla linea geofonica
- tempo di acquisizione: 1.000 msec

Il profilo è da considerare sostanzialmente orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine del decimetro).

## **5 INTERPRETAZIONE DEI DATI**

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW versione 6.0 professional, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite il processo d'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh acquisite con la tecnica MASW. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Il processo si articola in due fasi:

- . determinazione dello spettro di velocità dove è possibile identificare la curva di dispersione, mediante il picking riconoscendo il solo modo fondamentale o anche i modi superiori.
- . inversione della curva di dispersione mediante algoritmi genetici.

Per il processo d'inversione si procede definendo un intervallo di ricerca sia per quanto riguarda le velocità che per gli spessori, all'interno del quale il software valuta tutte le possibili soluzioni fornendo quella più rispondente al picking eseguito. Risulta evidente che la rispondenza tra modello reale del sito e quello ottenuto dal processo d'inversione risente fortemente degli intervalli impostati all'interno dei quali il software esegue la ricerca. Il modello calcolato sarà più prossimo a quello reale tante più informazioni del sito si avranno a disposizione e quindi tanto più gli intervalli di ricerca saranno stringenti.

É possibile inoltre procedere con la modellazione diretta inserendo un modello di partenza del sito e confrontando la curva sintetica calcolata dal software con quella di dispersione ottenuta dalle rilevazioni con tecnica MASW.

Nel caso in esame il *picking* della curva di dispersione è stato eseguito riconoscendo il modo fondamentale e il primo e secondo modo superiore utilizzando il grafico spettro di velocità/velocità di fase relativo allo shot con offset di 10,00 m, che è risultato con sufficiente grado di definizione. Anche gli spettri relativi agli altri shots sono risultati confrontabili con quello preso in esame.

I profili di velocità delle onde S ottenuti sono profili semplificati multistrato derivanti da parametri di partenza quali spessori e ranges di velocità. Tali parametri sono stimabili con indagini aggiuntive quali sondaggi geognostici, prove penetrometriche, indagini di sismica in foro o a rifrazione. In assenza di tali approfondimenti non è possibile ottenere il modello reale sismostratigrafico, ma sarà comunque possibile fornire un valore di  $V_{s_{eq}}$  affidabile.

Il software winMasw presenta come soluzione due modelli: il *modello migliore*, cioè quello che presenta la differenza minore tra la curva osservata e calcolata, e un *modello medio* calcolato secondo un'operazione statistica, fornendo per ciascun modello il valore di  $V_{s_{eq}}$ .

Di seguito sono riportate le velocità  $V_s$  e gli spessori dei livelli sismici costituenti i due modelli.

- secondo il MODELLO MEDIO

| strato n.     | 1   | 2   | 3   | 4   |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| VS (m/s):     | 206 | 269 | 466 | 681 |
| spessori (m): | 3,7 | 6,3 | 4,5 |     |

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

| strato n.     | 1    | 2    | 3    | 4   |
|---------------|------|------|------|-----|
| VS (m/s):     | 201  | 259  | 507  | 720 |
| spessori (m): | 3,59 | 5,63 | 3,56 |     |

Come evidenziato dalle tabelle sopra riportate e nella colonna sismostratigrafica in allegato 1, l'indagine sismica non ha intercettato il substrato ( $V_s > 800$  m/s) entro la profondità di -30,00 m dal p.c. di riferimento.



In ottemperanza con quanto riportato nel D.M. 17 gennaio 2018 il valore della  $V_{s_{eq}}$  è quindi definito dal parametro  $V_{s_{30}}$ .

Con i dati ottenuti per la zona di indagine si ha:

- $V_{s_{30}}$  del *modello medio*: **406 m/s**
- $V_{s_{30}}$  del *modello migliore*: **425 m/s**

Per le categorie di suolo che permettono l'approccio semplificato si rimanda alla Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018.

Per la consultazione del report si rimanda all'allegato 2 in calce.

San Miniato (PI), 26/10/2021

**Penetratio s.n.c.**

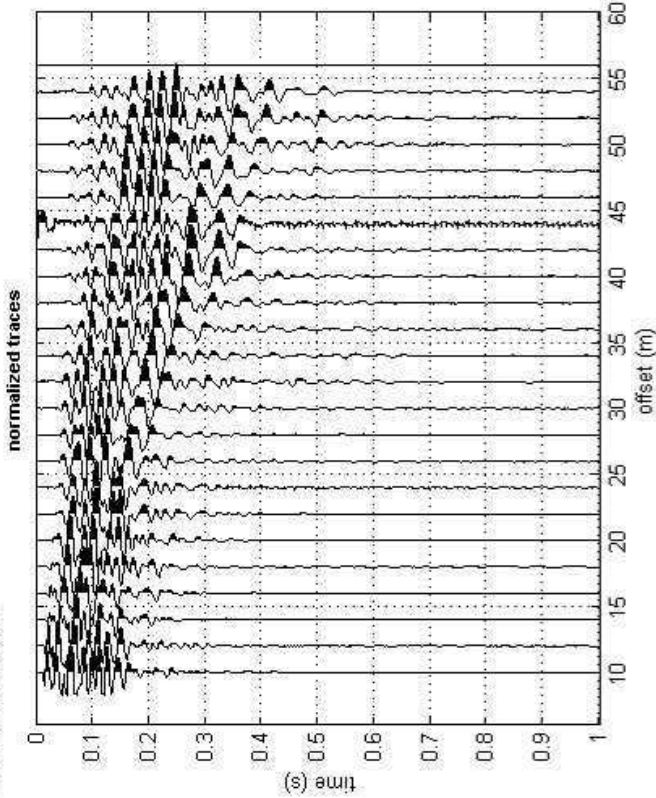
Dott. Geol. G. Lotti



***Allegato 1***

### #1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 10m.SGY  
 sampling: 0.131 ms  
 minimum offset: 10 m  
 geophone spacing: 2 m



resampling: 1  resample accept

data selection: activate select cancel save

filtering & spectra: filter cancel spectrum spectrogram

refraction: refraction 100 upload save clear refraction

other tools & setting: 1.00215 time length to visualize (s) done flip traces zero padding

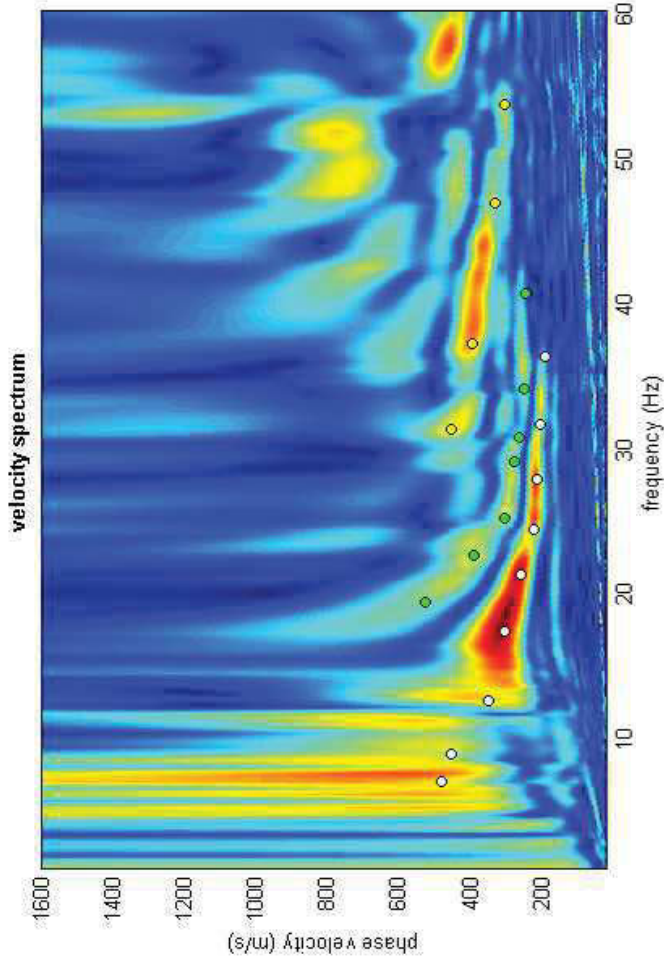
### #2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum  f-k  group velocity

phase velocity  f-k  group velocity

handling the spectra: save upload merge

explore spectrum  
 mode separation



visualize curves: input curve ?

picking: show f-k ?  
 second higher   
 to select the last point of the considered mode click the right button  
 save picking ?  
 10m.cdp  
 cancel picking

inversion: inversion  
 Joint DC-HV inv.

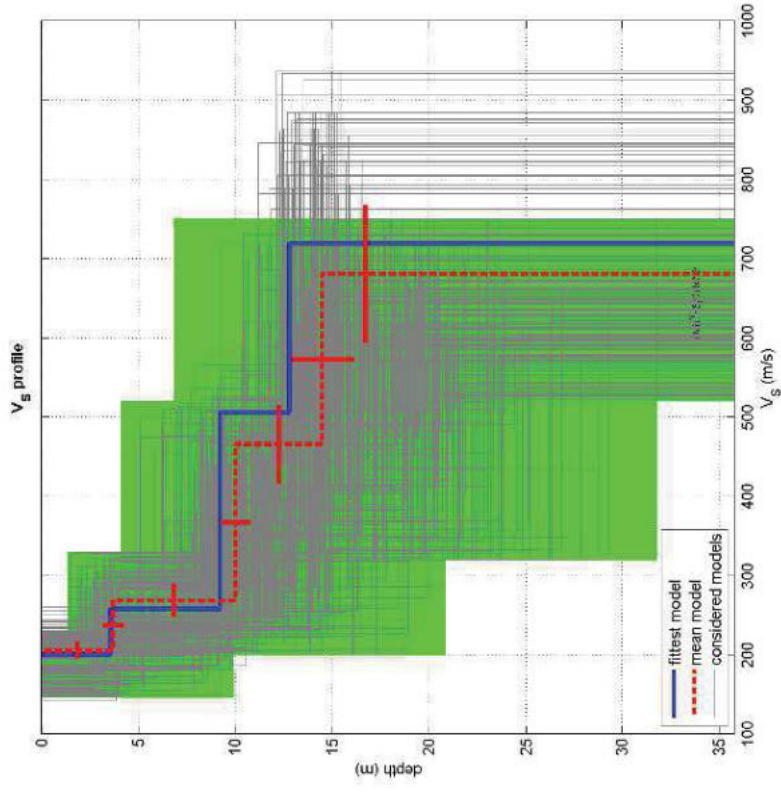
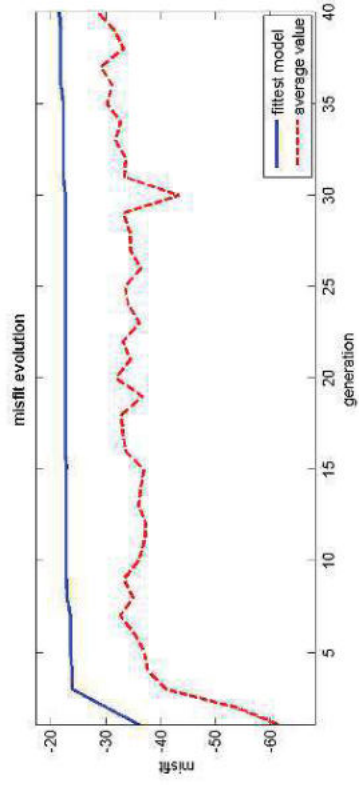
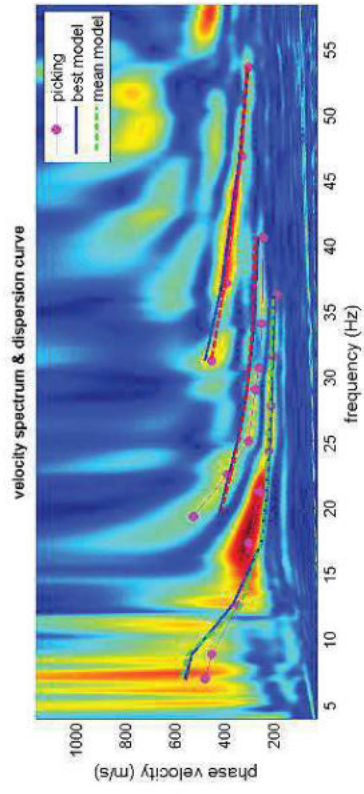
general setting: ?  
 Rayleigh  3 phase vel   
 Reference depth 0 Refraction   
 H/V body waves   
 H/V modes (SW ellipticity) 0

Vs (m/s): 100 180 260 400 600 800 1200 0  
 Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3 0.2  
 thickness (m): 1 2 5 5 7 80 0

modelling: synthetics ZVF  elastic  shows DC  synthetics

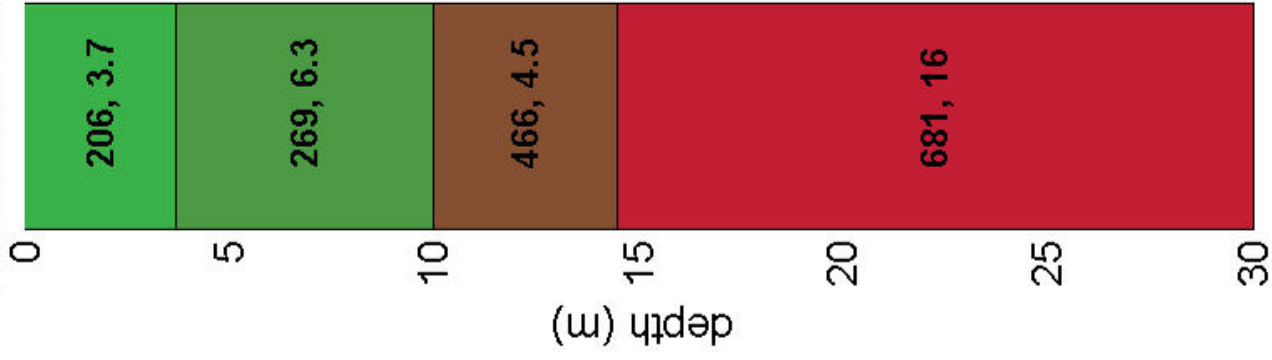
calculate upload mod. save model refresh report





dataset: 10m.SGY  
 dispersion curve: 10m.cdp  
 $V_{s30}$  (best model): 425 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 406 m/s

# Subsurface model



$V_s$   
(m/s)

thickness  
(m)

***Allegato 2***

## Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1  
dataset: 10m.SGY  
minimum offset (m): 10  
geophone spacing (m): 2  
sampling (ms): 0.131  
Dispersion curve: 10m.cdp  
Number of individuals: 30  
Number of generations: 31

## Rayleigh-wave dispersion analysis

### Analyzing phase Velocities

|                                                |          |          |          |      |
|------------------------------------------------|----------|----------|----------|------|
| Adopted search space (minimum Vs & thickness): | 146      | 1.369724 |          |      |
| 200                                            | 2.739448 | 320      | 2.739448 | 520  |
| Adopted search space (maximum Vs & thickness): | 230      | 9.862012 |          |      |
| 330                                            | 10.95779 | 520      | 10.95779 | 750  |
| Adopted Poisson values:                        | 0.4      | 0.35     | 0.35     | 0.35 |

Output folder: C:\Users\Beppe\Desktop\output\_disp

### ==o== SECTION#2

#### Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -61.8542  
-36.2181  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -53.6869  
-30.1247  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -40.8826  
-23.9512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -37.6195  
-23.9512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -37.1044  
-23.6951  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -35.2243  
-23.6951  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -32.6668  
-23.6951  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -34.9721  
-23.0072  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -33.2616  
-22.961  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:  
-36.0332 -22.961  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:  
-37.0228 -22.961  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:  
-37.2849 -22.961  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:  
-36.0357 -22.961  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:





Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -28.4938  
-21.6693

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 201 259 507 720

Thickness (m): 3.6 5.6 3.6

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

2

p15 =

20

p16 =

Columns 1 through 7

|        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.1929 | 0.2451 | 0.3463 | 0.4783 | 0.5857 | 0.6716 | 0.7668 |
| 0.4765 | 0.5560 | 0.6190 | 0.7150 | 0.7561 | 0.8383 | 1.0000 |
| 0.5829 | 0.6929 | 0.8734 | 1.0000 | 0      | 0      | 0      |
| 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

Columns 8 through 9

|        |        |
|--------|--------|
| 0.8711 | 1.0000 |
| 0      | 0      |
| 0      | 0      |
| 0      | 0      |

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -22.4097  
-20.3448

Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -22.0526  
-20.3448

Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -21.7168  
-20.2745

Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -21.2841  
-20.2745

Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -21.2289  
-20.2679

Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -21.2382  
-19.7796

Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -20.9569  
-19.6739

Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -20.6246  
-19.6739

Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -20.8112  
-19.6739

Number of models considered to calculate the average model: 452

#####  
RESULTS  
#####

Dataset: 10m.SGY  
Analyzed curve/spectrum: 10m.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s):                    206  269  466  681  
Standard deviations (m/s): 11  20  49  86

Thickness (m):                3.7                6.3                4.5  
Standard deviations (m): 0.5                0.8                1.6

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):                    821  1412  1221  1826  
Density (gr/cm3):            2.01    2.14    2.10    2.20  
Vp/Vs ratio: 3.99    5.25    2.62    2.68  
Poisson: 0.47    0.48    0.41    0.42  
Shear modulus (MPa): 85            155            457            1020  
Estimated static shear modulus (MPa): 0                0                0                0

Fundamental mode

Mean model

| f(Hz)   | VR(m/s)  |
|---------|----------|
| 7.00585 | 573.933  |
| 8.90046 | 545.4559 |
| 12.5782 | 334.4815 |
| 17.3705 | 252.7423 |
| 21.2711 | 233.2068 |
| 24.3917 | 223.2757 |
| 27.8466 | 215.1987 |
| 31.6358 | 208.9977 |
| 36.3166 | 204.1055 |

First higher mode

Mean model

|         |          |
|---------|----------|
| 19.3765 | 416.1362 |
| 22.6085 | 373.7323 |
| 25.1718 | 342.901  |
| 29.0725 | 308.4971 |
| 30.7442 | 298.8443 |
| 34.0876 | 285.751  |

40.663      272.4032

Second higher mode

Mean model

|         |          |
|---------|----------|
| 31.3014 | 453.4589 |
| 37.2082 | 397.3264 |
| 46.9041 | 335.2332 |
| 53.7024 | 308.4676 |

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 201 259 507 720  
thickness (m): 3.5945      5.6317      3.5694

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

|                                       |      |      |      |      |   |   |   |   |
|---------------------------------------|------|------|------|------|---|---|---|---|
| Vp (m/s):                             | 990  | 1814 | 847  | 1213 |   |   |   |   |
| Density (gr/cm3):                     | 2.05 | 2.20 | 2.01 | 2.10 |   |   |   |   |
| Vp/Vs ratio:                          | 4.93 | 7.00 | 1.67 | 1.68 |   |   |   |   |
| Poisson:                              | 0.48 | 0.49 | 0.22 | 0.23 |   |   |   |   |
| Shear modulus (MPa):                  | 83   | 147  | 518  | 1089 |   |   |   |   |
| Estimated static shear modulus (MPa): | 0    |      | 0    | 0    | 0 | 0 | 0 | 0 |

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

| F(Hz)   | VR(m/s)  |
|---------|----------|
| 7.00585 | 559.2331 |
| 8.90046 | 530.457  |
| 12.5782 | 370.1776 |
| 17.3705 | 251.0286 |
| 21.2711 | 228.145  |
| 24.3917 | 217.8876 |
| 27.8466 | 210.0247 |
| 31.6358 | 204.1072 |
| 36.3166 | 199.4344 |

First higher mode)

best model

|         |          |
|---------|----------|
| 19.3765 | 424.8373 |
| 22.6085 | 382.0004 |
| 25.1718 | 349.4696 |
| 29.0725 | 309.3942 |
| 30.7442 | 297.5382 |
| 34.0876 | 281.4346 |
| 40.663  | 265.4526 |

Second higher mode)

best model

|         |          |
|---------|----------|
| 31.3014 | 478.0021 |
| 37.2082 | 409.8374 |
| 46.9041 | 337.2185 |

53.7024      305.4172

Vs5 (mean model): 219 m/s  
Vs5 (best model): 215 m/s

Vs20 (mean model): 338 m/s  
Vs20 (best model): 353 m/s

Vs30 (mean model): 406 m/s  
Vs30 (best model): 425 m/s

==o== SECTION#5

For Italian Users:

Dalla normativa vigente (aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanato con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n°42 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 di 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 m/s 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.

Per queste cinque categorie di sottosuolo le azioni sismiche sono definite come descritto al § 3.2.3. del D.M. 17.01.2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale per la determinazione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\studio  
giuseppe\lavori\sismiche\output\_disp".

=====

winMASW  
Surface Waves & Beyond  
[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Number of models used to define the mean model: 452  
Vs5 for the best model: 215  
Vs30 for the best model: 425  
Analyzing phase velocities

Elapsed time is 63.847726 seconds.

***Allegato 3***

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



---

*Risultati di una prospezione geofisica M.A.S.W.  
eseguita nel Comune di Cellere (VT).*

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



---

*Risultati di una prospezione geofisica M.A.S.W.  
eseguita nel Comune di Cellere (VT).*



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



---

*Risultati di una prospezione geofisica M.A.S.W.  
eseguita nel Comune di Cellere (VT).*