COMUNE DI
CASTIGLION FIORENTINO
PROVINCIA DI AREZZO

Ufficio Tecnico
Settore Lavori Pubblici

www.comune.castiglionfiorentino.arezzo.it

CAMPO SPORTIVO POLIVALENTE DI MONTECCHIO

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE

Comune di Castiglion Fiorentino
Piazza del Municipio, 12 - 52043 Castiglion Fiorentino (Ar)
tel. 0575 65641 - fax. 0575 680103
mail: utecnico@comune.castiglionfiorentino.ar.it

RESPONSABILE UNICO del PROGETTO
Arch. Francesca Bucci

PROGETTISTI
Arch. Marcello Marchesini - MDU architetti (progetto architettonico)
Ing. Iacopo Ceramelli - ACS ingegneri (progetto strutture)
Ing. Luca Tocchio (IE), Ing. Filippo Sarti (IM) - ST Ingegnerie (progetto impianti)
Arch. Carlos Gustavo Loggia (progetto sicurezza)

descrizione	numero	data	redatto	controllato	approvato
emissione	1	18-04-2025			
emissione	2	20-05-2025			

OGGETTO
Relazione geologica

ELABORATO

E.G.DOC.01_01

scala	
nome file	E.G.DOC.01_01

REGIONE TOSCANA | PROVINCIA DI AREZZO | COMUNE DI CASTIGLION F.NO

REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO SPORTIVO POLIVALENTE IN LOC. MONTECCHIO

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CASTIGLION FIORENTINO

RELAZIONE GEOLOGICA

(AI SENSI DEL D.M. 17.01.2018 - DPGRT 1R/2022)

AREZZO, APRILE 2025

Geologo Dott. Lorenzo Sedda
Via C. Colombo 1/b/2 - 52100 Arezzo (Ar)
Tel - 0575-906627 Cell. 339-1443593
email - geosedda@gmail.com
PEC - geosedda@pec.epap.it
C.F. - SDDLNZ81T25A390O
P.IVA - 01925680512

Dott. Geol. Lorenzo Sedda

Il presente elaborato, posto sotto tutela di legge, è stato redatto da Dott. Geol. Lorenzo Sedda e, senza la preventiva autorizzazione scritta dell'autore, sono vietate la riproduzione, anche parziale, e la cessione a terzi estranei ai procedimenti autorizzativi o di appalto.

SOMMARIO

PREMESSA 2
RELAZIONE GEOLOGICA 3
UBICAZIONE 3
COROGRAFIA GENERALE – scala 1:25.000 3
PLANIMETRIA CATASTALE - scala 1.2.000 4
VERIFICA DEI VINCOLI 5
VINCOLO IDROGEOLOGICO – scala 1:5.000 5
PIT CON VALENZA DI PIANO PAESAGGISTICO – scala 1:5.000 6
ASSETTO GEOLOGICO 7
CARTA GEOLOGICA – scala 1:5.000 8
ASSETTO GEOMORFOLOGICO 9
CARTA GEOMORFOLOGICA – scala 1:5.000 9
ASSETTO LITOTECNICO 10
CARTA GEOLOGICO-TECNICA – scala 1:2.000 10
ASSETTO IDROGEOLOGICO 11
CARTA IDROGEOLOGICA E DELLE ISOPIEZOMETRICHE – scala 1:1.000 12
ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA' 13
Categoria sismica di suolo 13
Dati sul sito – ED50 13
Dati sulla costruzione 13
Punti impiegati sulla maglia di riferimento 14
Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,81 SLO 14
Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,63 SLD 14
Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,10 SLV 14
Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,05 SLC 14
Coefficiente di amplificazione topografica 15
Coefficiente di amplificazione S 15
Coefficienti sismici risultanti – stabilità del pendio e fondazioni 15
Coefficienti sismici risultanti – muri di sostegno NTC2018 – fronti di scavo e rilevati 15
CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA da P.S.I. – scala 1:5.000 16
CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI da P.S.I. – scala 1:2.000 17
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE da P.S.I. – scala 1:5.000 18
MODELLO GEOLOGICO – SEZIONI GEOLOGICHE E LITOTECNICHE 27
MODELLO GEOTECNICO 30
VERIFICHE GEOTECNICHE 31
PARAMETRI DI PROGETTO – approccio 2 32
PARAMETRI DI PROGETTO – approccio 1 combinazione 2 33
VERIFICA DI STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO MASSIMO 34
VERIFICA DI STABILITA' STATO DI PROGETTO – RIMODELLAMENTI MORFOLOGICI 43
CONSIDERAZIONI IN MERITO AL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE 53
CONCLUSIONI 54

PREMESSA

Ottemperando all'incarico ricevuto dal Comune di Castiglion Fiorentino, è stata approntata la presente relazione con lo scopo di fornire la caratterizzazione geologica e geotecnica di un terreno, nel Comune di Castiglion Fiorentino, in Loc. Montecchio, su cui insisterà un'area sportiva polivalente.

La Relazione Geologica, le indagini, le relative considerazioni, e la modellazione sismica e geotecnica sono state eseguite in ottemperanza al D.M.17.01.2018, alle istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche" di cui al D.M./08, Eurocodice 7, Eurocodice 8, DPGRT n. 1R/2022.

La relazione geologica permette di evidenziare:
1] Assetto geologico
2] Assetto geomorfologico
3] Assetto litotecnico
4] Assetto idrogeologico ed idrografia di superficie
5] Aspetti geodinamici e sismici
6] Verifica dei Vincoli gravanti sul sito
7] Analisi delle pericolosità
8] Descrizione della campagna geognostica (eseguita o in previsione)

La " campagna geognostica " prevede:

1] Rilievo di superficie

2] Analisi situazione idrogeologica

3] n° 1 indagine sismica a rifrazione in onde P-Sh, e n° 1 MASW

4] n° 1 prova penetrometrica statica (CPT)

5] n° 7 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

6] n° 1 sondaggio a carotaggio continuo che ha permesso il prelievo di un campione indisturbato

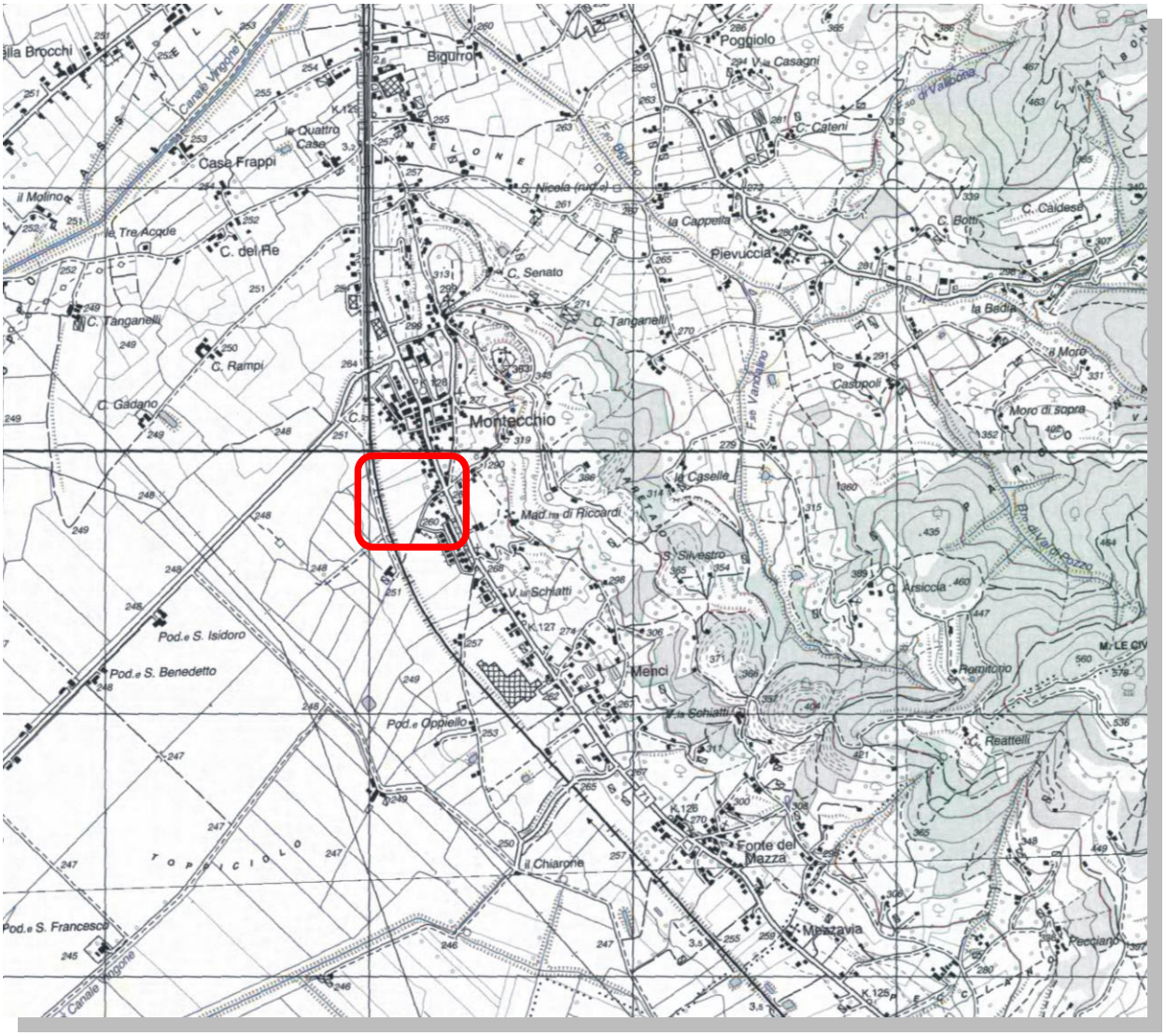
7] Prove di laboratorio sul campione indisturbato prelevato

RELAZIONE GEOLOGICA

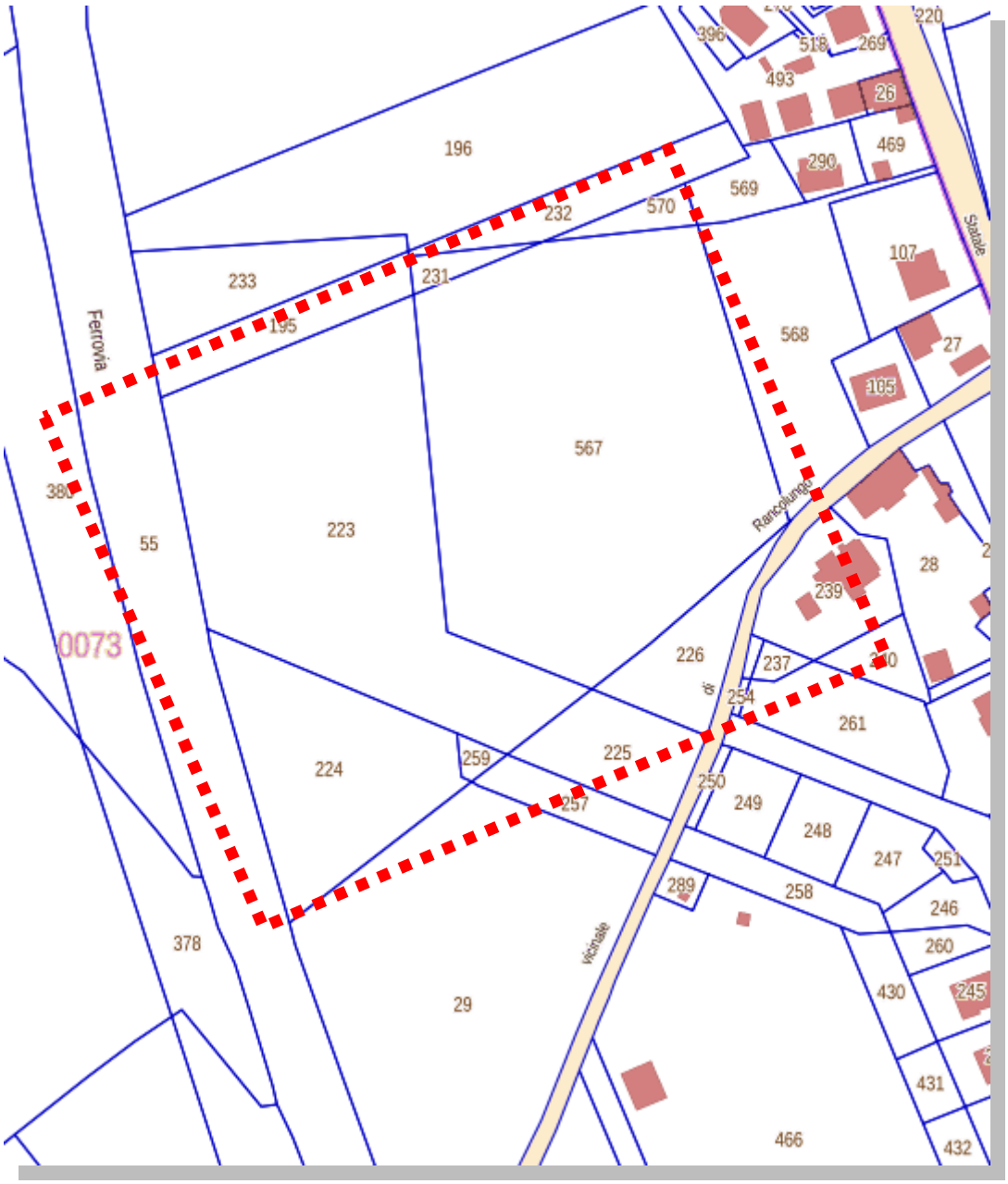
UBICAZIONE

L'area in studio è ubicata in posizione prospiciente a Via Giovanni Battista Schiatti in Loc. Montecchio, a quote comprese tra 251 e 261 m s.l.m. e censita al Catasto di Castiglion Fiorentino, al foglio 73 particelle 223-224-259-567-570. Nella Carta Topografica d'Italia I.G.M., alla scala 1:25.000 è sita nel Foglio 298 "Castiglion Fiorentino" Sez. I.

COROGRAFIA GENERALE – scala 1:25.000

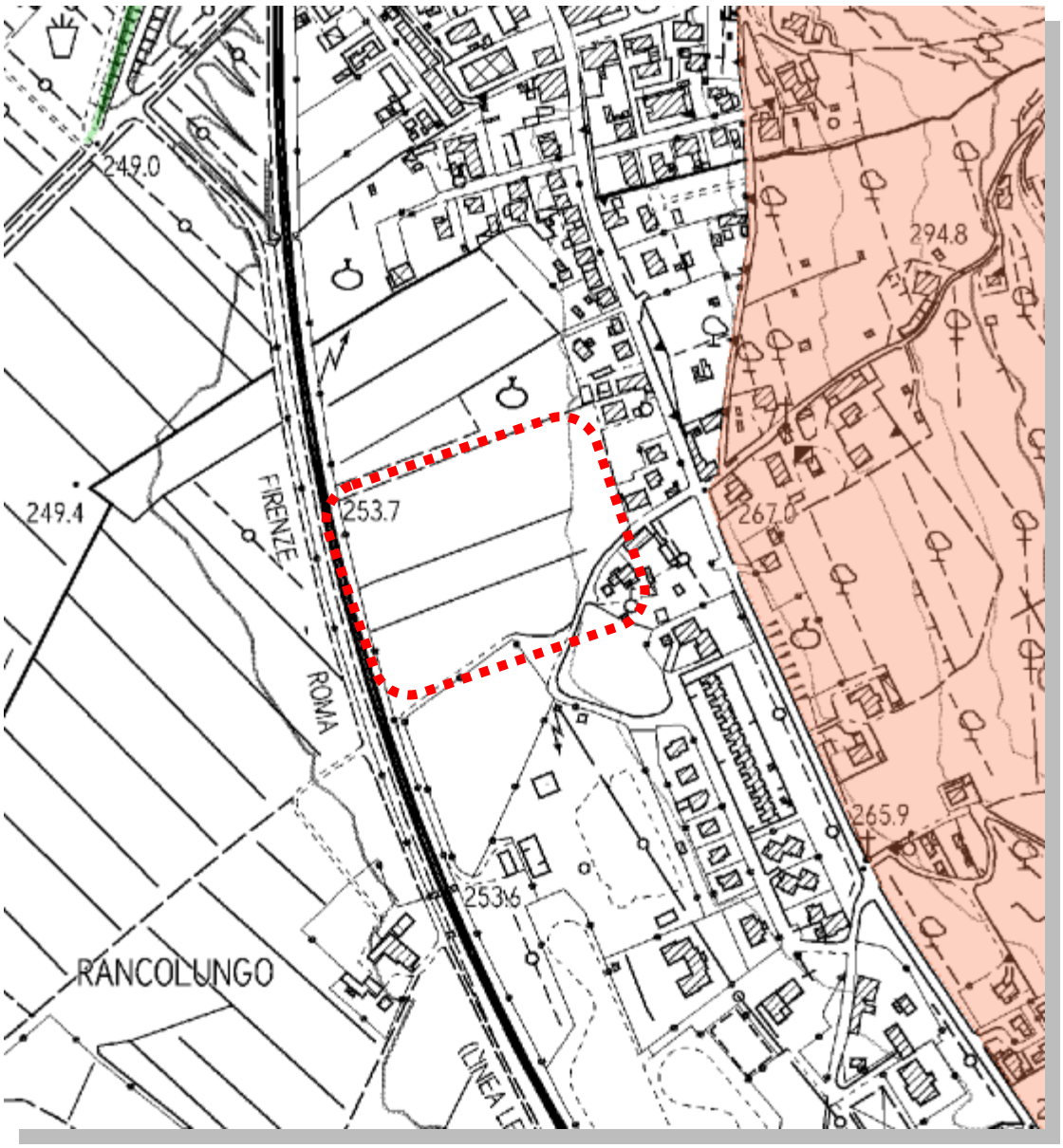


PLANIMETRIA CATASTALE - scala 1.2.000



VERIFICA DEI VINCOLI

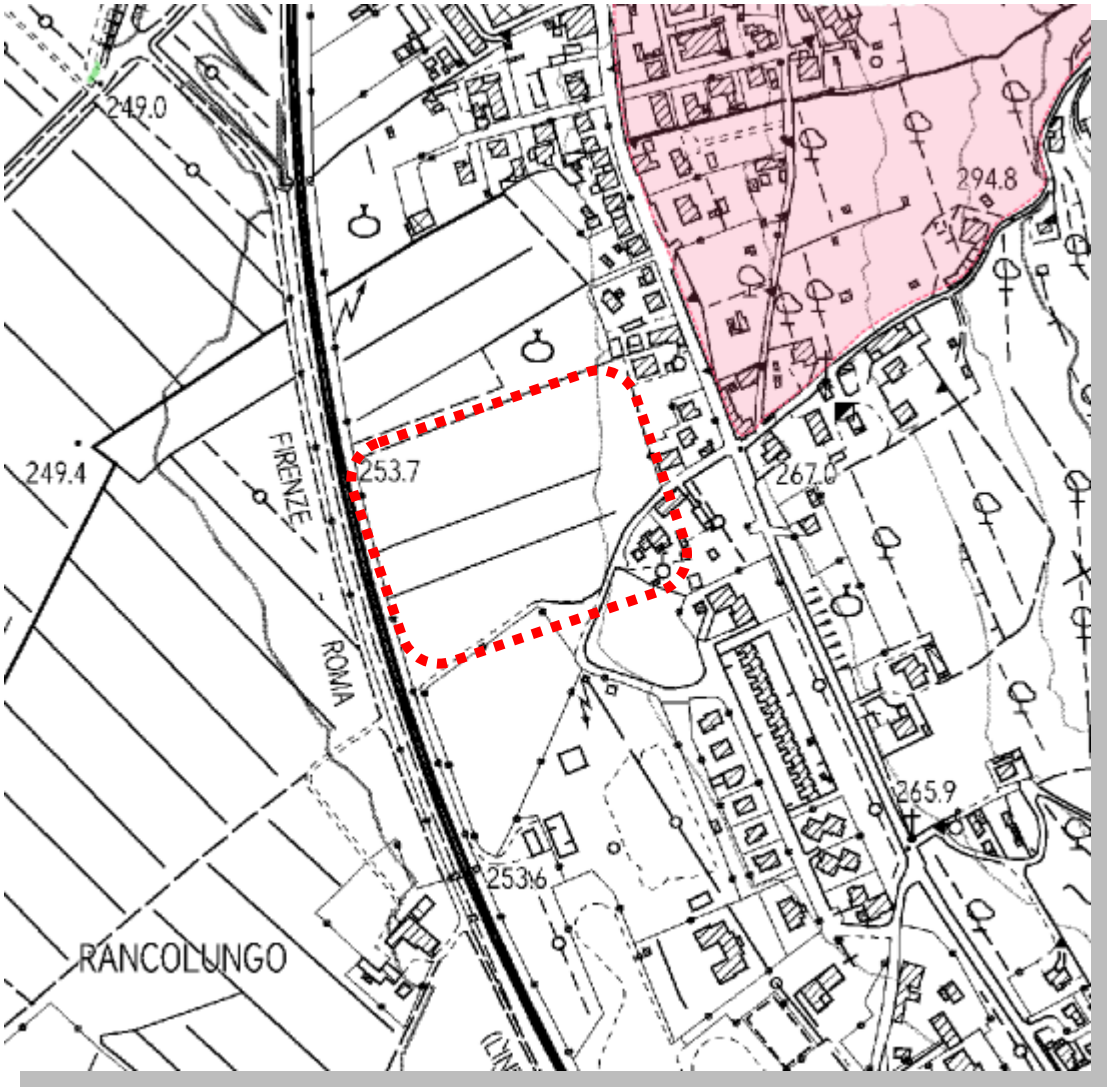
VINCOLO IDROGEOLOGICO – scala 1:5.000



Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico poiché boscate

Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del RD 3267/1923

PIT CON VALENZA DI PIANO PAESAGGISTICO – scala 1:5.000



Immobili ed aree di notevole interesse pubblico – D.Lgs. 42/2004 Art. 136

I territori coperti da foreste e boschi – D.Lgs. 42/2004 Art. 142 comma 1 lett. g)

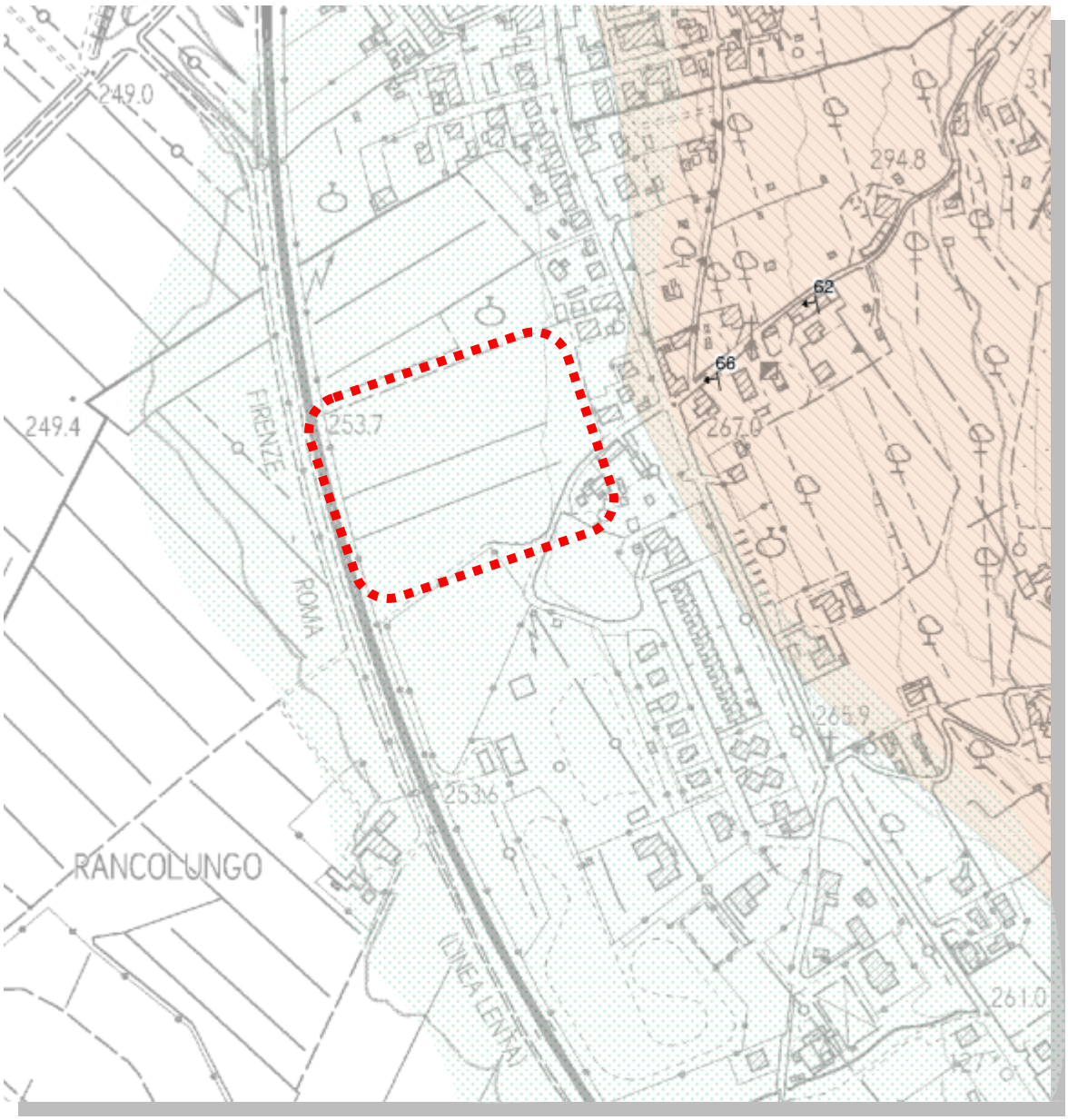
I fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua – D.Lgs. 42/2004 Art. 142 comma 1 lett. c)

ASSETTO GEOLOGICO

Per la stesura della presente relazione geologica è stato effettuato un rilevamento geologico dell'area, riportato poi su carta topografica in scala 1:5000. L'area oggetto di progetto è impostata ai piedi delle pendici dei rilievi che bordano il margine orientale della Val di Chiana e che, fatta eccezione per l'interruzione, probabilmente tettonica, della Val di Chio, segnano con continuità l'allineamento M.te Lignano – Alta S. Egidio. Detti rilievi sono costituiti dalle porzioni stratigraficamente medio-superiori dell'Unità Tettonica Cervarola Falterona (Membro di Montalto): sono areniti torbiditiche, quarzoso feldspatiche, alternate a marne e argilliti; la parte arenacea e quella pelitico-marnosa, tendono ad equivalersi e formano strati che normalmente sono spessi da pochi centimetri a qualche decimetro. In questa successione si intercalano torbiditi arenacee spesse qualche metro. Nella zona di studio tale Formazione raramente è stata rilevata con tutte le sue caratteristiche di flysch d'origine turbiditica con impronte meccaniche e organiche come flute casts, groove casts e convolute laminations. La copertura detritica è localmente corrispondente a pochi decimetri, o addirittura assente (substrato affiorante o sub-affiorante). Il raccordo con il fondovalle è marcato dalla presenza di una coltre caratterizzata da elevata variabilità litologica. I sedimenti che contraddistinguono invece il bacino della Val di Chiana sono sedimenti deposti in ambiente continentale a carattere lacustre e poi misto fluviolacustre durante il Pleistocene e l'Olocene. I corsi d'acqua che nel Pleistocene inferiore provenivano dall'area casentinese, scaricavano il loro carico sedimentario nel bacino fluvio lacustre di Arezzo, in quel periodo svincolato dagli adiacenti bacini per la presenza di notevoli faglie trascorrenti ad andamento antiappenninico: il livello di base di quest'ultimo aumentò rapidamente fino a che, nel Pleistocene medio, il bacino di Arezzo risultò connesso con quello della Val di Chiana. Le acque, scorrendo attraverso la gola di Chiani si diressero verso sud, congiungendosi con quelle del paleo-Paglia e del paleo-Tevere: si costituì allora quel grande bacino, a carattere prevalentemente palustre e fluvio lacustre, che si estendeva da Chiani a Montepulciano, e la cui estensione è tuttora dimostrata dall'esistenza del lago Trasimeno. In seguito, già dal Pleistocene superiore, diminuendo l'Arno casentinese la portata ed accumulandosi gradualmente depositi argillosi e ghiaiosi, il livello del bacino si fece meno profondo conseguendo l'aspetto di un'ampia area palustre i cui margini rimanevano periodicamente all'asciutto. Le acque si raccolsero in un alveo che, più o meno liberamente, continuava a scorrere in direzione sud.

In particolare nelle zone pede-collinari come quella di indagine, o comunque poste a quote anche di poco superiori a quella del livello di base del Canale Maestro della Chiana e dei suoi affluenti, affiorano i depositi sabbioso-limosi con intercalazioni maggiormente grossolane corrispondenti ai notevoli corpi di conoide provenienti dall'allineamento M.te Lignano-Alta S.Egidio. Detti accumuli di conoide sono posti in discordanza direttamente sul substrato lapideo, la cui soggiacenza è localmente pari a pochi metri.

CARTA GEOLOGICA – scala 1:5.000



Alluvioni recenti terrazzate – Pleistocene superiore

Conoide alluvionale – Pleistocene superiore

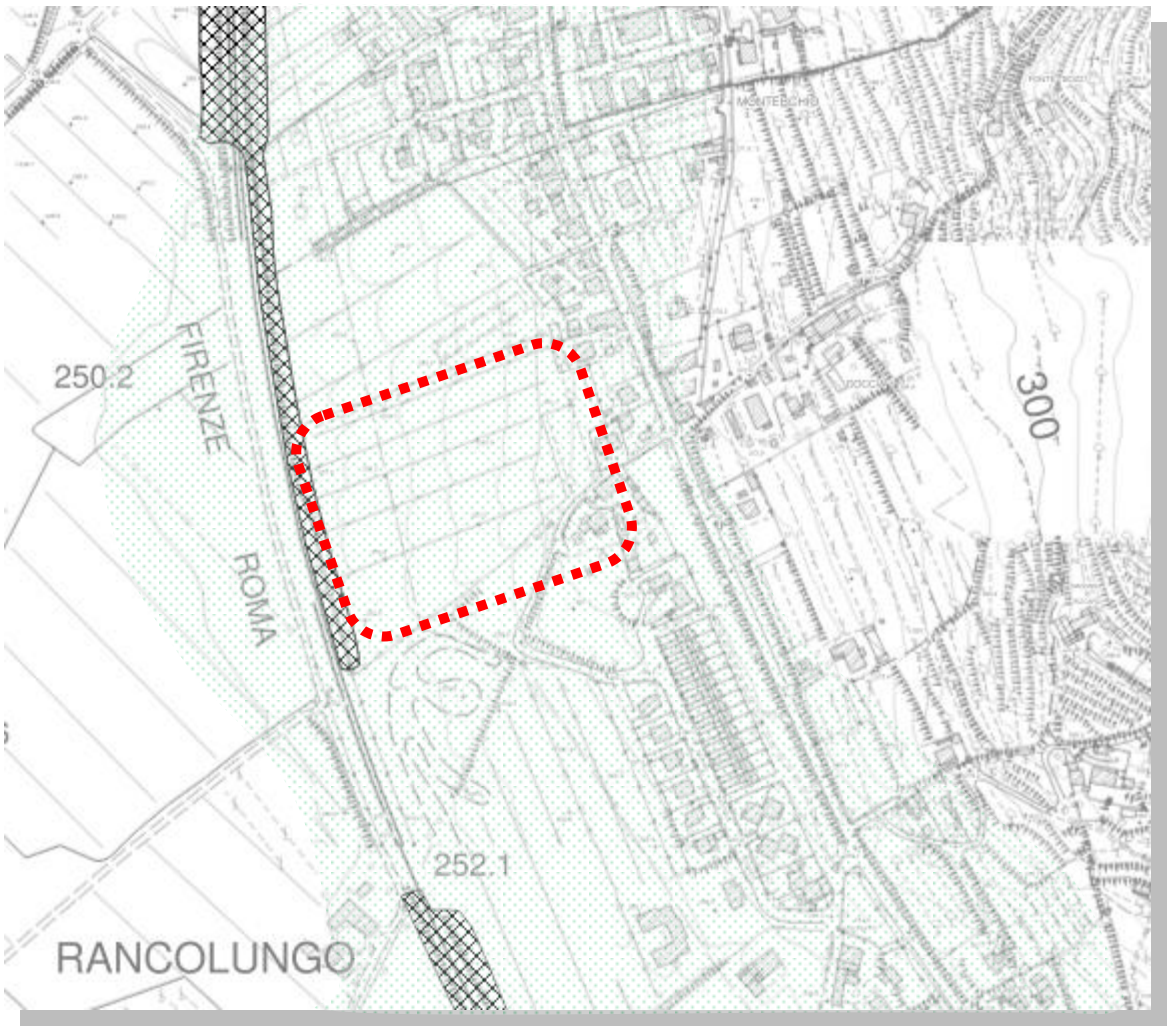
Unità Tettonica Cervarola - Falterona

FAL2 Membro di Camaldoli – Oligocene superiore

ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di intervento risulta caratterizzata da un blando pendio che raccorda il piede dei versanti che delimitano a nord-est il bacino della Val di Chiana aretina con il fondovalle al centro del quale scorre il Canale Maestro della Chiana. Le uniche forme del rilievo sono quelle corrispondenti alla realizzazione del terrapieno su cui corre la linea ferroviaria Firenze-Roma. L'analisi della carta tecnica regionale, alla maggior scala disponibile, permette di riconoscere la transizione, invero piuttosto netta, tra terreni appartenenti ai vari corpi di conoide e quelli corrispondenti ai depositi alluvionali fluvio-lacustri pleistocenici di riempimento della Val di Chiana. Localmente sono presenti scarpate e rotture di pendio naturali, verosimilmente da mettere in connessione con i passaggi litologici come ad esempio, nel settore più occidentale dell'area strettamente oggetto di indagine, alla presenza in sub-affioramento del substrato lapideo.

CARTA GEOMORFOLOGICA – scala 1:5.000



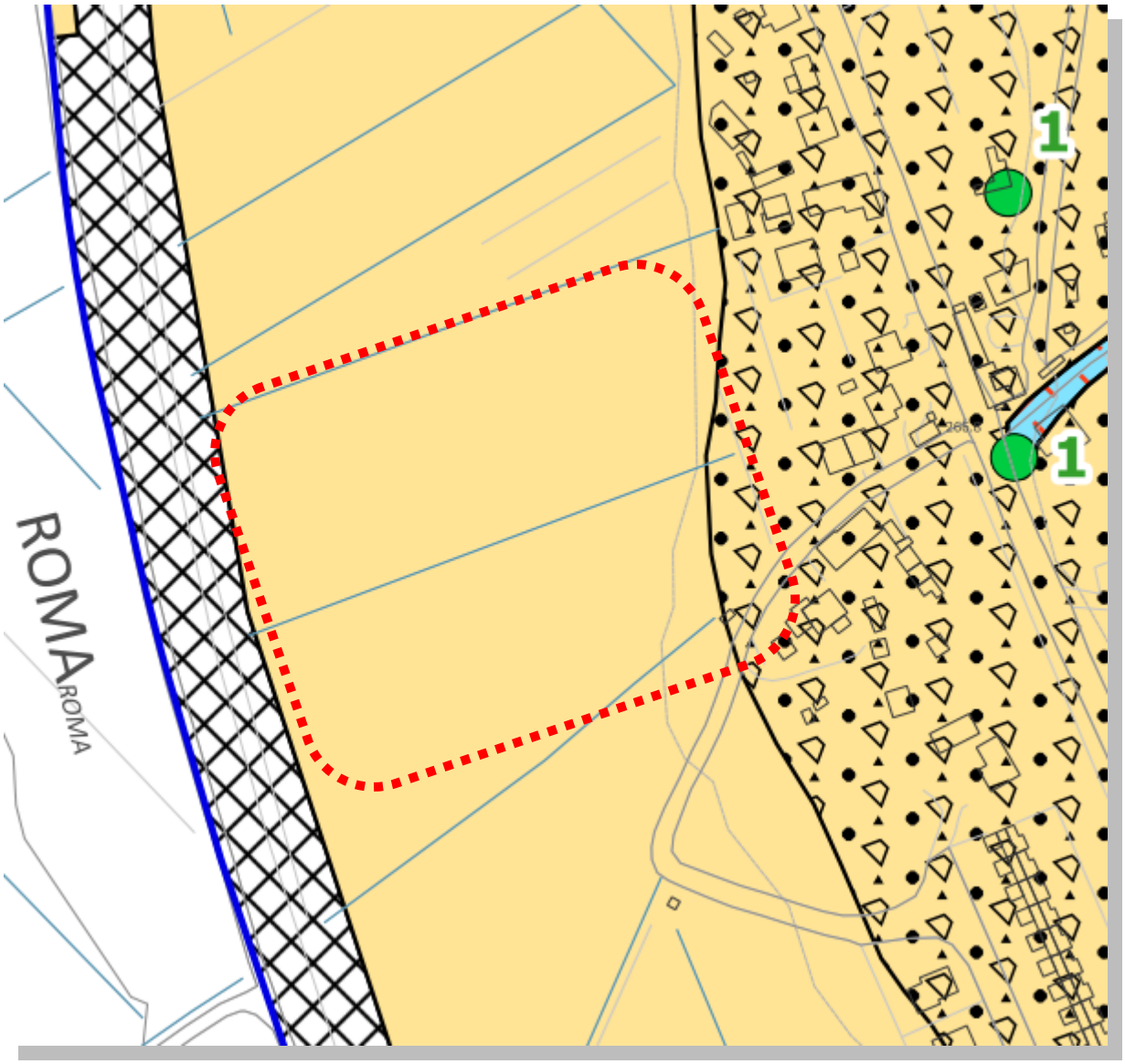
Conoide alluvionale

Rilevato antropico

ASSETTO LITOTECNICO

L'area in oggetto è impostata su terreni limoso sabbiosi: possono essere senz'altro fatti corrispondere all'unità **della miscela di sabbia e limo di piana pedemontana.**

CARTA GEOLOGICO-TECNICA – scala 1:2.000



RI Terreni contenenti resti di attività antropica

GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana pedemontana

22 Sondaggio che ha raggiunto il substrato rigido (profondità del substrato)

Falda detritica

ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'intero sito è drenato dalle sistemazioni idraulico-agrarie superficiali in grado di smaltire il deflusso in occasione di eventi meteorici di una certa intensità. Ai piedi del blando pendio ove sorgerà il nuovo complesso sportivo è inoltre presente un fosso, che correndo parallelamente alla linea ferroviaria raccoglie le acque di drenaggio dell'intero versante. Il deflusso delle acque meteoriche nell'area in esame è regolato dalle canalette relative ai perimetri delle aree coltivate e alla viabilità e viene convogliato nel suddetto corso d'acqua, del resto tributario del Canale di Montecchio.

La permeabilità deve essere considerata la caratteristica principale di una roccia o di un terreno quando si voglia caratterizzare una formazione geologica dal punto di vista idrogeologico. Si parla di porosità e permeabilità di tipo primario o interstiziale se gli spazi vuoti (i pori) hanno avuto origine con il formarsi della roccia stessa ed e questo il caso dei cosiddetti *terreni sciolti* quali i limi, le sabbie o le ghiaie.

Nei terreni permeabili per porosità - come quelli interessati dai lavori di realizzazione del complesso sportivo polivalente - l'acqua si diffonde più o meno in modo uniforme nella massa di terreno, impregnandolo in maniera completa; è dunque evidente come la granulometria ed il grado di addensamento e consistenza condizionino l'attitudine a contenere ed a lasciarsi penetrare da un fluido. La permeabilità varia per questo, in relazione al grado di classazione.

Di seguito si riporta una tabella che mostra il grado di variazione del coefficiente di permeabilità K in funzione delle dimensioni dei granuli (da Castany, 1985). La permeabilità è rappresentata dal coefficiente K (cm/sec) che è stata definita come la quantità d'acqua che, sotto l'azione di un gradiente unitario ed alla temperatura di 20°, attraversa una sezione unitaria del terreno nell'unità di tempo.

K (m/s)		10 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11}				
Granulometria	omogenea	Ghiaia	Sabbia	Sabbia molto fine	Silt	Argilla
	varia	Ghiaia medio grossa / Ghiaia e sabbia	Sabbia , limo e argilla			
Gradi di permeabilità		Elevata		Bassa		Nulla
Tipi di formazioni		Permeabili		Semipermeabili		Imper.

La permeabilità di un acquifero di solito è superiore a 10^{-5} m/s. Una formazione geologica con una permeabilità inferiore a 10^{-9} m/s viene considerata impermeabile (acquicludo) perché anche quando è satura d'acqua non ne consente comunque il movimento.

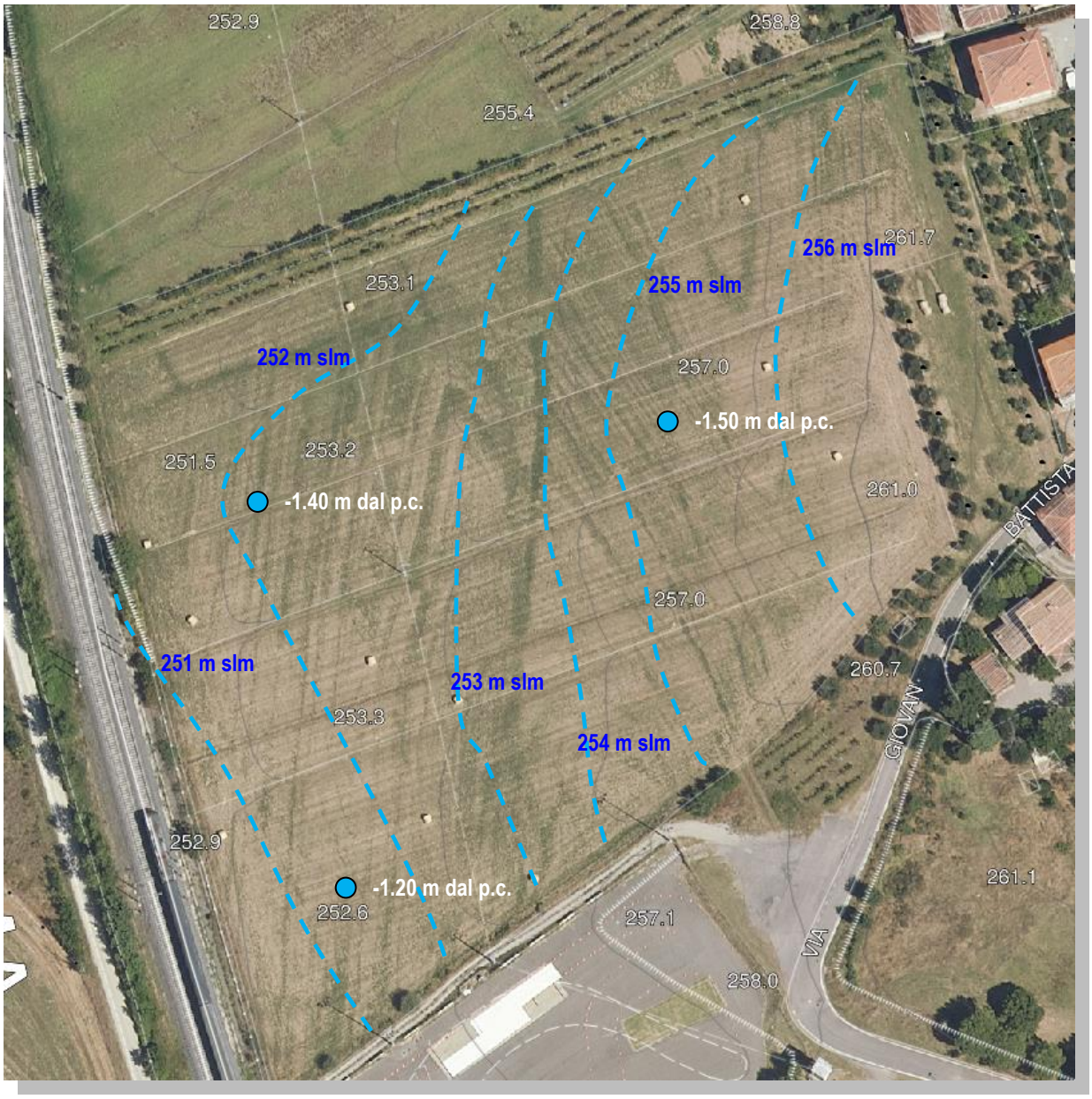
I terreni sopra descritti ed in particolare quelli su cui insisteranno le opere in oggetto, sono caratterizzati da una sostanziale variabilità in termini di permeabilità, medio-bassa

per i termini limoso argillosi, e decisamente bassa per il sottostante substrato pelitico-arenaceo.

La presenza di una coltre limoso-sabbiosa posta a contatto con il quasi impermeabile substrato lapideo giustifica la presenza di una falda corticale di scorrimento sul contatto tra coperture scolte e substrato.

L'esecuzione della campagna geognostica ha peraltro permesso l'installazione di un tubo micropiezometrico finalizzato al monitoraggio del più superficiale livello acquifero. E' stato riscontrato un livello freatico, impostato al contatto tra la successione limoso-sabbiosa di conoide ed il sottostante substrato lapideo (Arenarie del Cervarola Falterona), e caratterizzato da una risalita massima fino a 1,50 m dal p.c..

CARTA IDROGEOLOGICA E DELLE ISOPIEZOMETRICHE – scala 1:1.000



ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA'

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 23.03.2003 riclassificava da un punto di vista sismico l'intero territorio nazionale: in tale quadro il Comune di Castiglion Fiorentino ricadeva in Zona Sismica 2. Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Tuttavia, con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Categoria sismica di suolo

Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del sito in oggetto, è dapprima necessaria la definizione della categoria di suolo su cui andranno ad impostarsi le fondazioni. Dette informazioni vengono generalmente ricavate da indagini sismiche del sottosuolo (ad es. prove down-hole, indagini MASW, stendimenti di sismica a rifrazione in onde Sh). Nel caso specifico è stato condotto un esteso studio geofisico. In particolare, l'esecuzione di un'indagine sismica a rifrazione in onde P ed Sh e di un'indagine di tipo MASW permettono di attribuire al suolo di fondazione la **categoria sismica B – *depositi di terreni a grana grossa addensati o di terreni a grana fine consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 ed 800 m/sec.***

Dati sul sito – ED50

Latitudine: 43,312192

Longitudine: 11,923126

Dati sulla costruzione

Tipo di costruzione: tipo 2 – opere ordinarie

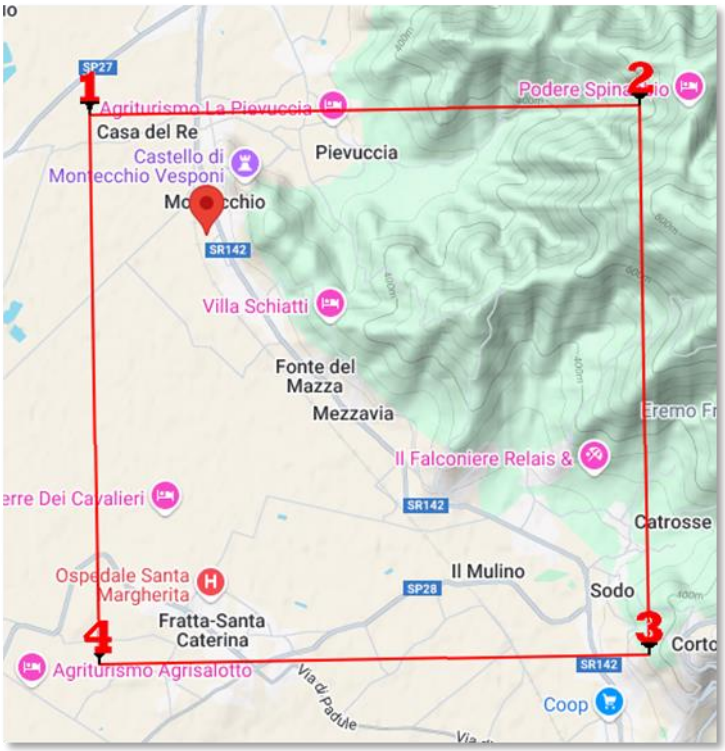
Vita nominale: Vn = ≥ 50 anni

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso: Cu = 1.5

Vita di riferimento: Vr = Vn x Cu = 50 x 1.5 = ≥ 75 anni

Punti impiegati sulla maglia di riferimento



Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,81 SLO

Periodo di ritorno: 45 anni

Valori finali calcolati:
ag = 0.063g
Fo = 2.535
Tc = 0.268 sec

Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,63 SLD

Periodo di ritorno: 75 anni

Valori finali calcolati:
ag = 0.076g
Fo = 2.532
Tc = 0.276 sec

Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,10 SLV

Periodo di ritorno: 712 anni

Valori finali calcolati:
ag = 0.176g
Fo = 2.459
Tc = 0.292 sec

Probabilità di superamento nella vita di riferimento – 0,05 SLC

Periodo di ritorno: 1462 anni

Valori finali calcolati:
ag = 0.218g
Fo = 2.470
Tc = 0.300 sec

Coefficiente di amplificazione topografica

L'area su cui insisterà l'opera di progetto si presenta ubicata in un versante caratterizzato localmente da pendenze assai modeste. Il sito in oggetto rientra pertanto tra quelli della **Categoria Topografica T1** – *aree pianeggianti e rilievi isolati con inclinazione media i < 15°*.

S_T = 1,0

Coefficiente di amplificazione S

Categoria di sottosuolo				B
Categoria topografica				T1
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	*1.20*	*1.20*	*1.20*	*1.19*
St	*1.00*	*1.00*	*1.00*	*1.00*
Cc	*1.43*	*1.42*	*1.41*	*1.40*

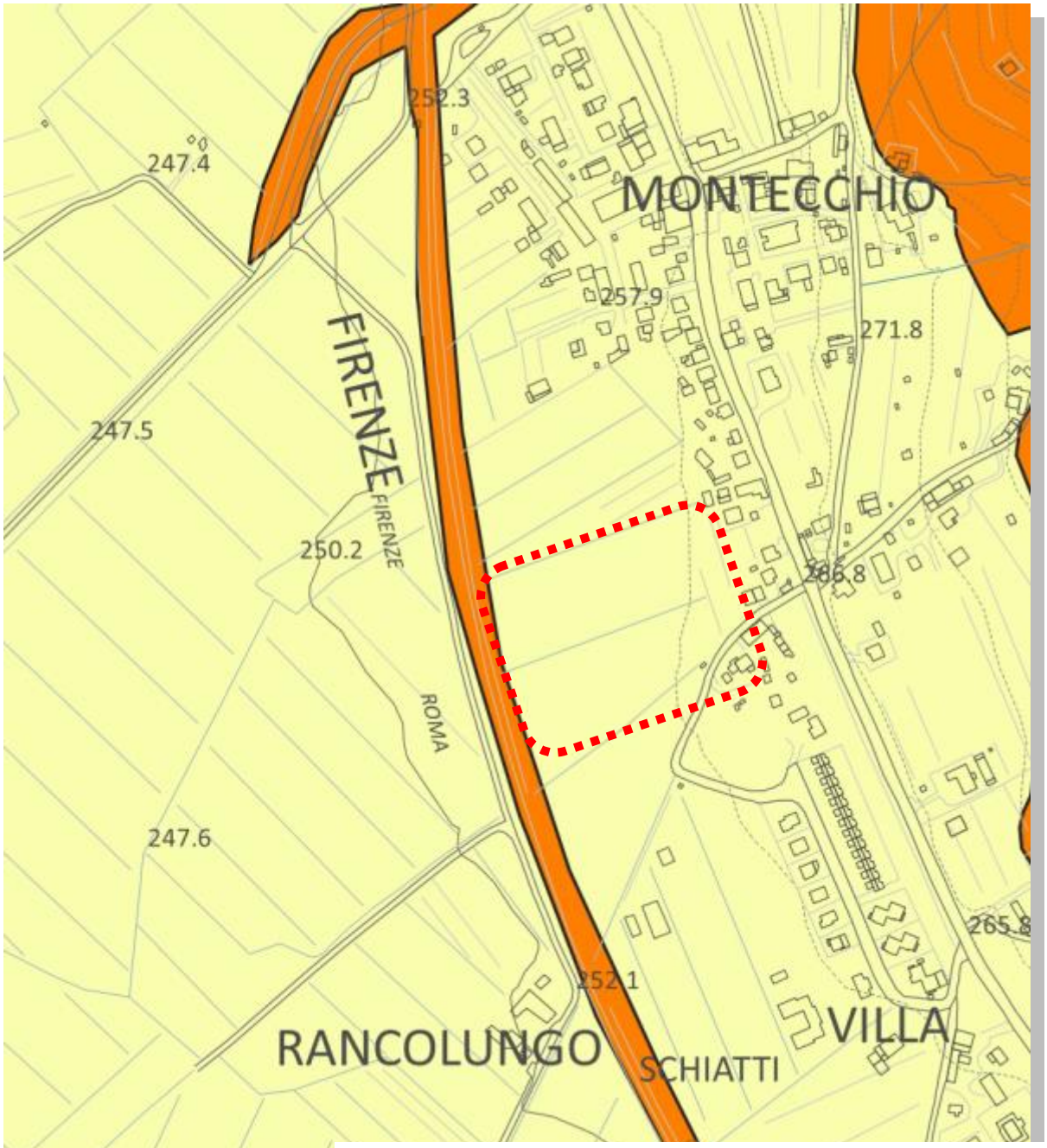
Coefficienti sismici risultanti – stabilità del pendio e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.018	0.051	0.072
kv	0.008	0.009	0.025	0.036
Amax [m/s²]	0.736	0.899	2.072	2.539
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Coefficienti sismici risultanti – muri di sostegno NTC2018 – fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	-	0.043	0.080	-
kv	-	0.022	0.040	-
Amax [m/s²]	0.736	0.899	2.072	2.539
Beta	-	0.470	0.380	-

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA da P.S.I. – scala 1:5.000



AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA

G.4 - Pericolosità geologica molto elevata
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo

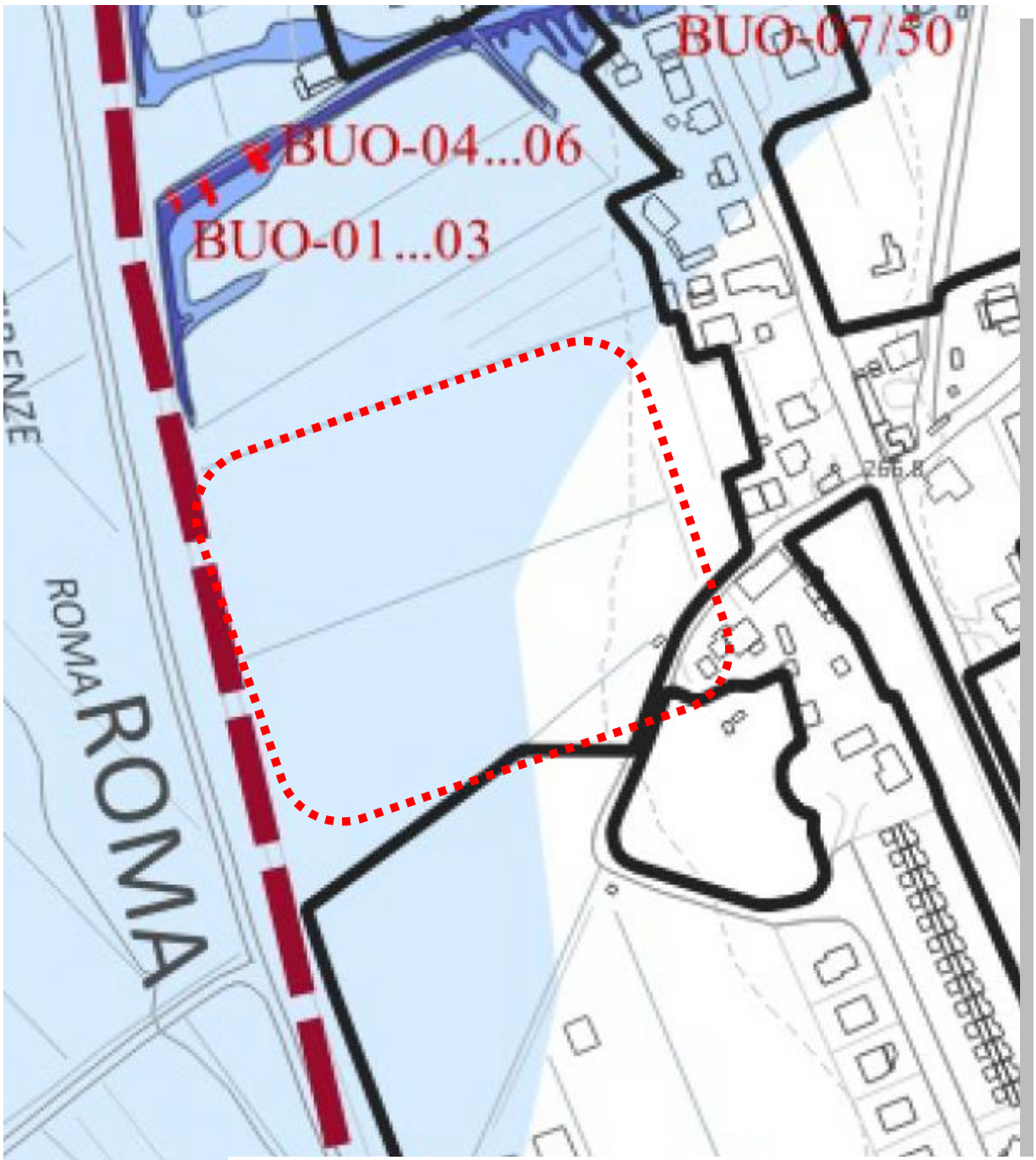
.

G.3 - Pericolosità geologica elevata
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di microdinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi

.

G.2 - Pericolosità geologica media
Aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti inferiori a 15 gradi

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI da P.S.I. – scala 1:2.000



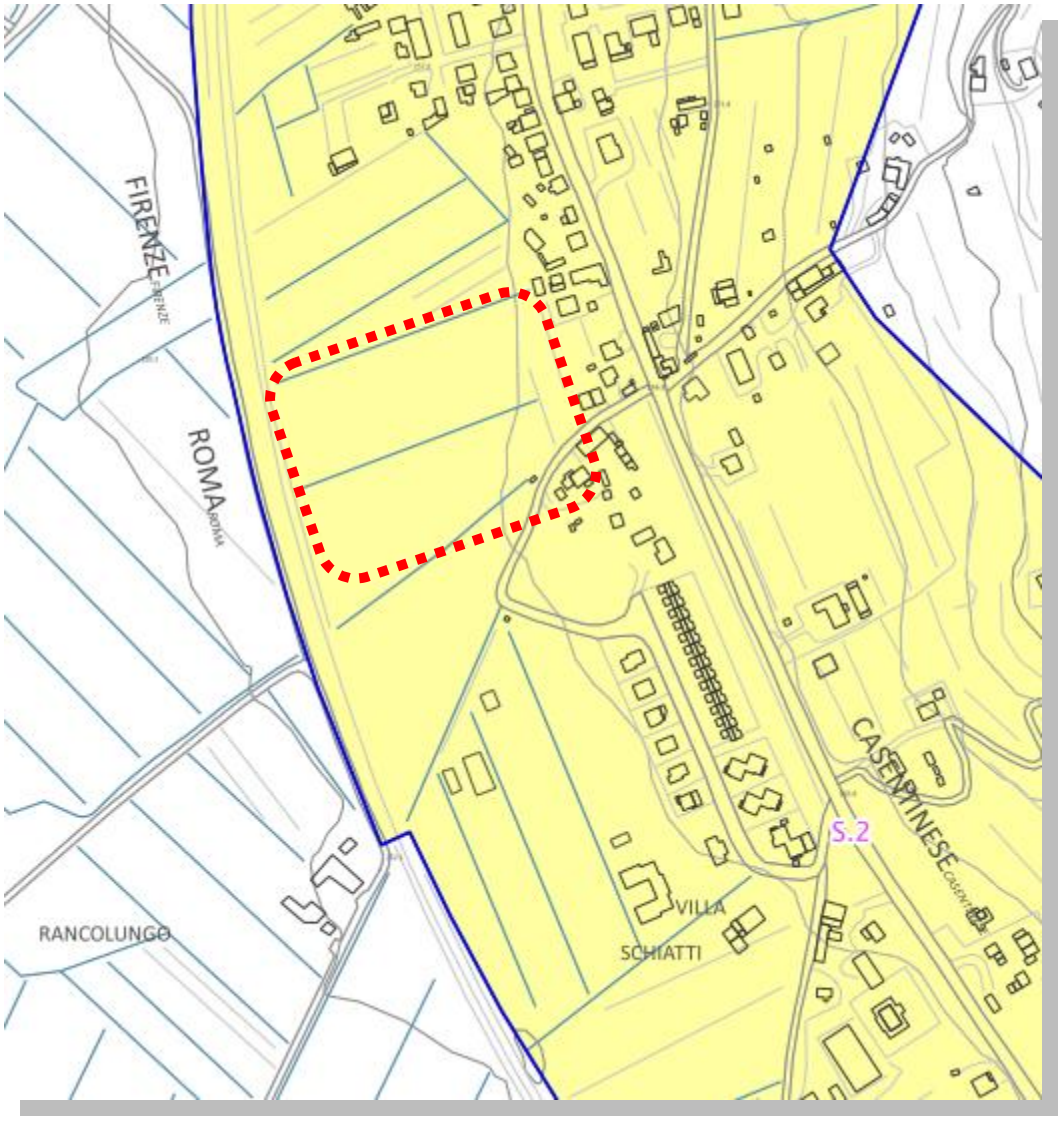
Aree a pericolosità d'alluvione - da modellazione

- P2 - aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (30 anni < Tr ≤ 200 anni)
- P3 - aree a pericolosità per alluvioni frequenti (Tr ≤ 30 anni)

Aree a pericolosità d'alluvione - da PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale o da dati storici

- P1 - aree a pericolosità per alluvioni rare o di estrema intensità (200 anni < Tr ≤ 500 anni)
- P2 - aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (30 anni < Tr ≤ 200 anni)
- P3 - aree a pericolosità per alluvioni frequenti (Tr ≤ 30 anni)

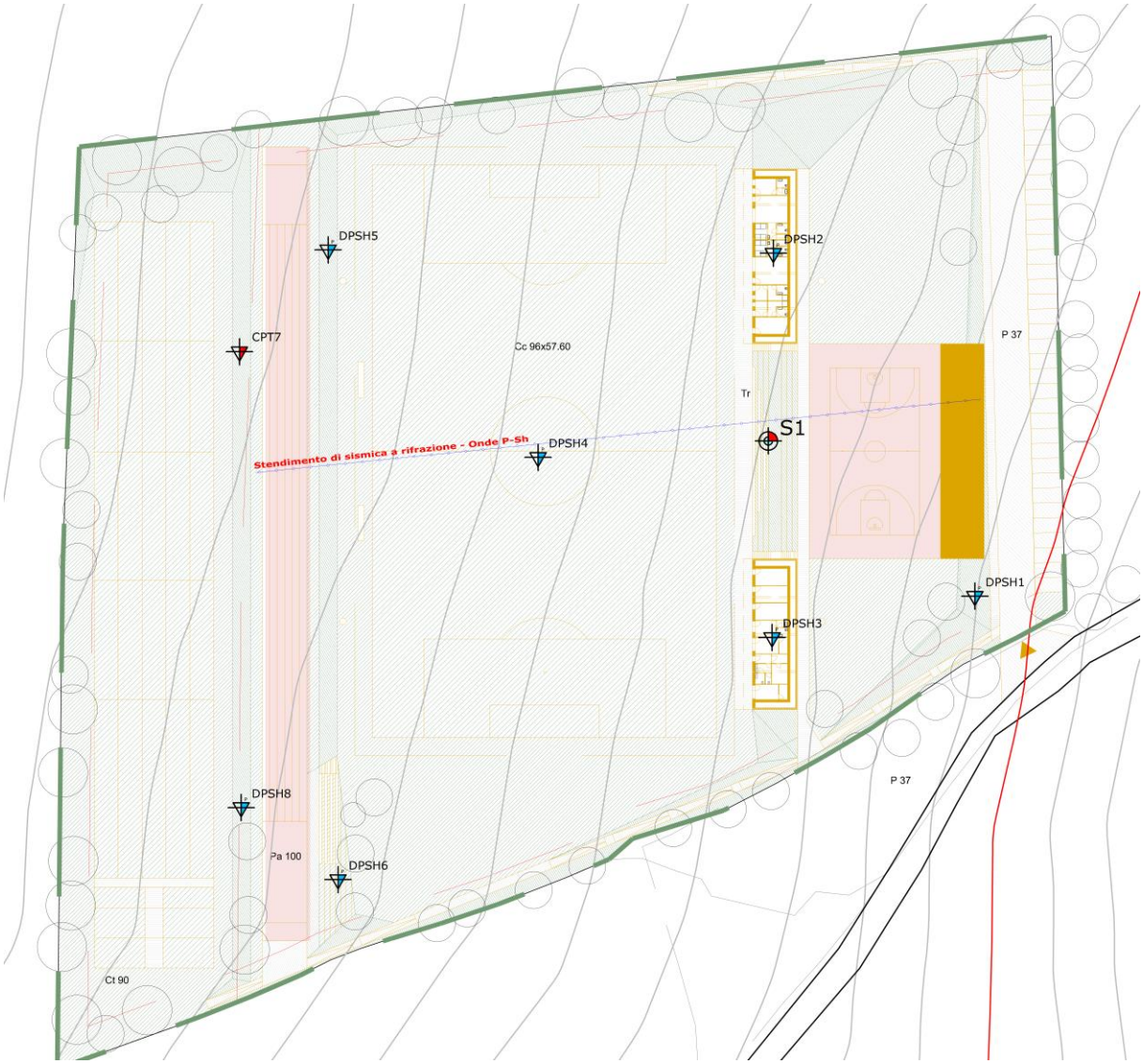
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE da P.S.I. – scala 1:5.000



S2 - Pericolosità sismica media
Rientrano in questa classe le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) ≤ 1.4

INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Al fine di poter disporre di tutti gli elementi utili alla progettazione delle strutture, si predisponeva un'indagine geognostica che è consistita nell'esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo che ha raggiunto la profondità di 12 m ed ha permesso il prelievo di un campione indisturbato avviato ad opportune prove di laboratorio, di n. 7 prove penetrometriche dinamiche DPSH, di n. 1 prova penetrometrica statica CPT e nell'esecuzione di n. 1 indagine sismica a rifrazione in onde P ed Sh.



DPSH1

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,40	TV	3
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	0,40 – 0,60	ArP	76

DPSH2

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,80	TV	2
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico	0,80 – 1,60	LAS	7
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	1,60 – 1,80	ArP	52

DPSH3

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,40	TV	2
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico	0,40 – 1,00	LAS	32
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	1,00 – 1,20	ArP	62

DPSH4

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,40	TV	8
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico	0,40 – 2,00	LAS	21
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	2,00 – 2,20	ArP	76

DPSH5

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,80	TV	2
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico	0,80 – 2,20	LAS	11-23
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	2,20 – 2,60	ArP	76

DPSH6

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,60	TV	2-3
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	0,60 – 1,00	ArP	52

DPSH8

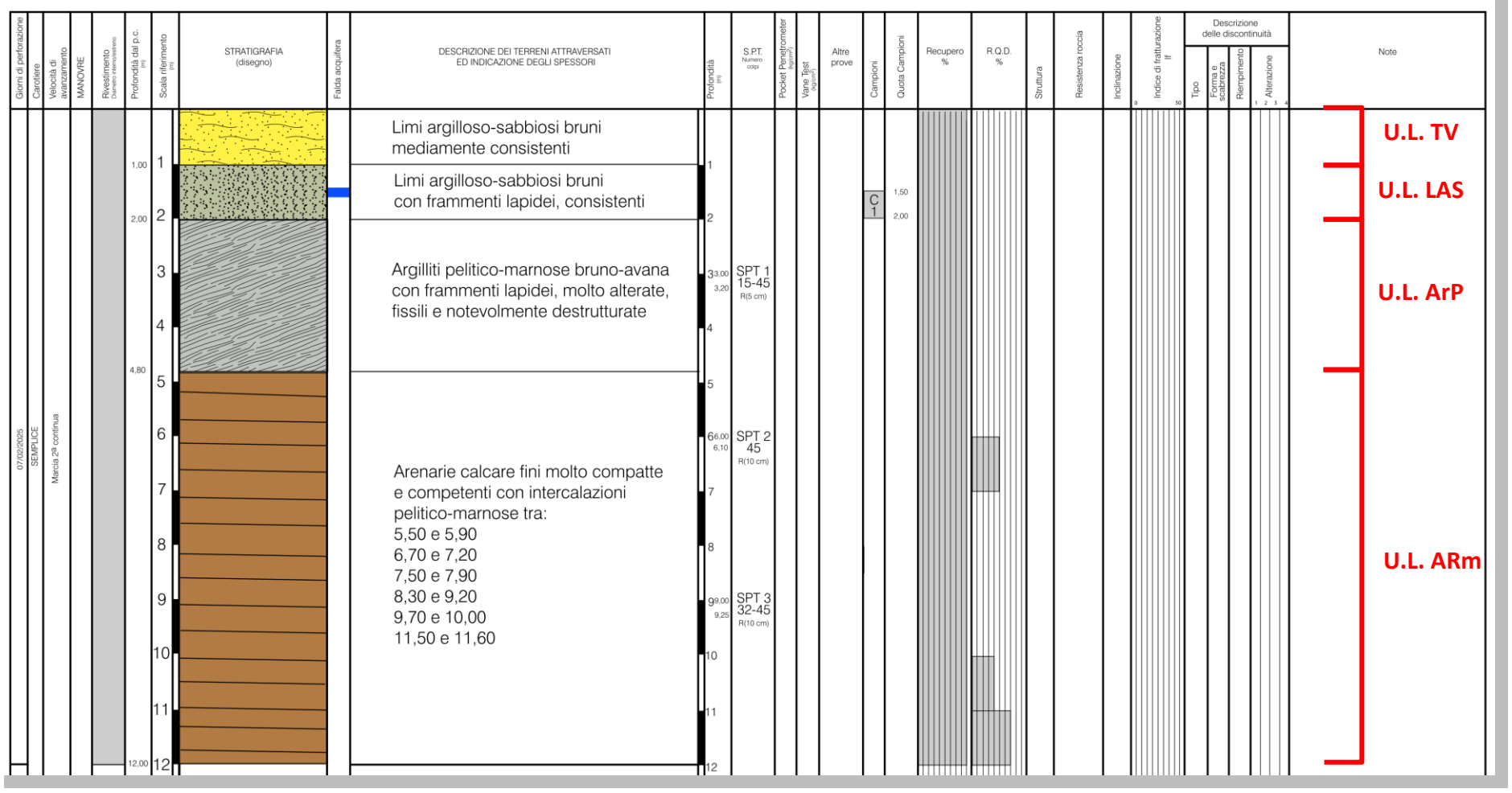
DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Nspt equivalente
Terreno vegetale	0,00 – 0,60	TV	2-3
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	0,60 – 1,00	ArP	52

CPT7

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	Cu Kg/cmq	φ (°)	γ' (t/mc)	Mo Kg/cmq
Terreno di riporto	0,00 – 0,40	TV	0,20	/	1,65	/
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico	0,40 – 1,20	LAS	1,90–2,20	30°-32°	1,85	117-171
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	1,20 – 1,40	ArP	/	41°	1,85	1209

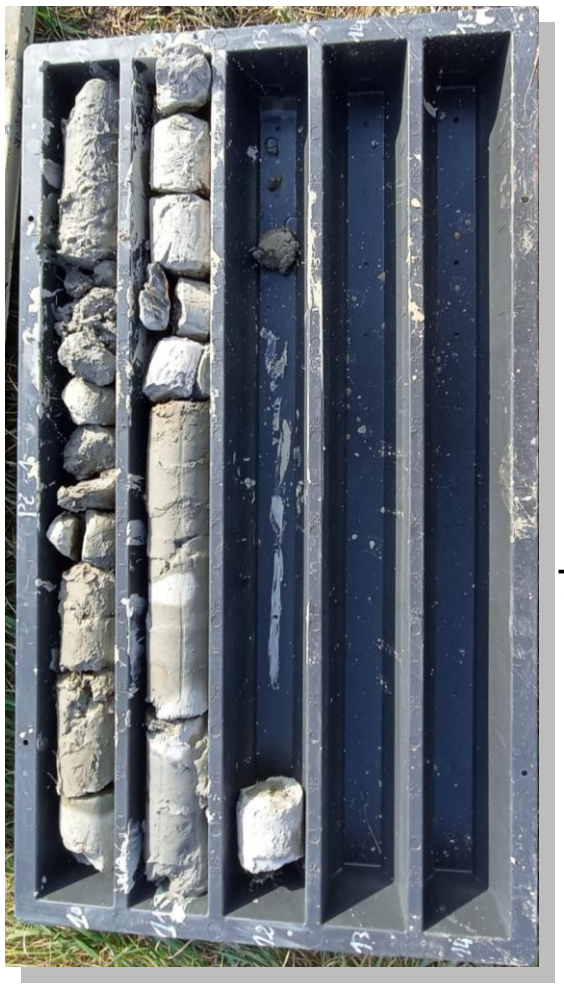
SONDAGGIO S1

CANTIERE: Realizzazione di complesso sportivo polivante in Loc. Montecchio	SONDAGGIO N: S1	GEOLOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO: DOTT. GEOL. LORENZO SEDDA	SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE: TECNA SRL
QUOTA ASS. P.C.: 257 m s.l.m. — COORDINATE: 1737107 - 4799654	TIPO DI SONDA: Beretta T41 (marca, modello, coppia motrice)	TIPO DI FLUIDO: perforazione ad acqua	STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA': TUBO PIEZOMETRICO
DATA INIZIO/FINE: inizio: 07/02/2025 fine: 07/02/2025	METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO CONTINUO FINO A 12 m	CASSE CATALOGATRICI N.: 3	PROFONDITA' RAGGIUNTA: 12,00 m



da 0 a -5 m dal p.c.

da -5 a -10 m dal p.c.



da -10 a -12 m dal p.c.

La caratterizzazione attraverso i risultati delle prove SPT eseguite in foro, prevede prioritariamente la definizione del valore medio di Nspt equivalente per le Unità Litotecniche ArP ed ARm, (ovvero quelle indagate con le SPT).

Descrizione	U. L.	Prof.	SPT	Nspt equivalente
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	ArP	3,00 – 3,20	15/45 R(5 cm)	"60"
Arenarie fini marnose	ARm	6,00 – 6,10	45 R(10 cm)	"90"
		9,00 – 9,25	32/45 R(10 cm)	"77"

I valori di Nspt equivalente sono stati poi sottoposti alla correzione imposta dalla profondità della misura: detta correzione tiene infatti conto del naturale carico litostatico alla profondità alla quale si esegue la specifica misura.

$$\text{Nspt corretto} = \text{Nspt} \times (\text{Patm} / \sigma_v')^{0,5}$$

Descrizione	U. L.	Prof.	Nspt equivalente	Nspt equivalente corretto
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	ArP	3,00 – 3,20	"60"	75,6
Arenarie fini marnose	ARm	6,00 – 6,10	"90"	82,9
		9,00 – 9,25	"77"	58,6

Le correlazioni di Terzaghi & Peck permettono di ricavare dall'N_{SPT} l'angolo di attrito e, pur con qualche cautela, il modulo edometrico; questi si ricavano dalla formula di Shioi-Fukuni 1982:

$$\varphi = 15 + \sqrt{(N_{SPT\ corretto} \times 15)}$$

$$Mo = N_{SPTcorretto} \times 6$$

Descrizione	U. L.	$N_{SPTcorretto}$	φ	Mo
Argilliti e peliti alterate e destrutturate	ArP	75,6	48,7°	360 Kg/cmq
Arenarie fini marnose	ARm	82,9	50,3°	540 Kg/cmq
		58,6	44,7°	462 Kg/cmq

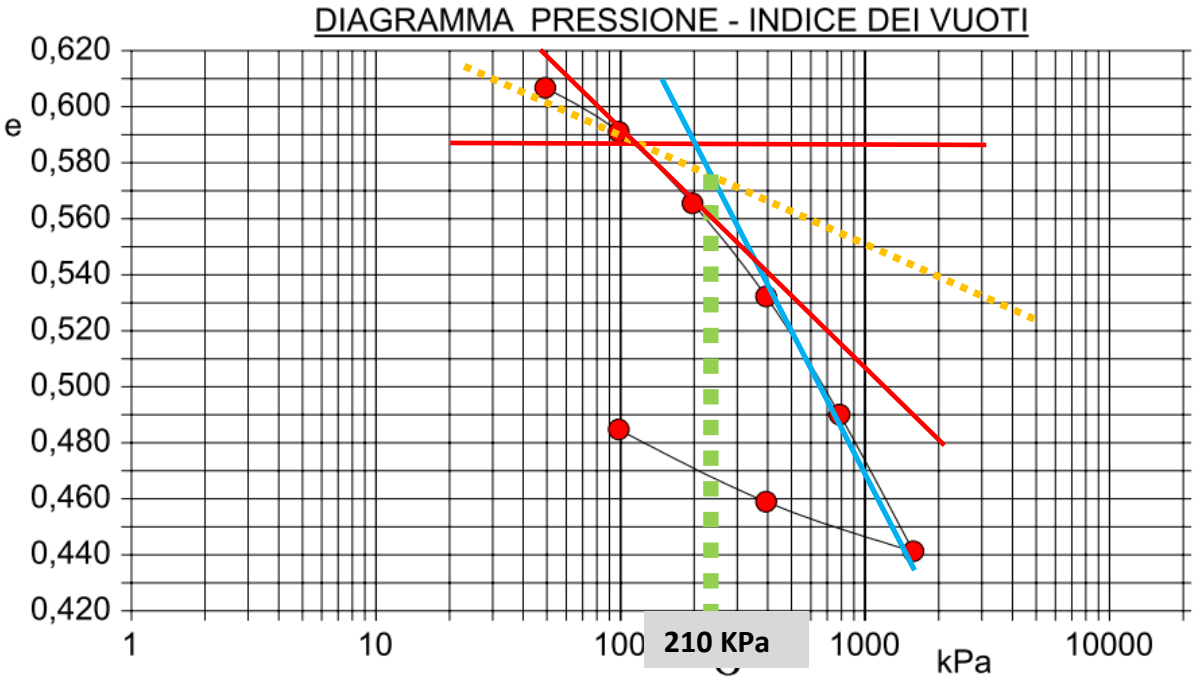
A carico dell'Unità Litotecnica LAS è stato inoltre prelevato un campione indisturbato, avviato alle opportune prove di laboratorio, di cui di seguito si riporta una sintesi dei dati maggiormente rilevanti ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni.

PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO - CAMPIONE C1 – U.L. LAS

Prova Edometrica

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,2	2,9	0,607				
98,4	27,2	0,591	0,009	5062	0,001228	2,38E-08
196,8	67,0	0,565	0,013	6181	0,001749	2,77E-08
393,6	118,6	0,532	0,014	9535	0,001592	1,64E-08
787,2	184,2	0,490	0,016	15000	0,001206	7,89E-09
1574,4	260,1	0,441	0,017	25929	0,000809	3,06E-09
393,6	232,5	0,459				
98,4	192,4	0,485				

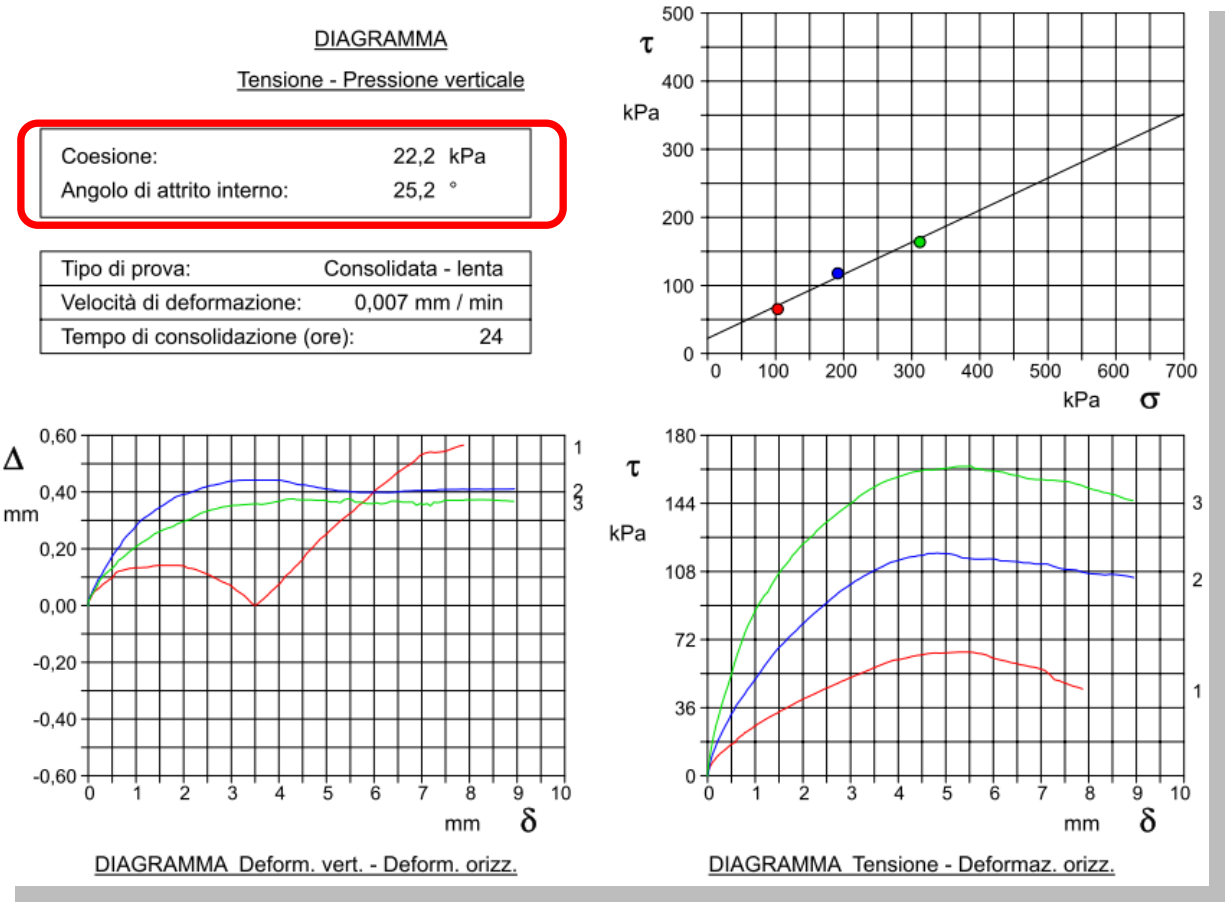
Importanti considerazioni sul comportamento deformativo di un terreno si possono ricavare dalla conoscenza della pressione di preconsolidazione. Si ricava graficamente mediante il metodo di Casagrande dalla curva *σ-e* della prova di compressione edometrica. Si individua il punto di massima curvatura e si traccia la bisettrice (linea gialla tratteggiata) tra l'orizzontale e la tangente a detto punto (rette rosse); il punto di intersezione della bisettrice con il prolungamento verso l'alto della parte retta della curva e-logσ (retta azzurra) indica la pressione di preconsolidazione σ'_p.



Se ne ricava pertanto una pressione di preconsolidazione pari a 210 KPa. Se le tensioni verticali applicate sul terreno (Unità Litotecnica LAS) fossero mantenute inferiori alla

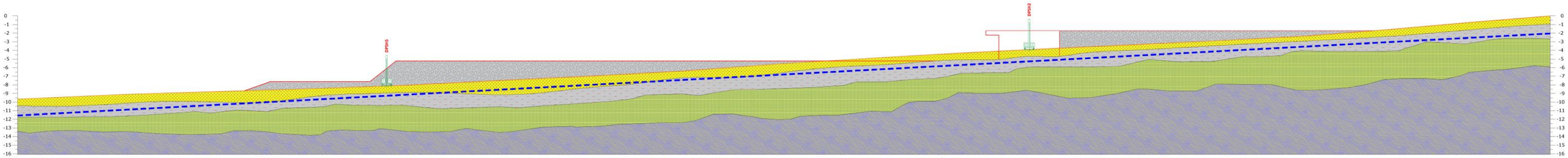
pressione di preconsolidazione il comportamento del terreno potrebbe considerarsi elastico non lineare.

Prova di Taglio diretto



MODELLO GEOLOGICO – SEZIONI GEOLOGICHE E LITOTECNICHE

SEZIONE A - A



Terreno di riporto - Unità Litotecnica R

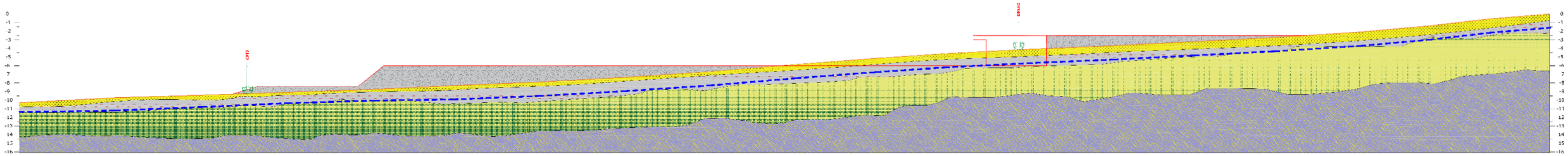
Terreno vegetale - Unità Litotecnica TV

Limi argilloso-sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico - Unità Litotecnica LAS

Argilliti e peliti alterate e destrutturate - Unità Litotecnica ArP

Arenarie fini marnose - Unità Litotecnica ARm

SEZIONE B - B



Terreno di riporto - Unità Litotecnica R

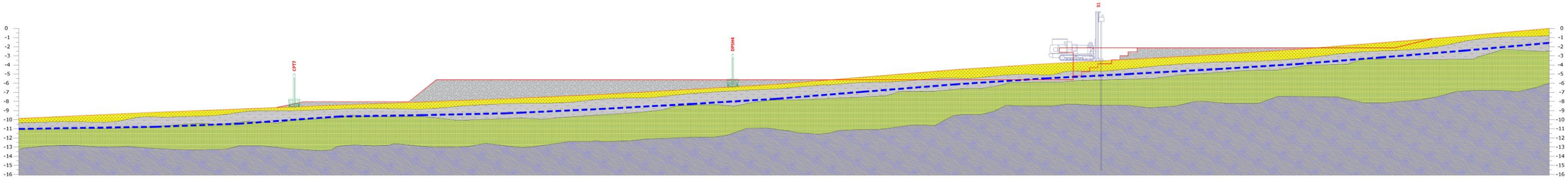
Terreno vegetale - Unità Litotecnica TV

Limi argilloso-sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico - Unità Litotecnica LAS

Argilliti e peliti alterate e destrutturate - Unità Litotecnica ArP

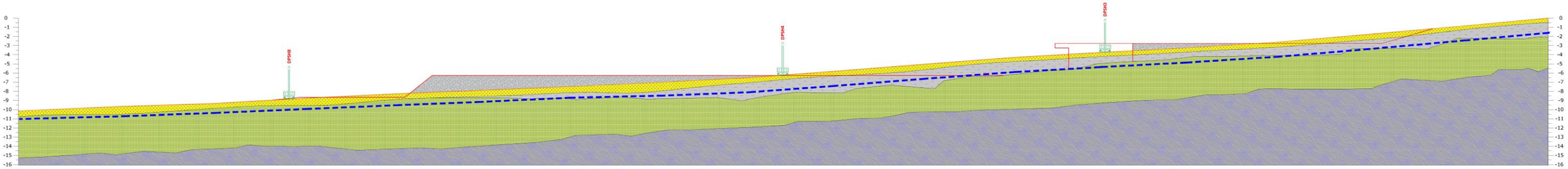
Arenarie fini marnose - Unità Litotecnica ARm

SEZIONE C - C



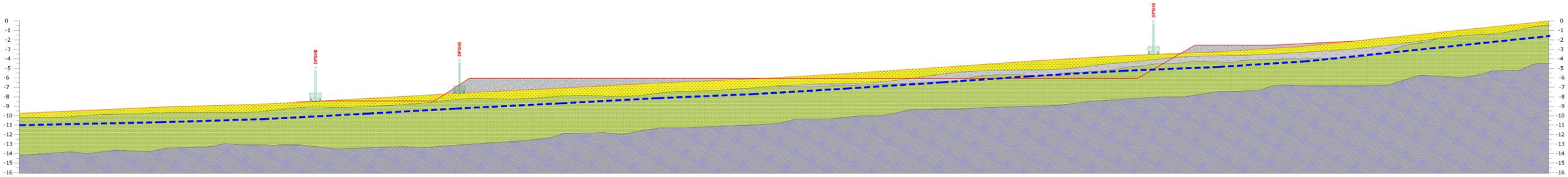
- Terreno di riporto - Unità Litotecnica R
- Terreno vegetale - Unità Litotecnica TV
- Limi argilloso-sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico - Unità Litotecnica LAS
- Argilliti e peliti alterate e destrutturate - Unità Litotecnica ArP
- Arenarie fini marnose - Unità Litotecnica ARm

SEZIONE D - D



- Terreno di riporto - Unità Litotecnica R
- Terreno vegetale - Unità Litotecnica TV
- Limi argilloso-sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico - Unità Litotecnica LAS
- Argilliti e peliti alterate e destrutturate - Unità Litotecnica ArP
- Arenarie fini marnose - Unità Litotecnica ARm

SEZIONE E - E



Terreno di riporto - Unità Litotecnica R

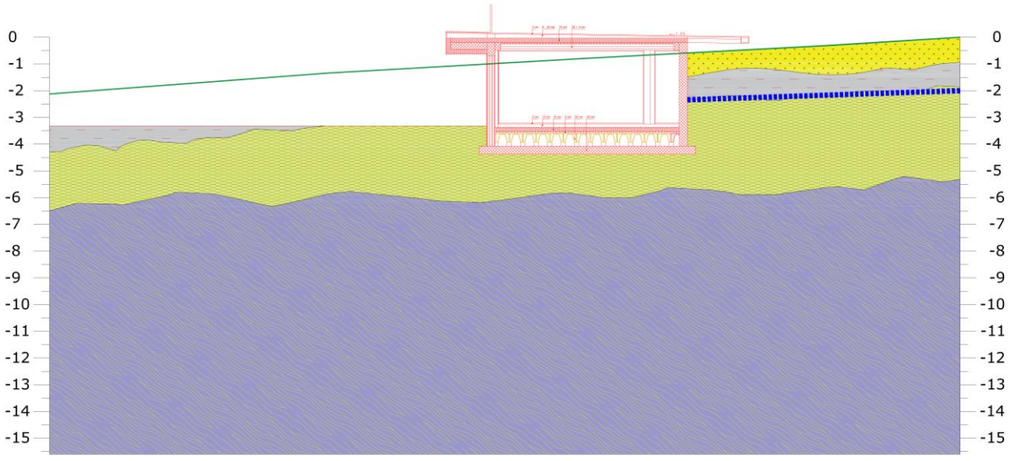
Terreno vegetale - Unità Litotecnica TV

Limi argilloso-sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico - Unità Litotecnica LAS

Argilliti e peliti alterate e destrutturate - Unità Litotecnica ArP

Arenarie fini marnose - Unità Litotecnica ARm

PARTICOLARE – ZONA SPOGLIATOI



Terreno vegetale - Unità Litotecnica TV

Limi argilloso-sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico - Unità Litotecnica LAS

Argilliti e peliti alterate e destrutturate - Unità Litotecnica ArP

Arenarie fini marnose - Unità Litotecnica ARm

MODELLO GEOTECNICO

La quota "zero" deve intendersi quella del piano campagna attuale; dalle sezioni si evince come il piano fondale dei locali destinati a spogliatoi insista a circa 3,60 m dal p.c..

Si propongono conseguentemente i seguenti **parametri caratteristici**.

Unità Litotecnica	φ_K	c'_K	Cu_K	Mo_K	E_K	γ_K	Falda
Terreno vegetale U.L. TV 0.00 – 1.00 m dal p.c.	21,6°	0	18 KPa	2500 KPa	1300 KPa	16,5 KN/mc	Scorrimenti sub-corticali a -1,50 m dal p.c.
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico U.L. LAS 1.00 – 2.00 m dal p.c.	25,2°	20 KPa	86 KPa	7500 KPa	4800 KPa	17,5 KN/mc	
Argilliti e peliti alterate e destrutturate U.L. ArP 2.00 – 5.00 m dal p.c.	33,4°	20 KPa	120 KPa	65000 KPa	47500 KPa	19,0 KN/mc	
Arenarie fini marnose U.L. ARm 5.00 – 12.00 m dal p.c.	41,0°	/	240 KPa	80000 KPa	52000 KPa	21,0 KN/mc	

Terreno di fondazione

Al terreno di riporto che caratterizzerà i rimodellamenti morfologici di progetto vengono attribuiti parametri geotecnici intermedi tra quelli dell'Unità Litotecnica TV (terreno vegetale) e quelli dell'Unità Litotecnica dei Limi argilloso-sabbiosi (LAS); configurandosi come terreno rimaneggiato e pertanto rotto geotecnicamente, i parametri verranno ridotti di 2/3. Ne consegue che:

Unità Litotecnica	φ_K	c'_K	Cu_K	Mo_K	E_K	γ_K
Terreno di riporto U.L. R	19,1°	6 KPa	35 KPa	-	-	17,0 KN/mc

VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo verrà presentata la parametrizzazione del terreno per le opportune verifiche geotecniche nei confronti degli **STATI LIMITE ULTIMI** (carico limite e stabilità globale del fronte di scavo massimo) e degli **STATI LIMITE DI ESERCIZIO** (valutazione dei cedimenti). Per la verifica al carico limite ed ai cedimenti saranno utilizzati i valori dei coefficienti parziali che fanno riferimento all'***Approccio 2 (A1+M1+R3),*** mentre per la verifica di stabilità in condizioni sismiche del fronte di scavo massimo saranno utilizzati i parametri caratteristici impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale γ_r = 1,2. Per la verifica di stabilità dell'intero pendio allo stato di progetto saranno utilizzati i valori dei coefficienti parziali che fanno riferimento all'***Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2).***

Tabella 6.2.I delle N.T.C.

Carichi	Coefficiente parziale	A1	A2
permanenti	γ_{G1}	1,3	1,0

Tabella 6.2.II delle N.T.C.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	M1	M2
Angolo di attrito	$tg\varphi_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Coesione non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.4.I delle N.T.C.

Verifica	Coefficiente parziale R1	Coefficiente parziale R2	Coefficiente parziale R3
Capacità portante	γ_R **= 1,0**	γ_R **= 1,8**	γ_R **= 2,3**
Scorrimento Stabilità globale	γ_R **= 1,0**	γ_R **= 1,1**	γ_R **= 1,1**

PARAMETRI DI PROGETTO – approccio 2

Applicando i coefficienti parziali di riduzione corrispondenti all' Approccio 2 (A1+M1+R3), si ottengono i seguenti parametri geotecnici di progetto:

Unità Litotecnica	φ_p	c'_p	Cu_p	Mo_p	E_p	γ_p	Falda
Terreno vegetale U.L. TV 0.00 – 1.00 m dal p.c.	21,6°	0	18 KPa	2500 KPa	1300 KPa	16,5 KN/mc	Scorrimenti sub-corticali a -1,50 m dal p.c.
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico U.L. LAS 1.00 – 2.00 m dal p.c.	25,2°	20 KPa	86 KPa	7500 KPa	4800 KPa	17,5 KN/mc	
Argilliti e peliti alterate e destrutturate U.L. ArP 2.00 – 5.00 m dal p.c.	33,4°	20 KPa	120 KPa	65000 KPa	47500 KPa	19,0 KN/mc	
Arenarie fini marnose U.L. ARm 5.00 – 12.00 m dal p.c.	41,0°	/	240 KPa	80000 KPa	52000 KPa	21,0 KN/mc	

Unità Litotecnica	φ_p	c'_p	Cu_p	Mo_p	E_p	γ_p
Terreno di riporto U.L. R	19,1°	6 KPa	35 KPa	-	-	17,0 KN/mc

PARAMETRI DI PROGETTO – approccio 1 combinazione 2

Applicando i coefficienti parziali di riduzione corrispondenti all' Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), si ottengono i seguenti parametri geotecnici di progetto:

Unità Litotecnica	φ_p	c'_p	Cu_p	Mo_p	E_p	γ_p	Falda
Terreno vegetale U.L. TV 0.00 – 1.00 m dal p.c.	17,6°	0	12 KPa	2500 KPa	1300 KPa	16,5 KN/mc	Scorrimenti sub-corticali a -1,50 m dal p.c.
Limi argilloso sabbiosi con pezzame arenaceo e pelitico U.L. LAS 1.00 – 2.00 m dal p.c.	20,6°	16 KPa	61 KPa	7500 KPa	4800 KPa	17,5 KN/mc	
Argilliti e peliti alterate e destrutturate U.L. ArP 2.00 – 5.00 m dal p.c.	27,8°	16 KPa	85 KPa	65000 KPa	47500 KPa	19,0 KN/mc	
Arenarie fini marnose U.L. ARm 5.00 – 12.00 m dal p.c.	34,8°	/	171 KPa	80000 KPa	52000 KPa	21,0 KN/mc	

Unità Litotecnica	φ_p	c'_p	Cu_p	Mo_p	E_p	γ_p
Terreno di riporto U.L. R	15,5°	4,8 KPa	25 KPa	-	-	17,0 KN/mc

VERIFICA DI STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO MASSIMO

PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO

PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m)

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	10.00	20.59	13.93	20.18	13.21	0.00	8.52
18.32	10.00	28.23	14.37	28.23	13.44	28.23	9.05
19.53	12.08	28.23	13.44	28.23	12.52	-	-
19.59	12.19	20.18	13.21	19.59	12.19	-	-
20.18	13.21	20.59	13.93	20.18	13.21	-	-
20.59	13.93	-	-	-	-	-	-
28.23	14.37	-	-	-	-	-	-

SUP FALDA

X	Y
0.00	11.88
28.23	12.38

GESTIONE ACQUIFERI

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: ATTIVATA fino a progressiva X(m): 28.23Con **Effetto memoria nella pressione dei pori : NON ATTIVATO**

EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione
puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.
Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.
La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze
destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m^3): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
Coefficiente K 0.000800
Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
Coefficiente di soprapressione oltre pressione hidrostatica1.00
Limitazione dissipazionea a Pressione Idrostatica = ATTIVA
STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE
CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

PARAMETRI GEOMECCANICI

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat
U.L. ArP	0.00	0.00	120.00	18.00	19.00
U.L. TV	0.00	0.00	18.00	15.50	16.50
U.L. LAS	0.00	0.00	86.00	16.50	17.50
U.L. ARm	0.00	0.00	240.00	20.00	21.00

LEGENDA: fi`_____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat __ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

NOTA BENE:
FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI

INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 1.1 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 0.56 25.97
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 3.26
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 3.39 27.67
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000
*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0800
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0400
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

RISULTATO FINALE ELABORAZIONI

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

X(m) Y(m) #Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)= 5.7810 #Lambda= 1.2500

X(m)	Y(m)
18.335	10.026
18.596	9.793
18.727	9.676
18.924	9.502
19.065	9.409
19.305	9.265
19.633	9.253
20.015	9.392
20.203	9.485
20.418	9.675
20.567	9.742
20.800	9.864
21.062	10.123
21.297	10.316
21.435	10.423
21.656	10.580
21.816	10.713
22.170	10.877
22.295	10.978
22.636	11.110
22.869	11.106
23.018	11.185
23.188	11.331
23.188	14.080

X(m) Y(m) #Superficie N. 2 #Fattore di sicurezza(FS)= 5.9048 #Lambda= 1.1235

X(m)	Y(m)
18.079	10.000
18.360	9.721
18.518	9.588
18.861	9.292
19.047	9.277
19.494	9.432
19.849	9.669
20.134	9.822

20.325 9.923
20.707 10.171
20.959 10.358
21.102 10.461
21.433 10.736
21.669 10.876
21.950 11.132
22.101 11.270
22.261 11.417
22.261 14.026

X(m) Y(m) #Superficie N. 3 #Fattore di sicurezza(FS)= 5.9507 #Lambda= 1.2500
18.119 10.000
18.965 9.455
19.560 9.420
20.109 9.602
20.506 9.734
21.220 10.250
21.594 10.491
22.109 10.904
22.605 11.319
22.605 14.046

X(m) Y(m) #Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.0279 #Lambda= 1.2500
18.452 10.227
18.729 9.955
19.086 9.708
19.368 9.496
19.632 9.480
19.932 9.585
20.253 9.729
20.442 9.897
20.786 10.212
21.133 10.536
21.429 10.810
21.772 11.022
22.016 11.200
22.323 11.390
22.323 14.030

X(m) Y(m) #Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.0556 #Lambda= 1.2500
18.155 10.000
18.402 9.801
19.139 9.365
19.680 9.312
19.986 9.418
20.430 9.587
20.765 9.884
21.225 10.185
21.778 10.557
22.391 11.042
22.866 11.430
23.033 11.503
23.033 14.071

X(m) Y(m) #Superficie N. 6 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.1194 #Lambda= 1.1023
18.126 10.000
18.561 9.602
18.966 9.363
19.260 9.348
19.693 9.455
20.007 9.606

20.419 9.850
20.911 10.152
21.274 10.372
21.428 10.518
21.879 10.888
22.204 11.173
22.352 11.247
22.352 14.031

X(m) Y(m) #Superficie N. 7 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.1406 #Lambda= 1.2500
18.388 10.116
18.605 9.953
18.787 9.825
19.102 9.699
19.275 9.639
19.620 9.623
19.858 9.744
20.157 9.920
20.385 10.005
20.623 10.199
20.749 10.292
20.990 10.459
21.247 10.613
21.490 10.762
21.702 10.898
21.837 10.965
22.078 11.101
22.300 11.227
22.569 11.263
22.697 11.318
22.697 14.051

X(m) Y(m) #Superficie N. 8 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.1978 #Lambda= 1.2500
18.270 10.000
18.722 9.550
19.002 9.417
19.808 9.369
20.353 9.553
20.636 9.749
21.184 10.208
21.702 10.509
22.220 10.992
22.532 11.151
22.691 11.266
22.691 14.051

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.2009 #Lambda= 1.2500
18.170 10.000
18.321 9.852
18.605 9.648
18.846 9.579
18.996 9.577
19.140 9.645
19.434 9.710
19.741 9.937
20.054 10.127
20.316 10.284
20.449 10.393
20.679 10.516
20.850 10.675
20.948 10.773
21.111 10.867
21.220 10.951

21.446	11.093
21.711	11.297
22.003	11.548
22.232	11.755
22.232	14.025

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di sicurezza(FS)= 6.2282 #Lambda= 1.2500

18.293	10.000
18.496	9.829
18.951	9.674
19.255	9.661
19.755	9.866
20.062	9.989
20.485	10.319
20.825	10.577
21.217	10.924
21.616	11.141
21.923	11.363
22.286	11.617
22.456	11.738
22.456	14.037

ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	5.781	656.9	113.6	520.6	Surplus
2	5.905	635.2	107.6	506.1	Surplus
3	5.951	639.1	107.4	510.2	Surplus
4	6.028	553.1	91.8	443.0	Surplus
5	6.056	722.9	119.4	579.7	Surplus
6	6.119	640.5	104.7	514.9	Surplus
7	6.141	571.6	93.1	459.9	Surplus
8	6.198	668.9	107.9	539.4	Surplus
9	6.201	609.6	98.3	491.7	Surplus
10	6.228	621.5	99.8	501.8	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 443.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

---

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
18.335	0.170	-41.89	0.75	0.00	0.00	0.00	120.00
18.506	0.090	-41.89	1.01	0.00	0.00	0.00	120.00
18.596	0.130	-41.71	2.20	0.00	0.00	0.00	120.00
18.727	0.170	-41.40	4.19	0.00	0.00	0.00	120.00
18.897	0.027	-41.40	0.80	0.00	0.00	0.00	120.00
18.924	0.140	-33.46	4.73	0.00	0.00	0.00	120.00
19.065	0.170	-30.97	6.96	0.00	0.00	0.00	120.00
19.235	0.070	-30.97	3.26	0.00	0.00	0.00	120.00
19.305	0.170	-2.06	8.68	0.00	0.00	0.00	120.00
19.476	0.054	-2.06	2.98	0.00	0.00	0.00	120.00
19.530	0.060	-2.06	3.41	0.00	0.00	0.00	120.00
19.590	0.043	-2.06	2.49	0.00	0.00	0.00	120.00
19.633	0.170	19.93	10.44	0.00	0.00	0.00	120.00

19.803	0.082	19.93	5.26	0.00	0.00	0.00	120.00
19.885	0.130	19.93	8.66	0.00	0.00	0.00	120.00
20.015	0.165	26.48	11.47	0.00	0.00	0.00	120.00
20.180	0.023	26.48	1.65	0.00	0.00	0.00	120.00
20.203	0.170	41.33	12.37	0.00	0.00	0.00	120.00
20.373	0.012	41.33	0.85	0.00	0.00	0.00	120.00
20.385	0.033	41.33	2.45	0.00	0.00	0.00	120.00
20.418	0.148	24.55	11.20	0.00	0.00	0.00	120.00
20.567	0.023	27.59	1.81	0.00	0.00	0.00	120.00
20.590	0.170	27.59	13.05	0.00	0.00	0.00	120.00
20.760	0.039	27.59	2.98	0.00	0.00	0.00	120.00
20.800	0.170	44.69	12.58	0.00	0.00	0.00	120.00
20.970	0.092	44.69	6.54	0.00	0.00	0.00	120.00
21.062	0.170	39.35	11.80	0.00	0.00	0.00	120.00
21.232	0.065	39.35	4.37	0.00	0.00	0.00	120.00
21.297	0.138	37.63	9.12	0.00	0.00	0.00	120.00
21.435	0.170	35.31	10.89	0.00	0.00	0.00	120.00
21.605	0.051	35.31	3.20	0.00	0.00	0.00	120.00
21.656	0.160	39.75	9.75	0.00	0.00	0.00	120.00
21.816	0.170	24.94	10.05	0.00	0.00	0.00	120.00
21.987	0.170	24.94	9.82	0.00	0.00	0.00	120.00
22.157	0.013	24.94	0.73	0.00	0.00	0.00	120.00
22.170	0.125	38.86	6.99	0.00	0.00	0.00	120.00
22.295	0.170	21.18	9.27	0.00	0.00	0.00	120.00
22.465	0.170	21.18	9.06	0.00	0.00	0.00	120.00
22.636	0.170	-0.88	9.00	0.00	0.00	0.00	120.00
22.806	0.063	-0.88	3.32	0.00	0.00	0.00	120.00
22.869	0.149	27.80	7.79	0.00	0.00	0.00	120.00
23.018	0.170	40.70	8.56	0.00	0.00	0.00	120.00

LEGENDA SIMBOLI
X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

---

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	FS_qFEM (--)	FS_p-qPATH (--)
18.335	0.000	10.026	-0.034	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	5.0896099891E+001	0.193	7.767	9.107
18.506	0.146	10.020	-0.034	1.0023838493E+001	-3.5543768353E-001	6.6769945926E+001	0.193	7.857	9.117
18.596	0.225	10.018	-0.024	1.6441846430E+001	-1.3881276051E+000	5.8083736604E+001	0.211	8.793	9.579
18.727	0.338	10.014	-0.010	2.1592222640E+001	-6.4940239642E+000	3.4419203345E+001	0.282	13.287	10.619
18.897	0.489	10.015	0.007	2.6333220101E+001	-1.3268914903E+001	1.5689176888E+001	0.400	18.786	11.311
18.924	0.514	10.016	0.086	2.6705557684E+001	-1.4382107097E+001	1.4048461541E+001	0.419	19.396	11.283
19.065	0.620	10.029	0.180	2.8887405338E+001	-2.1706617695E+001	1.7269075445E+001	0.502	21.072	10.391
19.235	0.765	10.072	0.316	3.2187822545E+001	-3.1773720581E+001	2.5553725179E+001	0.512	19.198	8.500
19.305	0.840	10.105	0.423	3.4162805800E+001	-3.3037451508E+001	2.4636882471E+001	0.449	17.664	7.720
19.476	0.915	10.174	0.407	3.6928289880E+001	-2.6529265985E+001	6.9111136943E+000	0.342	14.869	6.772
19.530	0.940	10.197	0.472	3.7142374357E+001	-2.1419723146E+001	1.0266708084E+000	0.320	14.090	6.585
19.590	0.973	10.228	0.502	3.7011566497E+001	-1.2995115503E+001	-5.4253268675E+000	0.298	12.898	6.332
19.633	0.995	10.248	0.610	3.6683237287E+001	-5.4187011097E+000	-1.1737268006E+001	0.293	12.179	6.199
19.803	1.043	10.358	0.789	3.1942904849E+001	1.8978088044E+001	-3.7208430152E+001	0.311	8.541	5.563
19.885	1.103	10.447	1.004	2.8516013039E+001	2.9093086272E+001	-3.7063260376E+001	0.338	6.463	5.137
20.015	1.179	10.571	1.044	2.4652754910E+001	3.1307062953E+001	-2.4234045095E+001	0.378	4.659	4.663
20.180	1.281	10.755	1.081	2.1790254378E+001	2.6816330014E+001	-1.2243702102E+001	0.368	3.818	4.294
20.203	1.289	10.774	0.895	2.1524144433E+001	2.6453178926E+001	-1.1793114101E+001	0.365	3.775	4.271
20.373	1.293	10.928	0.892	1.9176834844E+001	2.3918349038E+001	-1.0781896310E+001	0.342	3.625	4.165
20.385	1.291	10.936	0.646	1.9054847402E+001	2.3794042973E+001	-1.0493166557E+001	0.341	3.623	4.162
20.418	1.282	10.957	0.754	1.8714992614E+001	2.3455506300E+001	-1.0660957886E+001	0.337	3.621	4.158
20.567	1.331	11.073	0.742	1.6857050553E+001	2.1375587816E+001	-8.5461464328E+000	0.313	3.623	4.149
20.590	1.330	11.085	0.652	1.6671597536E+001	2.1141417906E+001	-8.4657914768E+000	0.310	3.625	4.150

20.760	1.356	11.199	0.641	1.4551783936E+001	1.8295268973E+001	-1.0706845969E+001	0.275	3.658	4.215
20.800	1.355	11.219	0.601	1.4145548241E+001	1.7760029242E+001	-1.0892399102E+001	0.269	3.665	4.235
20.970	1.293	11.326	0.605	1.1857479217E+001	1.4940119358E+001	-1.2122148307E+001	0.236	3.723	4.381
21.062	1.254	11.377	0.587	1.0811780840E+001	1.3715796312E+001	-1.1351813977E+001	0.223	3.767	4.468
21.232	1.216	11.479	0.584	8.8991610127E+000	1.1316433246E+001	-1.0061060151E+001	0.202	3.881	4.644
21.297	1.198	11.515	0.565	8.2769192131E+000	1.0500339438E+001	-9.7017766759E+000	0.198	3.934	4.708
21.435	1.171	11.594	0.537	6.9126730883E+000	8.6637126286E+000	-9.5926590648E+000	0.193	4.091	4.869
21.605	1.137	11.680	0.499	5.3384502836E+000	6.7321500085E+000	-8.8675700051E+000	0.193	4.317	5.042
21.656	1.125	11.704	0.455	4.8903211888E+000	6.1924959010E+000	-8.6534748626E+000	0.193	4.393	5.091
21.816	1.064	11.776	0.491	3.5575306796E+000	4.6525023920E+000	-8.1430063880E+000	0.193	4.652	5.232
21.987	1.075	11.867	0.421	2.2047549479E+000	2.8080377074E+000	-5.5798248214E+000	0.193	5.023	5.457
22.157	1.049	11.920	0.310	1.6561746022E+000	2.0209957826E+000	-2.1633177344E+000	0.193	5.282	5.574
22.170	1.046	11.923	0.279	1.6294825789E+000	1.9767509971E+000	-2.0136830627E+000	0.193	5.314	5.582
22.295	0.980	11.958	0.313	1.4633416747E+000	1.6709491912E+000	-1.4339443739E+000	0.193	5.804	5.643
22.465	0.972	12.016	0.319	1.1944095085E+000	9.7366941643E-001	-2.1437264956E+000	0.193	8.385	5.826
22.636	0.957	12.067	0.211	7.3383596586E-001	9.5343210585E-002	-2.4388522271E+000	0.193	12.831	6.199
22.806	0.980	12.088	0.110	3.6424948226E-001	-7.7457211186E-002	-1.7495738249E+000	0.193	14.704	6.501
22.869	0.986	12.092	0.203	2.6416741114E-001	-6.3848884049E-002	-1.5783227676E+000	0.193	13.452	6.564
23.018	0.946	12.131	0.203	3.5063087216E-002	4.6757529312E-003	-9.1707715325E-001	0.193	7.667	10.709

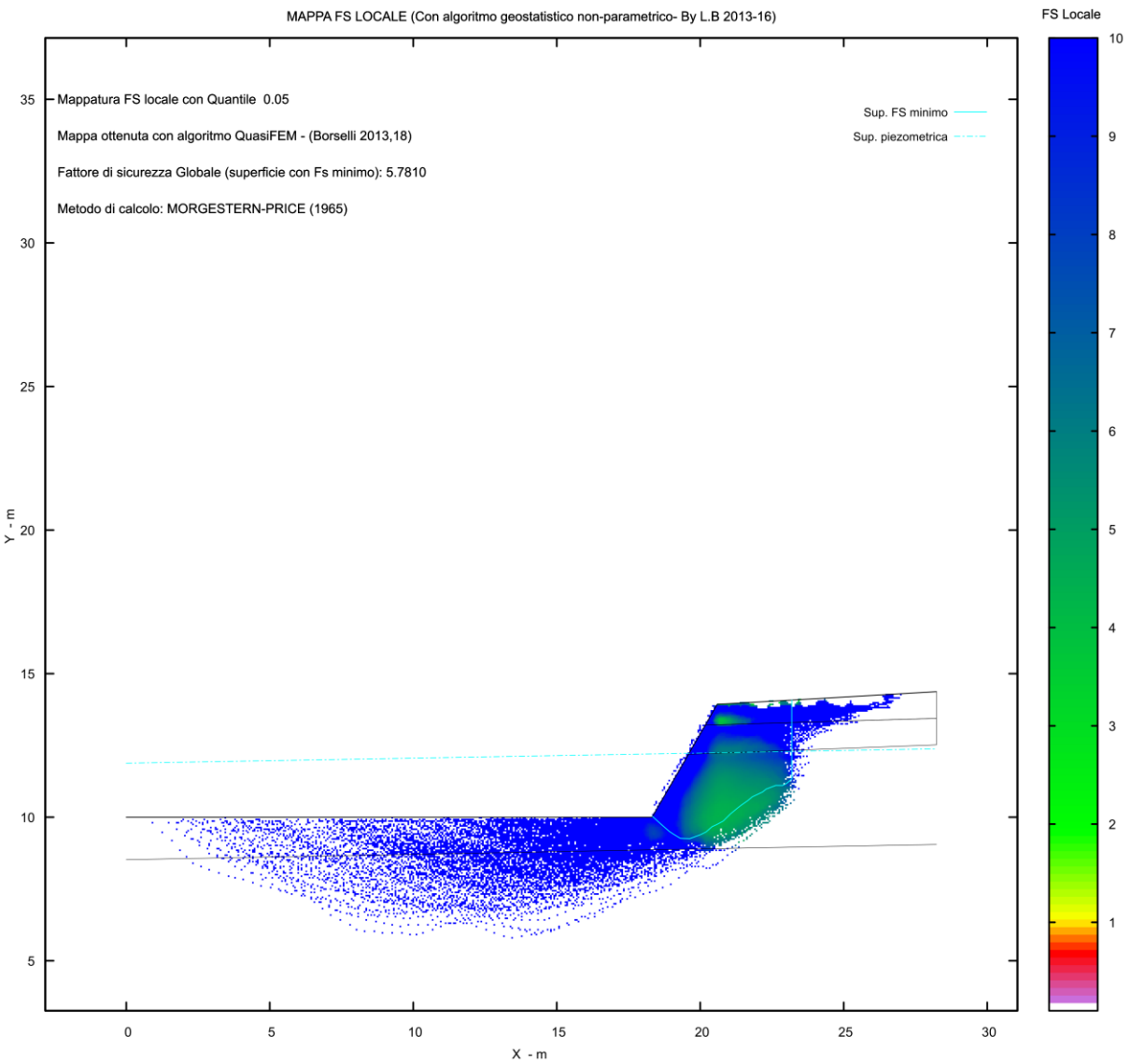
LEGENDA SIMBOLI
X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di thrust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_p-qPATH(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by p-qPATH Procedure
---

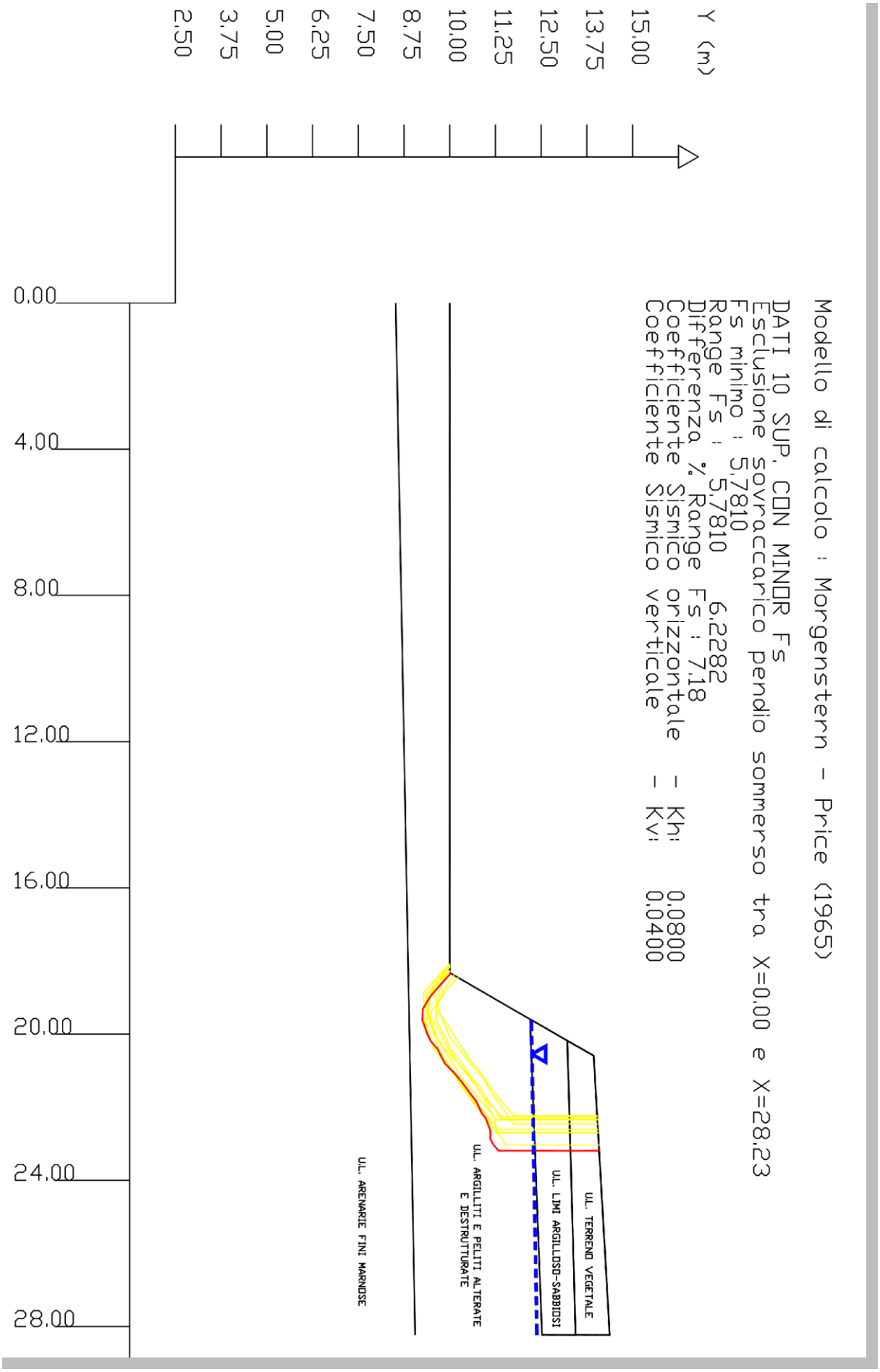
TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
18.335	0.170	0.229	-41.894	-1.994	-0.456	113.842	26.057
18.506	0.090	0.121	-41.894	-5.045	-0.613	86.289	10.481
18.596	0.130	0.175	-41.714	-7.617	-1.332	4.592	0.803
18.727	0.170	0.227	-41.399	-11.091	-2.519	2.871	0.652
18.897	0.027	0.036	-41.399	-13.379	-0.483	0.000	0.000
18.924	0.140	0.168	-33.458	-13.608	-2.291	0.000	0.000
19.065	0.170	0.199	-30.966	-15.626	-3.105	0.000	0.000
19.235	0.070	0.082	-30.966	-17.734	-1.453	72.888	5.974
19.305	0.170	0.170	-2.064	2.237	0.381	128.164	21.851
19.476	0.054	0.054	-2.064	2.408	0.131	140.071	7.626
19.530	0.060	0.060	-2.064	2.498	0.150	150.010	9.006
19.590	0.043	0.043	-2.064	2.577	0.110	158.097	6.724
19.633	0.170	0.181	19.931	23.963	4.343	0.000	0.000
19.803	0.082	0.087	19.931	25.078	2.190	0.000	0.000
19.885	0.130	0.139	19.931	26.016	3.605	87.658	12.146
20.015	0.165	0.184	26.479	32.246	5.935	184.603	33.974
20.180	0.023	0.026	26.479	33.105	0.854	157.270	4.057
20.203	0.170	0.227	41.330	39.291	8.915	163.810	37.167
20.373	0.012	0.015	41.330	39.834	0.612	151.745	2.330
20.385	0.033	0.044	41.330	39.968	1.765	150.053	6.628
20.418	0.148	0.163	24.553	33.532	5.471	151.454	24.712
20.567	0.023	0.026	27.589	36.514	0.965	144.372	3.815
20.590	0.170	0.192	27.589	36.240	6.967	160.715	30.895
20.760	0.039	0.044	27.589	35.779	1.591	153.094	6.809
20.800	0.170	0.240	44.688	39.901	9.562	169.137	40.534
20.970	0.092	0.129	44.688	38.590	4.971	159.694	20.569
21.062	0.170	0.220	39.346	37.277	8.213	161.000	35.471
21.232	0.065	0.084	39.346	36.318	3.038	156.728	13.110
21.297	0.138	0.174	37.630	35.235	6.144	158.187	27.583
21.435	0.170	0.209	35.309	33.561	7.007	151.752	31.684

21.605	0.051	0.063	35.309	32.808	2.058	149.532	9.378
21.656	0.160	0.208	39.751	32.839	6.831	148.111	30.809
21.816	0.170	0.188	24.939	26.443	4.968	144.578	27.166
21.987	0.170	0.188	24.939	25.820	4.852	130.488	24.518
22.157	0.013	0.014	24.939	25.486	0.360	127.842	1.806
22.170	0.125	0.161	38.857	30.016	4.823	127.090	20.421
22.295	0.170	0.183	21.183	22.110	4.040	128.188	23.423
22.465	0.170	0.182	21.183	21.652	3.949	130.332	23.773
22.636	0.170	0.170	-0.884	3.410	0.581	119.907	20.432
22.806	0.063	0.063	-0.884	3.420	0.215	120.020	7.532
22.869	0.149	0.168	27.797	24.858	4.184	118.873	20.009
23.018	0.170	0.225	40.701	27.159	6.104	120.081	26.986

LEGENDA SIMBOLI
X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio




Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs
Esclusione sovraccarico pendio sommerso tra X=0.00 e X=28.23
Fs minimo : 5.7810
Range Fs : 5.7810 6.2282
Differenza % Range Fs : 7.18
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0800
Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0400
U.L. TERRENO VEGETALE
U.L. LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI
U.L. ARGILLITI E PELITI ALTERATE E DESTRUTTURATE
U.L. ARENARIE FINI MARNOSE
Y (m)
15.00
13.75
12.50
11.25
10.00
8.75
7.50
6.25
5.00
3.75
2.50
0.00
4.00
8.00
12.00
16.00
20.00
24.00
28.00

VERIFICA DI STABILITA' STATO DI PROGETTO – RIMODELLAMENTI MORFOLOGICI

PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO
PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m)

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	10.00	120.66	17.92	26.27	10.95	0.00	10.00
26.27	10.95	120.96	17.92	29.27	12.02	26.27	10.95
29.27	12.02	120.96	15.92	40.81	12.02	48.39	11.77
40.81	12.02	120.96	14.98	43.82	14.42	93.63	14.42
43.82	14.42	120.96	13.72	93.63	14.42	105.83	14.42
93.63	14.42	120.96	13.62	48.39	11.77	78.26	12.50
105.83	14.42	122.96	13.62	26.27	10.95	59.63	10.62
120.66	14.42	122.96	13.32	-	-	39.68	10.60
120.66	17.92	119.16	13.32	-	-	28.60	9.62
120.96	17.92	119.16	13.62	-	-	20.68	9.70
157.02	17.92	120.66	13.62	-	-	0.00	9.22
177.49	19.64	120.66	14.42	-	-	0.00	10.00
-	-	120.66	17.92	-	-	-	-

SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	9.22	120.96	17.92	120.96	15.92	120.96	14.98
20.68	9.70	157.02	17.92	157.02	17.92	177.49	18.71
28.60	9.62	120.96	15.92	177.49	19.64	177.49	17.00
39.68	10.60	120.96	17.92	177.49	18.71	120.96	13.72
59.63	10.62	-	-	120.96	14.98	120.96	14.98
78.26	12.50	-	-	120.96	15.92	-	-
105.83	14.42	-	-	-	-	-	-
120.66	14.42	-	-	-	-	-	-
120.66	13.62	-	-	-	-	-	-
119.16	13.62	-	-	-	-	-	-
115.78	13.54	-	-	-	-	-	-
100.64	12.00	-	-	-	-	-	-
55.72	9.10	-	-	-	-	-	-
0.00	7.91	-	-	-	-	-	-
0.00	9.22	-	-	-	-	-	-

SUP 9		SUP 10		SUP 11		SUP 12	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	6.28	-	-	-	-	-	-
92.84	8.09	-	-	-	-	-	-
145.27	11.66	-	-	-	-	-	-
177.49	13.73	-	-	-	-	-	-

SUP FALDA	
X	Y
0.00	8.09
73.57	12.03
177.49	17.60

GESTIONE ACQUIFERI
Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:
Esclusione sovraccarico pendio sommerso: ATTIVATA fino a progressiva X(m): 177.49Con Effetto memoria nella pressione dei pori : NON ATTIVATO
EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO
In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione
puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.
Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.
La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze

destabilizzanti agenti.
Peso unitario fluido (kN/m^3): 9.81
Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:
Coefficiente A 0
Coefficiente K 0.000800
Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
Coefficiente di soprapressione oltre pressione hidrostatica1.00
Limitazione dissipazionea a Pressione Idrostatica = ATTIVA
STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

PARAMETRI GEOMECCANICI

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat
U.L. ArP	27.80	16.00	0.00	18.00	19.00
MURO A RETTA	50.00	500.00	0.00	22.00	22.00
U.L. R	15.50	4.80	0.00	16.00	17.00
U.L. TV	17.60	0.00	0.00	15.50	16.50
U.L. LAS	20.60	16.00	0.00	16.50	17.50
U.L. ARm	34.80	0.00	0.00	20.00	21.00

LEGENDA: fi`_____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat __ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI

SOVRACCARICHI PRESENTI
Nota Bene:
##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

TABELLA SOVRACCARICHI IN SUPERFICIE

N.	X1 (m)	X2 (m)	SX1 (kPa)	SX2 (kPa)	Alpha (°)	WsH1 (kN/m)	WsH2 (kN/m)	WsV1 (kN/m)	WsV2 (kN/m)
1	113.0000	120.5000	70.00	70.00	90.00	0.00	0.00	70.00	70.00

LEGENDA SIMBOLI
N. : NUMERO SOVRACCARICO
X1(m) : Posizione carico da X1
X2(m) : a X2
SX1(kPa) : Carico in X1 (Kpa)
SX2(kPa) : Carico in X2 (Kpa)
Alpha(°) : Inclinazione carico (gradi):
Componenti distribuzione forza unitaria applicata:
WsH1,WsH2(kN/m) : forza unitaria Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) : da X1 a X2 (vedasi cap.2 manuale)
WsV1,WsV2(kN/m) : forza unitaria Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) : da X1 a X2 (vedasi Cap.2 manuale
---

INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM
*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 7.1 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 3.55 35.00
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 21.30 173.94
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000
*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0800
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0400
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

RISULTATO FINALE ELABORAZIONI

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

X(m) Y(m) #Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)= 1.2393 #Lambda= 1.2500
34.656 12.020
36.599 11.108
39.484 10.680
42.981 10.609
46.095 12.127
48.373 13.363
49.154 13.783
49.154 14.420

X(m) Y(m) #Superficie N. 2 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.2765 #Lambda= 1.0125
25.233 10.912
26.247 10.317
27.312 9.902
28.494 10.212
30.234 10.970
30.966 11.302
30.966 12.020

X(m) Y(m) #Superficie N. 3 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.2948 #Lambda= 1.2500
34.692 12.020
37.631 10.760
39.607 10.801
43.404 10.716
47.404 12.822
49.414 13.771
49.414 14.420

X(m) Y(m) #Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3126 #Lambda= 1.2500
34.319 12.020
35.999 10.946
39.866 10.732
42.559 11.531
44.955 12.759
46.274 13.826
46.274 14.420

X(m) Y(m) #Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3129 #Lambda= 1.2500
25.341 10.916
26.801 10.090

28.668 10.043
30.209 10.738
31.243 10.919
32.011 11.309
32.011 12.020

X(m) Y(m) #Superficie N. 6 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3136 #Lambda= 1.2500
24.830 10.898
26.276 10.442
28.222 10.384
30.077 11.322
30.077 12.020

X(m) Y(m) #Superficie N. 7 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3279 #Lambda= 1.2500
22.837 10.826
24.971 10.715
26.444 10.294
27.786 10.253
29.061 10.660
30.213 11.281
30.213 12.020

X(m) Y(m) #Superficie N. 8 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3339 #Lambda= 1.2500
23.351 10.844
25.326 10.352
27.113 9.910
28.308 9.889
30.840 11.181
31.190 11.335
31.190 12.020

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3384 #Lambda= 0.5024
23.939 10.866
26.341 10.282
28.989 10.886
29.663 11.354
29.663 12.020

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3539 #Lambda= 0.4910
25.860 10.935
27.154 10.533
28.450 10.697
29.460 11.321
29.460 12.020

ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA
DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *
Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.100

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	**1.239**	144.4	116.5	16.2	Surplus
2	**1.277**	32.9	25.8	4.6	Surplus
3	**1.295**	147.5	113.9	22.2	Surplus
4	**1.313**	99.3	75.7	16.1	Surplus
5	**1.313**	37.1	28.3	6.0	Surplus
6	**1.314**	22.4	17.1	3.6	Surplus
7	**1.328**	26.6	20.0	4.6	Surplus
8	**1.334**	39.3	29.5	6.9	Surplus
9	**1.338**	20.7	15.5	3.7	Surplus
10	**1.354**	15.2	11.2	2.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 2.9
Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento
IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

---

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
34.656	0.255	-25.14	0.25	0.00	0.00	15.50	4.80
34.911	0.255	-25.14	0.76	0.00	0.00	15.50	4.80
35.166	0.255	-25.14	1.27	0.00	0.00	15.50	4.80
35.420	0.255	-25.14	1.77	0.00	0.00	15.50	4.80
35.675	0.255	-25.14	2.28	0.00	0.00	15.50	4.80
35.929	0.226	-25.14	2.45	0.00	0.00	15.50	4.80
36.155	0.255	-25.14	3.22	0.00	0.00	17.60	0.00
36.410	0.189	-25.14	2.71	0.00	0.00	17.60	0.00
36.599	0.255	-8.44	3.91	0.00	0.00	17.60	0.00
36.853	0.255	-8.44	4.06	0.00	0.00	17.60	0.00
37.108	0.255	-8.44	4.22	0.00	0.00	17.60	0.00
37.362	0.255	-8.44	4.37	0.00	0.00	17.60	0.00
37.617	0.255	-8.44	4.52	0.00	0.00	17.60	0.00
37.872	0.255	-8.44	4.68	0.00	0.00	17.60	0.00
38.126	0.255	-8.44	4.83	0.00	0.00	17.60	0.00
38.381	0.255	-8.44	4.99	0.00	0.00	17.60	0.00
38.635	0.255	-8.44	5.14	0.00	0.00	17.60	0.00
38.890	0.255	-8.44	5.29	0.00	0.00	17.60	0.00
39.144	0.255	-8.44	5.45	0.00	0.00	17.60	0.00
39.399	0.085	-8.44	1.85	0.00	0.00	17.60	0.00
39.484	0.196	-1.16	4.30	0.00	0.00	17.60	0.00
39.680	0.255	-1.16	5.60	0.00	0.00	17.60	0.00
39.935	0.255	-1.16	5.62	0.00	0.00	17.60	0.00
40.189	0.255	-1.16	5.64	0.00	0.00	17.60	0.00
40.444	0.255	-1.16	5.66	0.00	0.00	17.60	0.00
40.698	0.112	-1.16	2.49	0.00	0.00	17.60	0.00
40.810	0.255	-1.16	6.12	0.00	0.00	17.60	0.00
41.065	0.255	-1.16	7.00	0.00	0.00	17.60	0.00
41.319	0.255	-1.16	7.88	0.00	0.00	17.60	0.00
41.574	0.255	-1.16	8.76	0.00	0.00	17.60	0.00
41.828	0.255	-1.16	9.64	0.00	0.00	17.60	0.00
42.083	0.255	-1.16	10.52	0.00	0.00	17.60	0.00
42.337	0.255	-1.16	11.40	0.00	0.00	17.60	0.00
42.592	0.255	-1.16	12.28	0.00	0.00	17.60	0.00
42.847	0.135	-1.16	6.84	0.00	0.00	17.60	0.00
42.981	0.255	25.99	13.36	0.00	0.00	17.60	0.00
43.236	0.255	25.99	13.71	0.00	0.00	17.60	0.00
43.490	0.255	25.99	14.06	0.00	0.00	17.60	0.00
43.745	0.075	25.99	4.22	0.00	0.00	17.60	0.00
43.820	0.255	25.99	14.08	0.00	0.00	17.60	0.00
44.075	0.255	25.99	13.57	0.00	0.00	17.60	0.00
44.329	0.255	25.99	13.06	0.00	0.00	17.60	0.00
44.584	0.255	25.99	12.55	0.00	0.00	17.60	0.00
44.838	0.255	25.99	12.04	0.00	0.00	17.60	0.00
45.093	0.020	25.99	0.92	0.00	0.00	17.60	0.00
45.113	0.255	25.99	11.48	0.00	0.00	15.50	4.80
45.367	0.255	25.99	10.95	0.00	0.00	15.50	4.80
45.622	0.255	25.99	10.43	0.00	0.00	15.50	4.80
45.877	0.219	25.99	8.53	0.00	0.00	15.50	4.80
46.095	0.255	28.46	9.42	0.00	0.00	15.50	4.80
46.350	0.255	28.46	8.83	0.00	0.00	15.50	4.80

46.604	0.255	28.46	8.25	0.00	0.00	15.50	4.80
46.859	0.255	28.46	7.67	0.00	0.00	15.50	4.80
47.113	0.255	28.46	7.08	0.00	0.00	15.50	4.80
47.368	0.255	28.46	6.50	0.00	0.00	15.50	4.80
47.623	0.255	28.46	5.91	0.00	0.00	15.50	4.80
47.877	0.255	28.46	5.33	0.00	0.00	15.50	4.80
48.132	0.242	28.46	4.52	0.00	0.00	15.50	4.80
48.373	0.017	28.32	0.29	0.00	0.00	15.50	4.80
48.390	0.255	28.32	4.15	0.00	0.00	15.50	4.80
48.645	0.255	28.32	3.57	0.00	0.00	15.50	4.80
48.899	0.255	28.32	2.99	0.00	0.00	15.50	4.80

LEGENDA SIMBOLI
X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

---

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	FS_qFEM (--)	FS_p-qPATH (--)
34.656	0.000	12.020	-0.314	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	1.3114458580E+000	0.041	5.450	5.933
34.911	0.039	11.940	-0.314	4.4642377127E-001	-5.5802971409E-003	2.1957862020E+000	0.041	5.450	5.933
35.166	0.079	11.860	-0.320	1.1179769578E+000	-5.1380048082E-002	3.9187670338E+000	0.052	3.604	4.031
35.420	0.115	11.777	-0.329	2.4416504663E+000	-2.7196470693E-001	6.4244277698E+000	0.090	2.792	3.329
35.675	0.150	11.692	-0.321	4.3889521589E+000	-7.9377128845E-001	7.4636114204E+000	0.138	2.275	2.760
35.929	0.191	11.614	-0.295	6.2417224324E+000	-1.4168993859E+000	7.2285511813E+000	0.233	1.802	2.224
36.155	0.234	11.551	-0.265	7.8664158607E+000	-2.1077440079E+000	6.9763162119E+000	0.376	1.551	1.869
36.410	0.289	11.486	-0.233	9.5826857810E+000	-3.0087134540E+000	6.2300302703E+000	0.537	1.336	1.587
36.599	0.339	11.447	-0.189	1.0686990628E+001	-3.6753248977E+000	5.6922528487E+000	0.629	1.219	1.442
36.853	0.332	11.403	-0.161	1.2081710264E+001	-4.5766240402E+000	5.3196890189E+000	0.747	1.083	1.294
37.108	0.333	11.366	-0.132	1.3395491911E+001	-5.3155568858E+000	5.1072380804E+000	0.852	0.974	1.207
37.362	0.340	11.336	-0.113	1.4682042886E+001	-5.8726591950E+000	5.1955339306E+000	0.927	0.892	1.144
37.617	0.351	11.308	-0.104	1.6040780060E+001	-6.3104652200E+000	5.3537132619E+000	0.975	0.828	1.085
37.872	0.363	11.283	-0.099	1.7407867495E+001	-6.6306927374E+000	5.5049340325E+000	0.994	0.785	1.041
38.126	0.376	11.257	-0.099	1.8843598202E+001	-6.9600771485E+000	5.7541998036E+000	1.002	0.755	1.007
38.381	0.388	11.232	-0.106	2.0337598443E+001	-7.3052564849E+000	6.3831241911E+000	1.004	0.734	0.984
38.635	0.397	11.204	-0.107	2.2093543829E+001	-7.7032055626E+000	6.7752678554E+000	1.003	0.720	0.965
38.890	0.409	11.177	-0.094	2.3787202661E+001	-8.0760597957E+000	6.3021445577E+000	1.002	0.711	0.953
39.144	0.425	11.156	-0.076	2.5302258955E+001	-8.3983855989E+000	5.5643319845E+000	1.000	0.706	0.944
39.399	0.446	11.139	-0.062	2.6620263065E+001	-8.6710099190E+000	4.7263836255E+000	0.998	0.705	0.938
39.484	0.454	11.135	-0.043	2.7009476273E+001	-8.7520285666E+000	4.5144669473E+000	0.998	0.705	0.937
39.680	0.450	11.127	-0.035	2.7866289255E+001	-8.9342879688E+000	4.5150275549E+000	0.998	0.707	0.937
39.935	0.448	11.119	-0.022	2.9062545882E+001	-9.1989186496E+000	4.6126246875E+000	1.002	0.720	0.946
40.189	0.450	11.116	0.001	3.0214791177E+001	-9.4839771111E+000	4.5100387793E+000	1.007	0.743	0.967
40.444	0.459	11.120	0.035	3.1358816544E+001	-9.8332904584E+000	4.2161558293E+000	1.013	0.786	1.007
40.698	0.478	11.133	0.063	3.2361432350E+001	-1.0241457874E+001	3.5130707921E+000	1.017	0.857	1.069
40.810	0.489	11.142	0.123	3.2733017393E+001	-1.0433666994E+001	3.5220718135E+000	1.018	0.892	1.099
41.065	0.530	11.178	0.168	3.3743146625E+001	-1.1079932116E+001	4.2841498742E+000	1.015	1.046	1.211
41.319	0.585	11.228	0.217	3.4914277499E+001	-1.1932331597E+001	5.1154446391E+000	1.006	1.315	1.361
41.574	0.651	11.289	0.256	3.6347657588E+001	-1.2989954822E+001	6.4342964128E+000	0.970	1.739	1.531
41.828	0.726	11.358	0.273	3.8190277286E+001	-1.4236084997E+001	8.5301096668E+000	0.867	2.305	1.689
42.083	0.800	11.428	0.271	4.0690733451E+001	-1.4312061282E+001	1.0059653375E+001	0.675	2.837	1.756
42.337	0.874	11.497	0.277	4.3312115043E+001	-1.2141958019E+001	9.5050459131E+000	0.539	3.185	1.742
42.592	0.952	11.569	0.313	4.5530194736E+001	-7.7996334121E+000	6.6122010663E+000	0.454	3.245	1.659
42.847	1.044	11.656	0.361	4.6678694369E+001	-1.1026060106E+000	7.4896611469E-001	0.420	2.998	1.530
42.981	1.100	11.709	0.433	4.6511982040E+001	3.5549036654E+000	-3.1305695540E+000	0.434	2.766	1.455
43.236	1.091	11.824	0.462	4.4803885640E+001	1.0463918446E+001	-9.0510780902E+000	0.494	2.287	1.315
43.490	1.087	11.944	0.465	4.1903656904E+001	1.5303974320E+001	-1.2735648073E+001	0.598	1.841	1.191
43.745	1.080	12.061	0.451	3.8319574429E+001	1.8032137745E+001	-1.4358869870E+001	0.746	1.494	1.090
43.820	1.075	12.093	0.406	3.7234016060E+001	1.8487412715E+001	-1.4580129571E+001	0.797	1.414	1.064
44.075	1.053	12.195	0.407	3.3402845945E+001	1.8398485797E+001	-1.5849966277E+001	0.922	1.220	0.988
44.329	1.034	12.300	0.394	2.9164060496E+001	1.7513289621E+001	-1.5992778238E+001	0.975	1.095	0.933
44.584	1.005	12.396	0.364	2.5260178164E+001	1.6576609628E+001	-1.4690783067E+001	0.992	1.017	0.906
44.838	0.971	12.485	0.320	2.1684299058E+001	1.5638012582E+001	-1.2206902988E+001	0.998	0.972	0.907
45.093	0.920	12.559	0.291	1.9045075685E+001	1.4872615782E+001	-1.0573294565E+001	0.996	0.961	0.940
45.113	0.917	12.565	0.288	1.8833764109E+001	1.4805330823E+001	-1.0457793639E+001	0.996	0.962	0.945

45.367	0.865	12.638	0.299	1.6599056246E+001	1.4008558004E+001	-8.6149889690E+000	0.992	0.968	0.992
45.622	0.821	12.717	0.327	1.4447472242E+001	1.3057267273E+001	-8.3513912846E+000	0.978	0.982	1.038
45.877	0.784	12.805	0.355	1.2346974230E+001	1.1870355538E+001	-8.1165062643E+000	0.946	1.004	1.082
46.095	0.758	12.885	0.360	1.0597788137E+001	1.0632474895E+001	-7.4655837205E+000	0.898	1.027	1.116
46.350	0.710	12.975	0.354	8.8559547880E+000	9.0355354603E+000	-6.4730311665E+000	0.813	1.060	1.151
46.604	0.662	13.065	0.361	7.3020666844E+000	7.3214863637E+000	-5.8404858913E+000	0.697	1.107	1.195
46.859	0.617	13.159	0.370	5.8822915767E+000	5.5892787792E+000	-5.3108365388E+000	0.558	1.172	1.252
47.113	0.574	13.254	0.373	4.5980726108E+000	3.9722257701E+000	-4.6760639456E+000	0.410	1.258	1.323
47.368	0.531	13.349	0.396	3.5014897756E+000	2.6574875317E+000	-4.2030625840E+000	0.263	1.365	1.406
47.623	0.500	13.456	0.398	2.4580978187E+000	1.5722051384E+000	-3.6308153307E+000	0.139	1.511	1.518
47.877	0.458	13.551	0.357	1.6528726953E+000	8.5768855485E-001	-2.7729182089E+000	0.089	1.656	1.631
48.132	0.406	13.637	0.321	1.0462760938E+000	4.1527608232E-001	-2.1620426838E+000	0.065	1.794	1.739
48.373	0.348	13.710	0.304	5.7434357240E-001	1.3676363590E-001	-1.9312403165E+000	0.049	1.910	1.833
48.390	0.344	13.716	0.297	5.4243211954E-001	1.2091649205E-001	-1.8817780176E+000	0.048	1.919	1.841
48.645	0.282	13.791	0.364	2.5154713267E-001	2.9797748277E-002	-9.7158299812E-001	0.041	2.118	2.033
48.899	0.255	13.901	0.364	4.7753993097E-002	5.9692491371E-004	-4.9405644653E-001	0.041	2.118	3.318

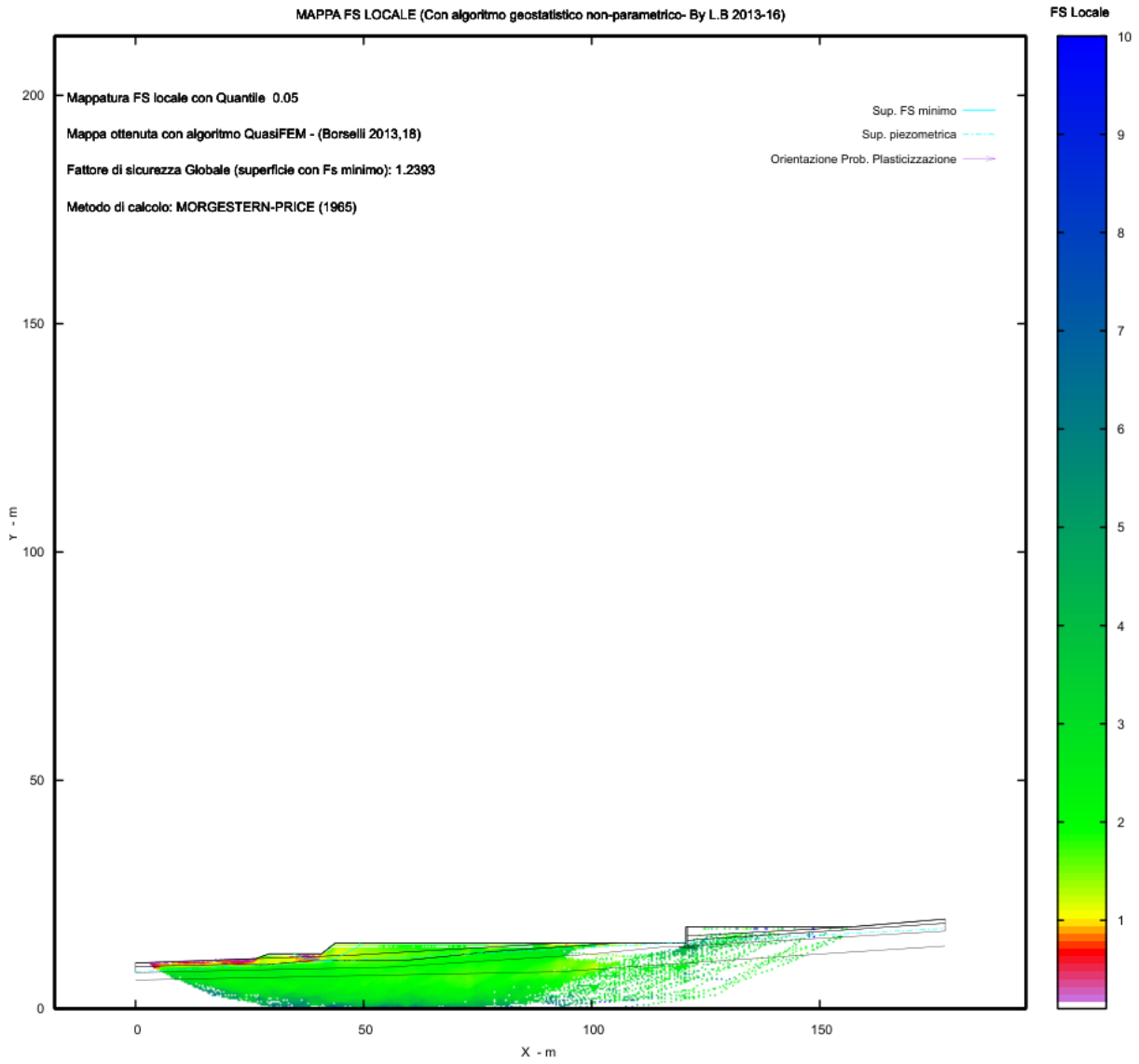
LEGENDA SIMBOLI
X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di thrust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_p-qPATH(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by p-qPATH Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
34.656	0.255	0.281	-25.143	-0.317	-0.089	5.019	1.411
34.911	0.255	0.281	-25.143	-0.952	-0.268	5.377	1.512
35.166	0.255	0.281	-25.143	-1.586	-0.446	5.362	1.508
35.420	0.255	0.281	-25.143	-2.220	-0.624	4.998	1.406
35.675	0.255	0.281	-25.143	-2.855	-0.803	5.187	1.459
35.929	0.226	0.250	-25.143	-3.453	-0.863	5.202	1.299
36.155	0.255	0.281	-25.143	-4.042	-1.137	0.810	0.228
36.410	0.189	0.209	-25.143	-4.575	-0.954	1.266	0.264
36.599	0.255	0.257	-8.439	-1.027	-0.264	3.087	0.794
36.853	0.255	0.257	-8.439	-1.067	-0.275	3.589	0.924
37.108	0.255	0.257	-8.439	-1.108	-0.285	4.129	1.063
37.362	0.255	0.257	-8.439	-1.148	-0.296	4.548	1.171
37.617	0.255	0.257	-8.439	-1.189	-0.306	4.964	1.278
37.872	0.255	0.257	-8.439	-1.229	-0.316	5.136	1.322
38.126	0.255	0.257	-8.439	-1.269	-0.327	5.296	1.363
38.381	0.255	0.257	-8.439	-1.310	-0.337	5.384	1.386
38.635	0.255	0.257	-8.439	-1.350	-0.347	5.622	1.447
38.890	0.255	0.257	-8.439	-1.391	-0.358	5.909	1.521
39.144	0.255	0.257	-8.439	-1.431	-0.368	6.194	1.594
39.399	0.085	0.086	-8.439	-1.458	-0.125	6.379	0.549
39.484	0.196	0.196	-1.163	1.308	0.256	6.646	1.302
39.680	0.255	0.255	-1.163	1.313	0.334	6.631	1.688
39.935	0.255	0.255	-1.163	1.317	0.335	6.628	1.688
40.189	0.255	0.255	-1.163	1.322	0.337	6.567	1.672
40.444	0.255	0.255	-1.163	1.327	0.338	6.512	1.658
40.698	0.112	0.112	-1.163	1.330	0.149	6.490	0.725
40.810	0.255	0.255	-1.163	1.434	0.365	6.764	1.722
41.065	0.255	0.255	-1.163	1.640	0.418	7.585	1.931
41.319	0.255	0.255	-1.163	1.847	0.470	8.407	2.141
41.574	0.255	0.255	-1.163	2.053	0.523	9.251	2.356
41.828	0.255	0.255	-1.163	2.259	0.575	11.922	3.036
42.083	0.255	0.255	-1.163	2.465	0.628	16.039	4.084

42.337	0.255	0.255	-1.163	2.672	0.680	20.057	5.107
42.592	0.255	0.255	-1.163	2.878	0.733	24.320	6.193
42.847	0.135	0.135	-1.163	3.035	0.408	28.005	3.768
42.981	0.255	0.283	25.989	24.057	6.813	6.631	1.878
43.236	0.255	0.283	25.989	24.686	6.992	8.853	2.507
43.490	0.255	0.283	25.989	25.316	7.170	11.114	3.148
43.745	0.075	0.084	25.989	25.723	2.151	12.414	1.038
43.820	0.255	0.283	25.989	25.356	7.181	13.702	3.881
44.075	0.255	0.283	25.989	24.437	6.921	13.933	3.946
44.329	0.255	0.283	25.989	23.517	6.660	13.486	3.819
44.584	0.255	0.283	25.989	22.598	6.400	12.994	3.680
44.838	0.255	0.283	25.989	21.678	6.139	12.342	3.495
45.093	0.020	0.022	25.989	21.182	0.470	12.160	0.270
45.113	0.255	0.283	25.989	20.673	5.855	15.335	4.343
45.367	0.255	0.283	25.989	19.726	5.587	15.050	4.262
45.622	0.255	0.283	25.989	18.779	5.318	14.850	4.206
45.877	0.219	0.243	25.989	17.899	4.353	14.701	3.576
46.095	0.255	0.290	28.465	17.791	5.152	14.299	4.141
46.350	0.255	0.290	28.465	16.687	4.832	13.969	4.045
46.604	0.255	0.290	28.465	15.582	4.512	13.519	3.915
46.859	0.255	0.290	28.465	14.478	4.193	12.911	3.739
47.113	0.255	0.290	28.465	13.374	3.873	12.078	3.497
47.368	0.255	0.290	28.465	12.269	3.553	11.332	3.281
47.623	0.255	0.290	28.465	11.165	3.233	10.417	3.017
47.877	0.255	0.290	28.465	10.061	2.913	9.620	2.786
48.132	0.242	0.275	28.465	8.984	2.470	8.982	2.470
48.373	0.017	0.019	28.321	8.403	0.158	8.693	0.163
48.390	0.255	0.289	28.321	7.820	2.262	8.261	2.389
48.645	0.255	0.289	28.321	6.725	1.945	7.718	2.232
48.899	0.255	0.289	28.321	5.630	1.628	7.215	2.086

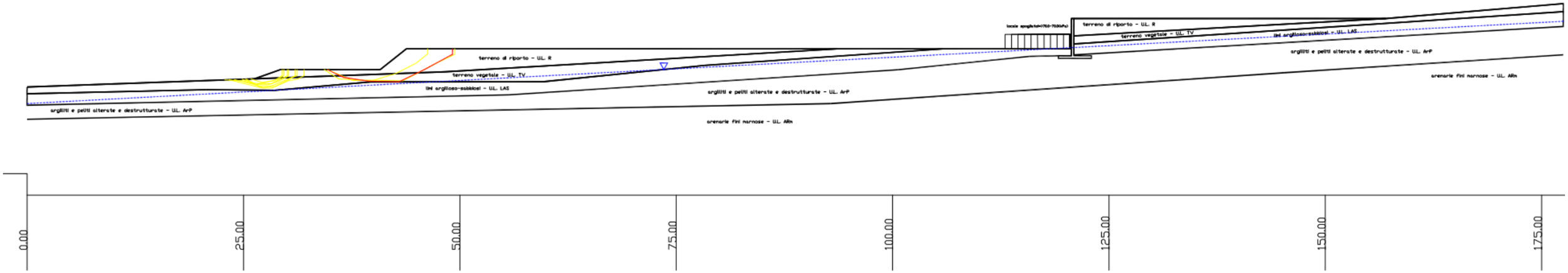
LEGENDA SIMBOLI
X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio


MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)
FS Locale
Mappatura FS locale con Quantile 0.05
Mappa ottenuta con algoritmo QuasiFEM - (Borselli 2013,18)
Fattore di sicurezza Globale (superficie con Fs minimo): 1.2393
Metodo di calcolo: MORGESTERN-PRICE (1965)
Sup. FS minimo
Sup. piezometrica
Orientazione Prob. Plasticizzazione
Y - m
X - m
0
50
100
150
200
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

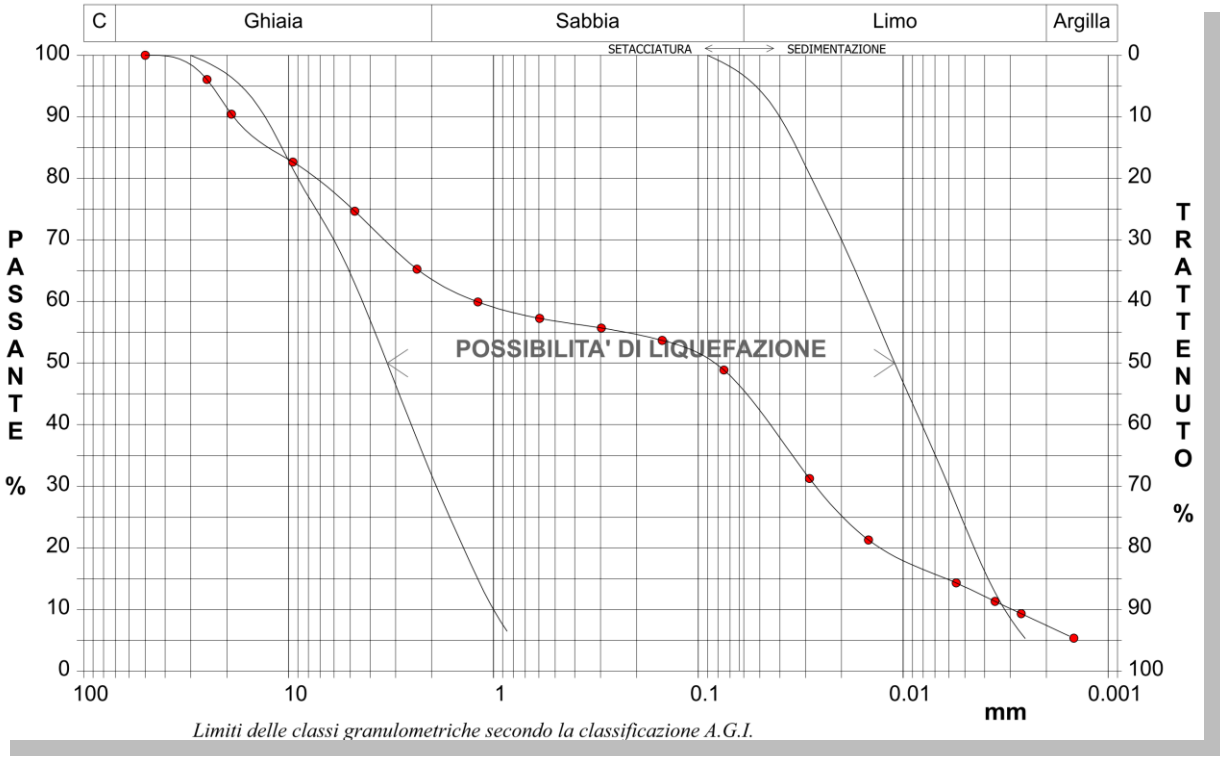
Esclusione sovraccarico pendio sommerso tra X=0.00 e X=177.49
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2393
Range Fs : 1.2393 1.3539
Differenza % Range Fs : 8.46
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0800
Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0400



CONSIDERAZIONI IN MERITO AL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE



Campione 1 – Unità Litotecnica LAS

La presenza di una rilevante coda clastica grossolana, pari a circa il 20%, determina una sostanziale fuoriuscita, da parte della curva granulometrica caratteristica, dal campo di possibile occorrenza di fenomeni di liquefazione. Si ritiene pertanto non necessaria l'esecuzione delle verifiche a liquefazione poiché ricorre uno dei casi escludenti ai sensi del punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 – DM 17.01.2018.

CONCLUSIONI

Alla luce delle indagini svolte, si ritiene che l'intervento edilizio previsto dal progetto sia compatibile con la caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area. In particolare:

1] L'area di intervento è ubicata sui depositi sabbioso-limosi con intercalazioni maggiormente grossolane corrispondenti ai notevoli corpi di conoide provenienti dall'allineamento M.te Lignano-Alta S.Egidio. Detta successione è potente localmente circa 2 metri ed insiste in discordanza stratigrafica direttamente sul substrato lapideo delle Arenarie del Cervarola Falterona.

2] Non sono presenti nelle dirette vicinanze dell'area in oggetto fenomeni di dissesto gravitativo di versante.

3] I terreni su cui sarà realizzata l'opera di progetto presentano una permeabilità media, funzione essenzialmente della frazione limoso-argillosa. Le indagini geognostiche hanno evidenziato la presenza di uno scorrimento freatico sub-corticale posizionato a circa 1,50 m dal p.c., ovvero in corrispondenza del contatto tra depositi di conoide e substrato lapideo; si ritiene che detto livello piezometrico interagisca sia con le opere di sbancamento sia con le strutture fondali dei locali destinati a spogliatoio. Si prescrive pertanto la realizzazione di opportune opere di regimazione idraulica e di impermeabilizzazione delle fondazioni e degli elementi strutturali interrati.

4] Il terreno di fondazione è stato attribuito alla Categoria sismica di suolo B, in base agli esiti di un'indagine di sismica a rifrazione in onde P ed Sh.

5] Lo scavo massimo previsto per la realizzazione delle strutture interrate si presenta stabile unicamente se realizzato con pendenza massima pari a 60°; si prescrive inoltre la realizzazione degli scavi in stagioni a minimo rischio di pioggia procedendo per stadi di avanzamento tali da consentire il provvisorio o definitivo consolidamento dei fronti. Le raccomandazioni al Direttore dei lavori ed al Progettista si incentrano tuttavia nella regimazione delle acque sia nella fase cantieristica che in quella finale; durante le fasi di cantiere si dovrà provvedere ad una corretta regimazione delle acque superficiali realizzando canalizzazioni e drenaggi a monte per evitare fenomeni erosivi o di ristagno.

6] Se in fase di scavo di fondazione si evidenziassero anomalie e difformità rispetto a quanto emerso dalla presente relazione, si dovranno adottare soluzioni alternative tramite apposita "variante".

8] Si chiede formalmente al Direttore dei Lavori di essere preventivamente avvertito al momento in cui dovessero iniziare gli scavi, al fine di poter verificare direttamente le ipotesi assunte in fase di redazione della Relazione Geologica.

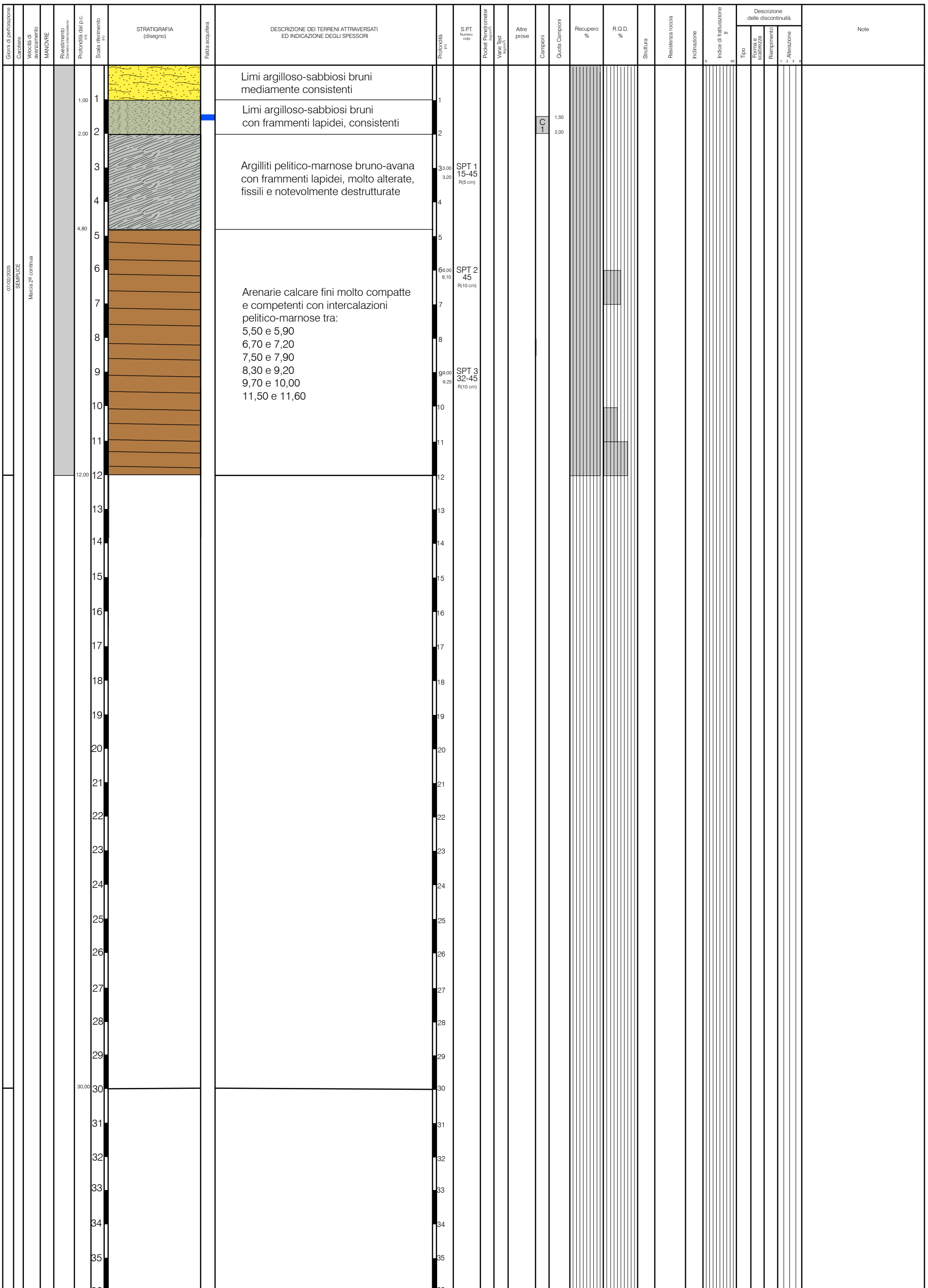
Arezzo, Aprile 2025

GEOLOGO
DOTT. LORENZO SEDDA

Stratigrafia sondaggio a carotaggio continuo

CANTIERE: Realizzazione di complesso sportivo polivante in Loc. Montecchio	SONDAGGIO N: S1	GEOLOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO: DOTT. GEOL. LORENZO SEDDA	SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE: TECNA SRL
QUOTA ASS. P.C.: 257 m s.l.m. / COORDINATE: 1737107 - 4799654	TIPO DI SONDA: Beretta T41 (marca, modello, coppia motrice)	TIPO DI FLUIDO: perforazione ad acqua	STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA': TUBO PIEZOMETRICO
DATA INIZIO/FINE: inizio: 07/02/2025 fine: 07/02/2025	METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO CONTINUO FINO A 12 m	CASSE CATALOGATRICI N.: 3	PROFONDITA' RAGGIUNTA: 12,00 m

Giorni di perforazione	Carotiere	Velocità di avanzamento	MANOVRE	Rivestimento (Diametro interno/esterno)	Profondità dal p.c. (m)	Scala riferimento (m)	STRATIGRAFIA (disegno)	Falda acquifera	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI	Profondità (m)	S.P.T. (Numero colpi)	Pocket Penetrometer (kg/cm²)	Vane Test (kg/cm²)	Altre prove	Campioni	Quota Campioni	Recupero %	R.Q.D. %	Struttura	Resistenza roccia	Inclinazione	Indice di fratturazione If	Descrizione delle discontinuità: Tipo	Forma e scabrezza	Riempimento	Alterazione	Note
07/02/2025	SEMPLICE	Marcia 2ª continua			1,00 2,00 4,80 12,00 30,00	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35			Limi argilloso-sabbiosi bruni mediamente consistenti Limi argilloso-sabbiosi bruni con frammenti lapidei, consistenti Argilliti pelitico-marnose bruno-avana con frammenti lapidei, molto alterate, fissili e notevolmente destrutturate Arenarie calcare fini molto compatte e competenti con intercalazioni pelitico-marnose tra: 5,50 e 5,90 6,70 e 7,20 7,50 e 7,90 8,30 e 9,20 9,70 e 10,00 11,50 e 11,60	3,00 3,20 6,00 6,10 9,00 9,25	SPT 1 15-45 R(5 cm) SPT 2 45 R(10 cm) SPT 3 32-45 R(10 cm)				C 1	1,50 2,00											



Certificati prove di laboratorio geotecnico

Autorizzazione del *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl
Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente :	**TECNA srl**
Cantiere :	**Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**
Verbale Accettazione n° :	**84 del 24/02/2025**
Data Certificazione :	**11/03/2025**
Campioni n°:	**1**
Certificati da n° a n° :	**01030 a 01036**

LABORATORIO GEOTECNICO
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI DECR. N° 2436
LABOTER - PISTOIA

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: TECNA srl		
RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.5-2.0

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,4	%
Peso di volume	19,1	kN/m³
Peso di volume secco	16,7	kN/m³
Peso di volume saturo	20,3	kN/m³
Peso specifico	26,3	kN/m³
Indice dei vuoti	0,576	
Porosità	36,5	%
Grado di saturazione	67,2	%
Limite di liquidità	36,9	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A4	I.G. = 3

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	36,0	%
Sabbia	19,2	%
Limo	37,4	%
Argilla	7,4	%
D 10	0,002932	mm
D 50	0,087967	mm
D 60	1,199439	mm
D 90	18,261470	mm
Passante set. 10	64,0	%
Passante set. 42	56,5	%
Passante set. 200	48,9	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	22,2	kPa
ϕ'	25,2	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

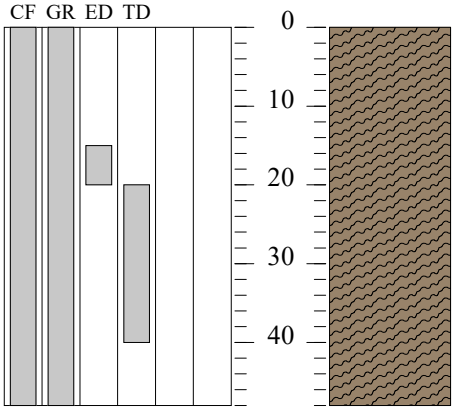
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,2 ÷ 98,4	5062	0,001228	2,38E-08
98,4 ÷ 196,8	6181	0,001749	2,77E-08
196,8 ÷ 393,6	9535	0,001592	1,64E-08
393,6 ÷ 787,2	15000	0,001206	7,89E-09
787,2 ÷ 1574,4	25929	0,000809	3,06E-09

FOTOGRAFIA

OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
150			Argilliti e siltiti, friabili MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 6/3 Pale brown
200			Le caratteristiche naturali del campione (consistenza e granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova ELL
>500			
250		48	

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01034	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	11/03/25	Inizio analisi:	25/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione:	24/02/25	Fine analisi:	28/02/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	64,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	56,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	48,9	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	36,9	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A4 INDICE DI GRUPPO: 3

Tipi usuali dei materiali principali:
Limi poco compressibili

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01030	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 25/02/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 14,4 %

Struttura del materiale:

- ☐ Omogeneo
- ☒ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01031 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi:	24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25	Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi:	24/02/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,1 kN/m³

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01032 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi:	25/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25	Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi:	26/02/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-10

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,3 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,4 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01033 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi:	04/03/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25	Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi:	05/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

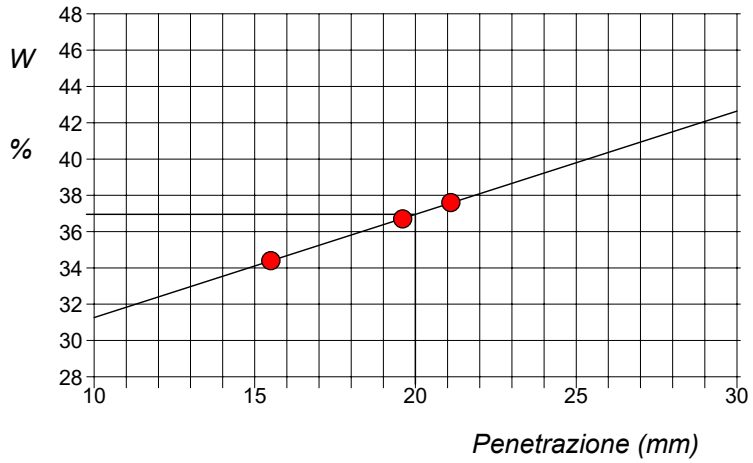
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	36,9	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa plasticità
M - Limi inorganici	**I - Media plasticità**
O - Argille e limi organici	H - Alta plasticità

Determinazione del Limite di liquidità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

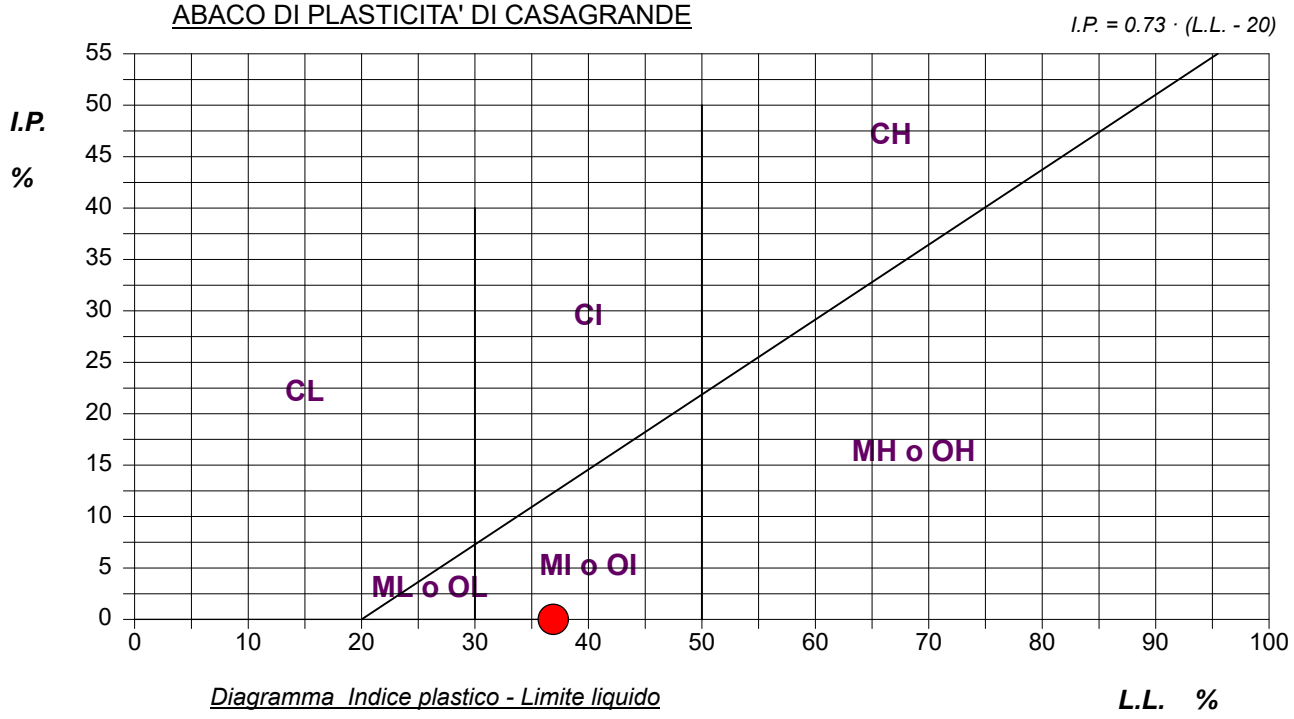


Diagramma Indice plastico - Limite liquido

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Elisa Lazzi

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01034	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 25/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 28/02/25

COMMITTENTE: TECNA srl

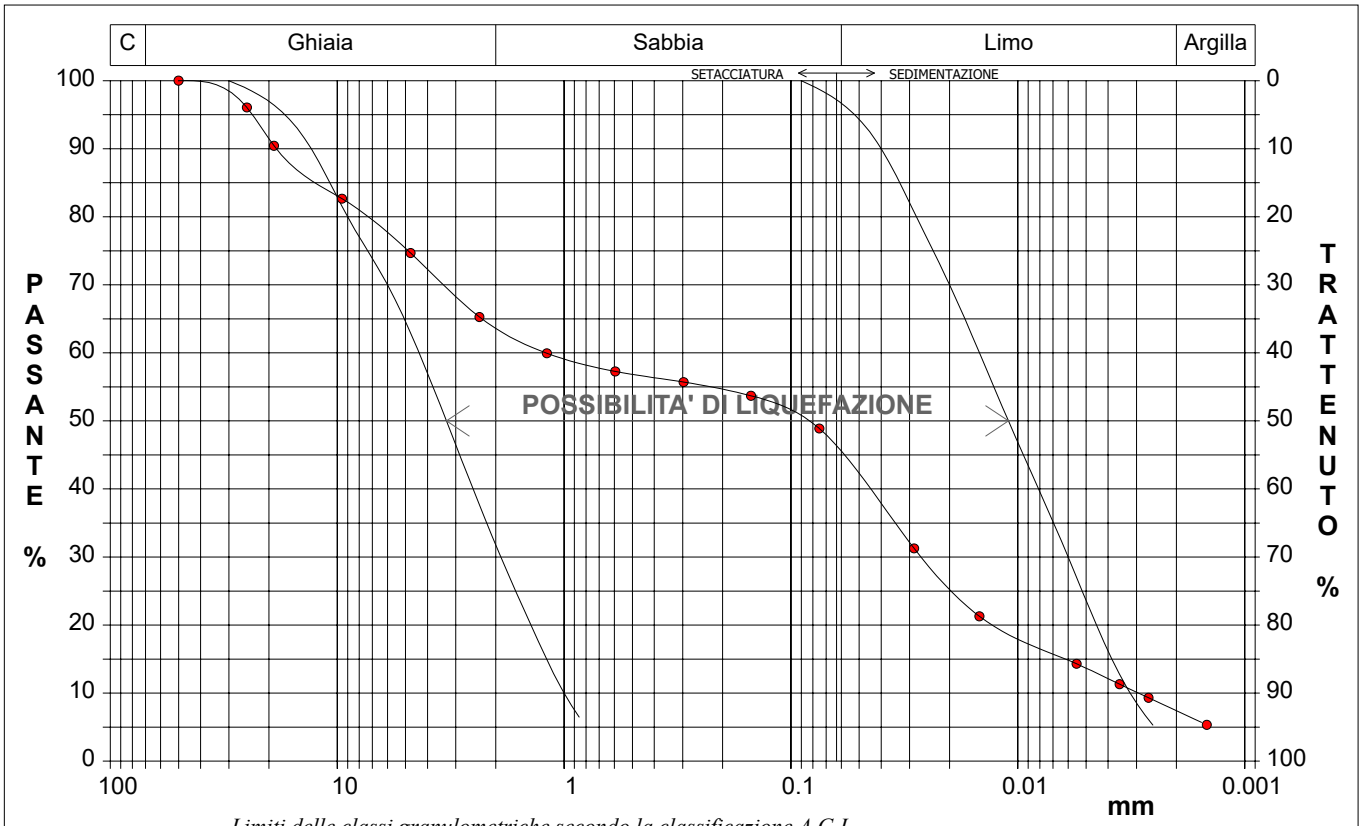
RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	36,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	64,0 %	D_{10}	0,00293 mm
Sabbia	19,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	56,5 %	D_{30}	0,02633 mm
Limo	37,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	48,9 %	D_{50}	0,08797 mm
Argilla	7,4 %			D_{60}	1,19944 mm
Coefficiente di uniformità	409,10	Coefficiente di curvatura	0,20	D_{90}	18,26147 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	65,28	0,0750	48,89	0,0027	9,33		
25,0000	96,06	1,1900	59,94	0,0286	31,27	0,0015	5,34		
19,0000	90,45	0,5950	57,27	0,0148	21,29				
9,5200	82,66	0,2970	55,71	0,0055	14,31			Setacci	10
4,7500	74,68	0,1500	53,70	0,0036	11,32			Punti sediment.	6

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01035	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 06/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,71
Umidità (%)	14,2
Peso specifico (kN/m³)	26,35
Altezza provino (cm)	2,50
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	49,09
Volume dei vuoti (cm³)	18,57
Indice dei vuoti	0,61
Porosità (%)	37,83
Saturazione (%)	62,9

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

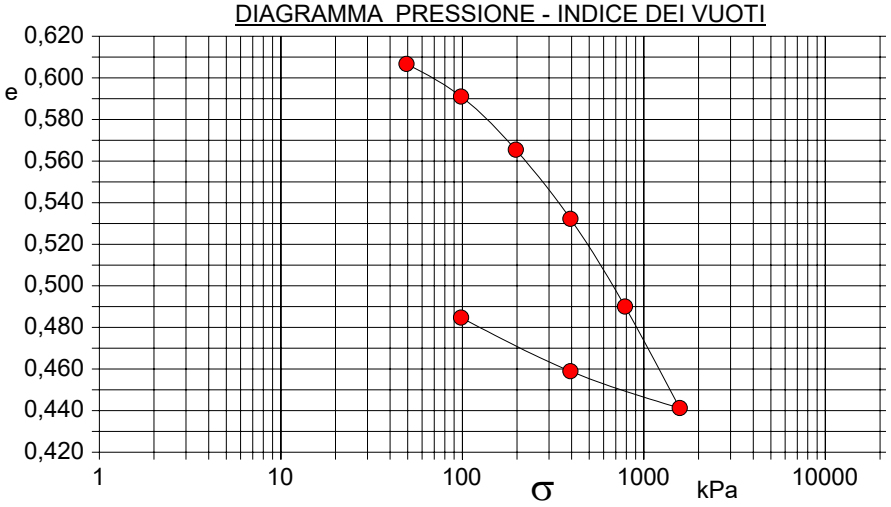
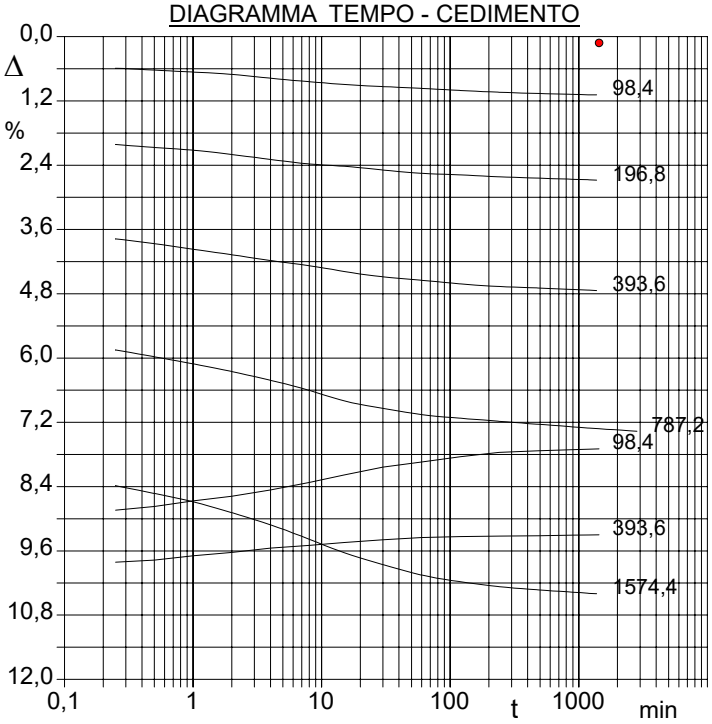
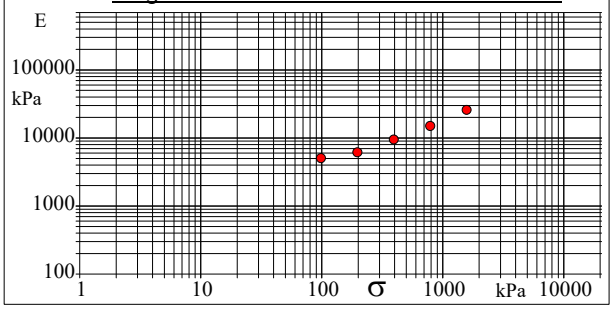


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,2	2,9	0,607				
98,4	27,2	0,591	0,009	5062	0,001228	2,38E-08
196,8	67,0	0,565	0,013	6181	0,001749	2,77E-08
393,6	118,6	0,532	0,014	9535	0,001592	1,64E-08
787,2	184,2	0,490	0,016	15000	0,001206	7,89E-09
1574,4	260,1	0,441	0,017	25929	0,000809	3,06E-09
393,6	232,5	0,459				
98,4	192,4	0,485				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01035	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 06/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	2,9			0,02	27,2			0,02	67,0			0,02	118,6		
0,25	14,7			0,25	50,3			0,25	94,4			0,25	146,2		
0,50	15,6			0,50	51,7			0,50	96,6			0,50	149,4		
1,00	16,5			1,00	53,0			1,00	99,2			1,00	152,7		
2,00	17,6			2,00	55,0			2,02	101,8			2,00	156,3		
4,00	19,4			4,00	57,3			4,02	104,5			4,00	160,4		
8,00	21,0			8,00	59,4			8,02	106,9			8,00	165,1		
15,00	22,3			15,00	60,5			15,02	109,6			15,00	170,0		
30,00	23,3			30,00	62,2			30,02	112,1			30,00	173,5		
60,00	24,1			60,00	63,8			60,02	113,7			60,00	176,4		
120,00	25,1			120,00	64,5			120,02	115,4			120,00	178,1		
240,00	25,9			240,00	65,4			240,02	116,6			240,00	179,5		
480,00	26,5			480,00	66,0			480,02	117,3			480,00	180,9		
900,00	26,9			900,00	66,6			900,02	118,0			900,00	182,1		
1200,00	27,1			1200,00	66,8			1200,02	118,3			1200,02	182,7		
1440,00	27,2			1440,00	67,0			1440,02	118,6			1440,02	183,0		
												2880,02	184,2		

Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	184,2			0,02	260,1			0,02	232,5						
0,25	209,6			0,25	245,3			0,25	221,0						
0,50	213,2			0,50	244,3			0,50	219,3						
1,02	217,2			1,00	242,3			1,00	216,7						
2,02	222,3			2,00	240,7			2,00	214,5						
4,02	227,9			4,00	238,7			3,98	211,6						
8,02	234,6			8,00	237,4			7,98	208,1						
15,02	240,9			15,00	236,1			14,98	204,6						
30,02	246,4			30,00	234,8			29,98	200,9						
60,02	251,3			60,00	233,8			59,98	198,5						
120,02	254,4			120,00	233,3			119,98	196,1						
240,02	256,7			240,00	233,1			239,98	194,0						
480,02	258,2			480,00	232,9			479,98	193,3						
900,02	259,3			900,00	232,7			899,98	192,8						
1200,02	259,8			1200,00	232,6			1199,98	192,5						
1440,02	260,1			1440,00	232,5			1439,98	192,4						

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01036	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 01/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

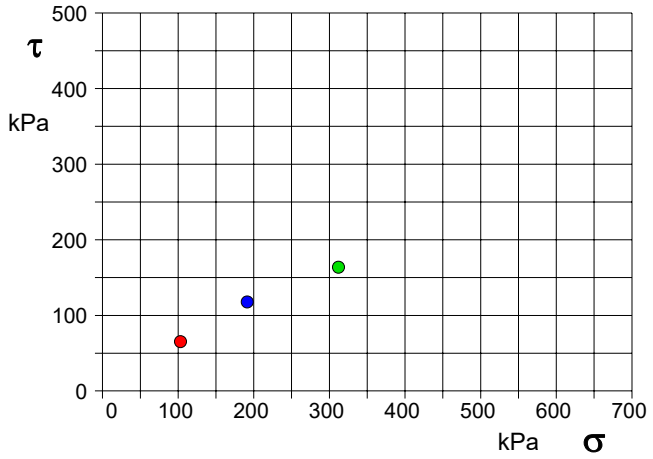
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	103		191		312	
Tensione a rottura (kPa):	65		118		164	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,28		4,82		5,53	
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,30		0,42		0,37	
Umidità iniziale e umidità finale (%):	- - -	21,4	- - -	24,3	- - -	22,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,3	25,0	18,7	23,2	19,4	26,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

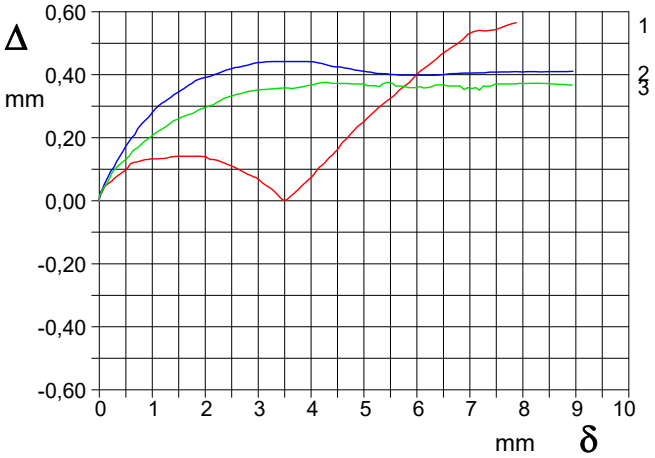


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

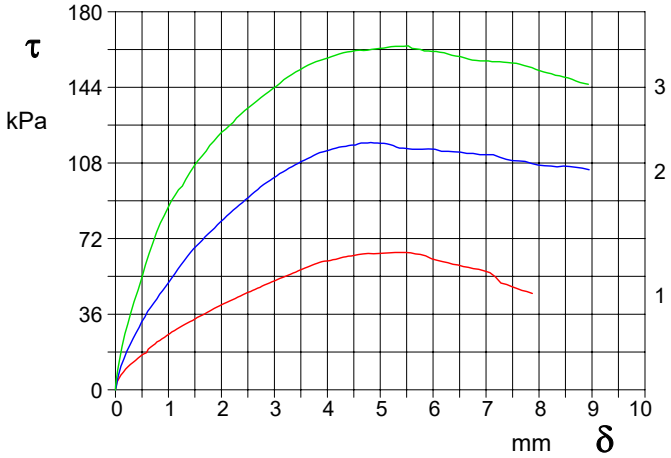


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01036	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 01/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,001	0,4	0,01	0,014	1,4	0,03	0,002	1,8	0,02
0,104	7,0	0,05	0,103	11,2	0,06	0,029	7,1	0,02
0,239	11,0	0,06	0,278	21,5	0,11	0,124	20,5	0,05
0,380	14,0	0,08	0,445	29,7	0,16	0,287	36,4	0,10
0,519	16,9	0,10	0,606	37,3	0,20	0,495	53,1	0,13
0,658	20,2	0,12	0,781	43,3	0,24	0,711	70,2	0,17
0,784	22,8	0,13	0,951	49,3	0,27	0,922	83,0	0,20
0,928	25,0	0,13	1,122	55,3	0,30	1,124	92,5	0,22
1,065	27,6	0,13	1,298	61,4	0,32	1,324	100,1	0,24
1,211	29,7	0,13	1,470	67,0	0,34	1,553	109,0	0,27
1,356	31,8	0,14	1,640	71,2	0,36	1,782	116,3	0,28
1,500	33,7	0,14	1,810	75,6	0,38	2,007	122,7	0,30
1,639	35,6	0,14	1,986	80,0	0,39	2,224	127,3	0,31
1,774	37,5	0,14	2,166	84,2	0,40	2,442	133,0	0,33
1,910	39,3	0,14	2,340	88,0	0,41	2,671	137,5	0,34
2,059	41,1	0,13	2,512	91,6	0,42	2,900	142,0	0,35
2,211	42,9	0,13	2,688	95,4	0,43	3,111	146,0	0,35
2,361	44,7	0,12	2,859	98,8	0,43	3,330	150,1	0,36
2,495	46,4	0,11	3,042	101,7	0,44	3,559	153,6	0,36
2,635	47,8	0,10	3,221	104,5	0,44	3,784	156,2	0,36
2,770	49,4	0,09	3,393	107,1	0,44	4,017	158,0	0,37
2,912	50,9	0,08	3,570	109,3	0,44	4,223	159,9	0,38
3,059	52,5	0,06	3,741	111,5	0,44	4,460	161,1	0,37
3,210	54,0	0,04	3,922	113,3	0,44	4,689	161,5	0,37
3,359	55,6	0,02	4,103	114,7	0,44	4,917	162,3	0,37
3,493	57,0	0,00	4,283	115,7	0,43	5,142	163,1	0,37
3,627	58,5	0,02	4,465	116,5	0,43	5,368	163,5	0,37
3,763	59,8	0,04	4,642	117,5	0,42	5,600	162,5	0,36
3,904	61,0	0,06	4,822	117,7	0,42	5,835	161,3	0,36
4,060	61,6	0,09	5,006	117,3	0,41	6,055	161,1	0,36
4,210	62,5	0,11	5,187	116,7	0,41	6,278	159,9	0,36
4,351	63,4	0,14	5,367	115,1	0,40	6,513	158,7	0,37
4,497	63,9	0,16	5,550	114,7	0,40	6,741	157,0	0,36
4,776	64,9	0,22	5,792	114,5	0,40	6,963	156,6	0,36
5,081	65,0	0,27	6,159	113,5	0,40	7,182	156,2	0,35
5,377	65,4	0,31	6,515	113,1	0,40	7,403	155,8	0,36
5,663	64,7	0,35	6,885	111,9	0,41	7,641	155,0	0,37
5,966	62,4	0,40	7,260	110,7	0,41	7,867	153,4	0,37
6,278	60,5	0,44	7,619	108,9	0,41	8,088	151,3	0,37
6,570	58,7	0,48	7,984	106,9	0,41	8,312	149,7	0,37
6,862	57,4	0,51	8,342	106,1	0,41	8,547	148,5	0,37
7,175	53,7	0,54	8,700	105,9	0,41	8,773	146,2	0,37
7,484	49,1	0,54						
7,771	46,8	0,56						

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01036	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 11/03/25	Inizio analisi: 24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione: 24/02/25	Fine analisi: 01/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,881
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

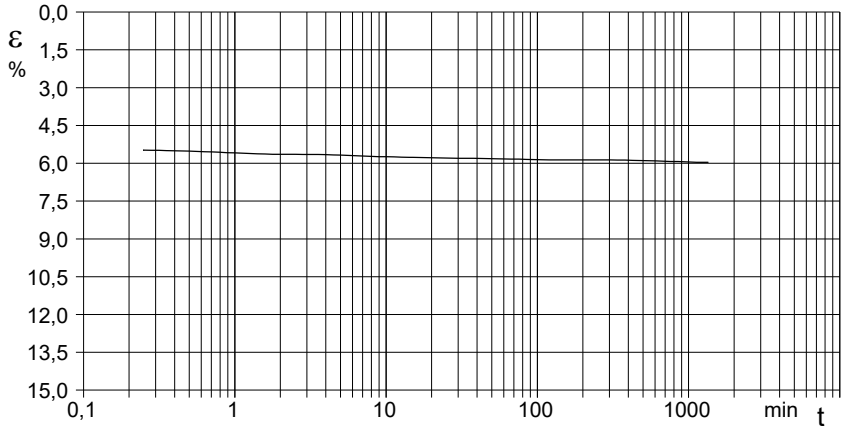


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,846
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

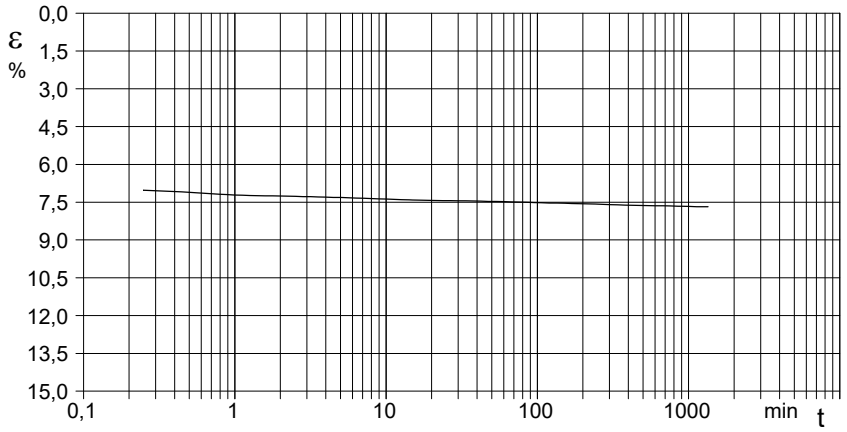
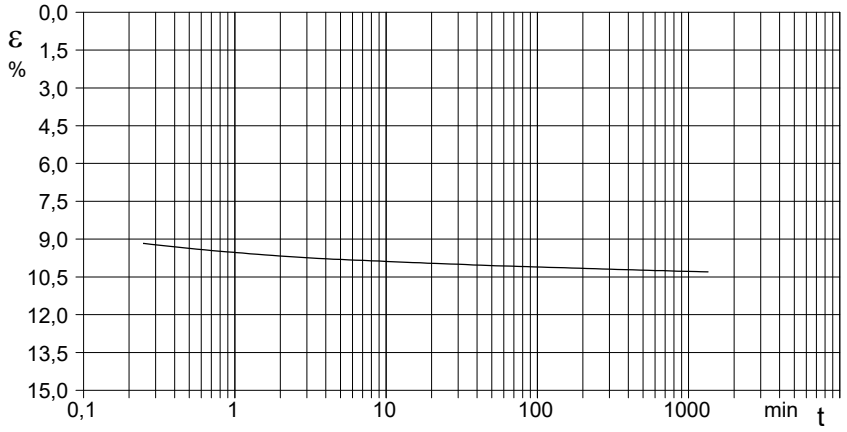


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,794
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01036	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	11/03/25	Inizio analisi:	24/02/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 84 del 24/02/25		Apertura campione:	24/02/25	Fine analisi:	01/03/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	109,60	5,48	0,25	140,50	7,03	0,25	183,50	9,18
0,50	110,40	5,52	0,50	142,20	7,11	0,50	187,40	9,37
1,00	111,80	5,59	1,00	144,30	7,22	1,00	190,60	9,53
2,00	112,90	5,65	2,00	145,10	7,26	2,00	193,40	9,67
4,00	113,20	5,66	4,00	146,00	7,30	4,00	195,60	9,78
8,00	114,50	5,73	8,00	147,10	7,36	8,00	197,20	9,86
15,00	115,30	5,77	15,00	148,30	7,42	15,00	198,60	9,93
30,00	116,00	5,80	30,00	148,90	7,45	30,00	200,00	10,00
60,00	116,50	5,83	60,00	149,60	7,48	60,00	201,30	10,07
120,00	117,30	5,87	120,00	150,60	7,53	120,00	202,40	10,12
240,00	117,30	5,87	240,00	151,50	7,58	240,00	203,50	10,18
480,00	117,80	5,89	480,00	152,60	7,63	480,00	204,60	10,23
900,00	118,80	5,94	900,00	153,20	7,66	900,00	205,50	10,28
1200,00	119,20	5,96	1200,00	153,60	7,68	1200,00	205,90	10,30
1440,00	119,20	5,96	1440,00	153,60	7,68	1440,00	206,00	10,30

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE: TECNA srl		
RIFERIMENTO: Loc. Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

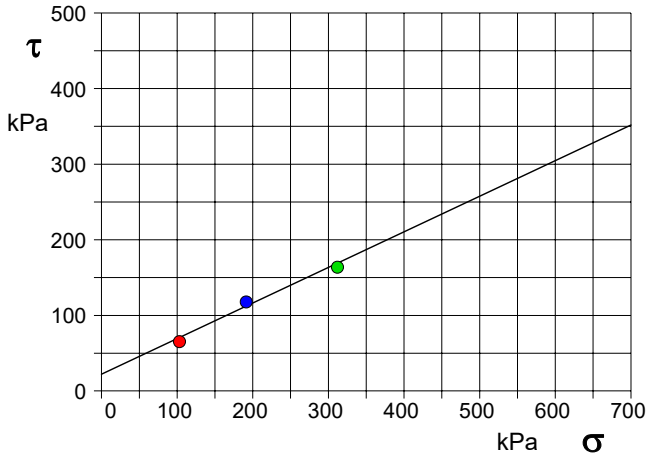
Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	103		191		312	
Tensione a rottura (kPa):	65		118		164	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,28		4,82		5,53	
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,30		0,42		0,37	
Umidità iniziale e umidità finale (%):	- - -	21,4	- - -	24,3	- - -	22,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,3	25,0	18,7	23,2	19,4	26,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	22,2	kPa
Angolo di attrito interno:	25,2	°

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



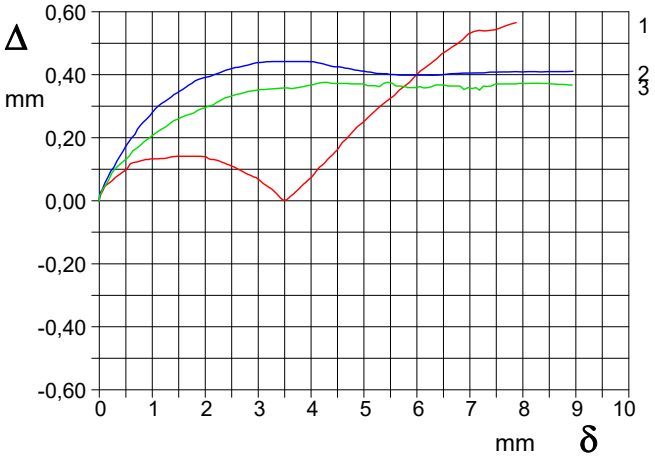


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

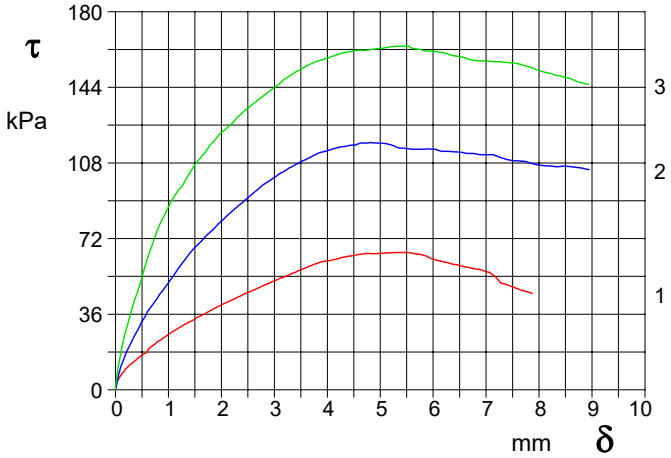


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Certificati

prove penetrometriche

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**1**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037A/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	2		14,9
0,40	1	2		14,9
0,60	2	50		372,4

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

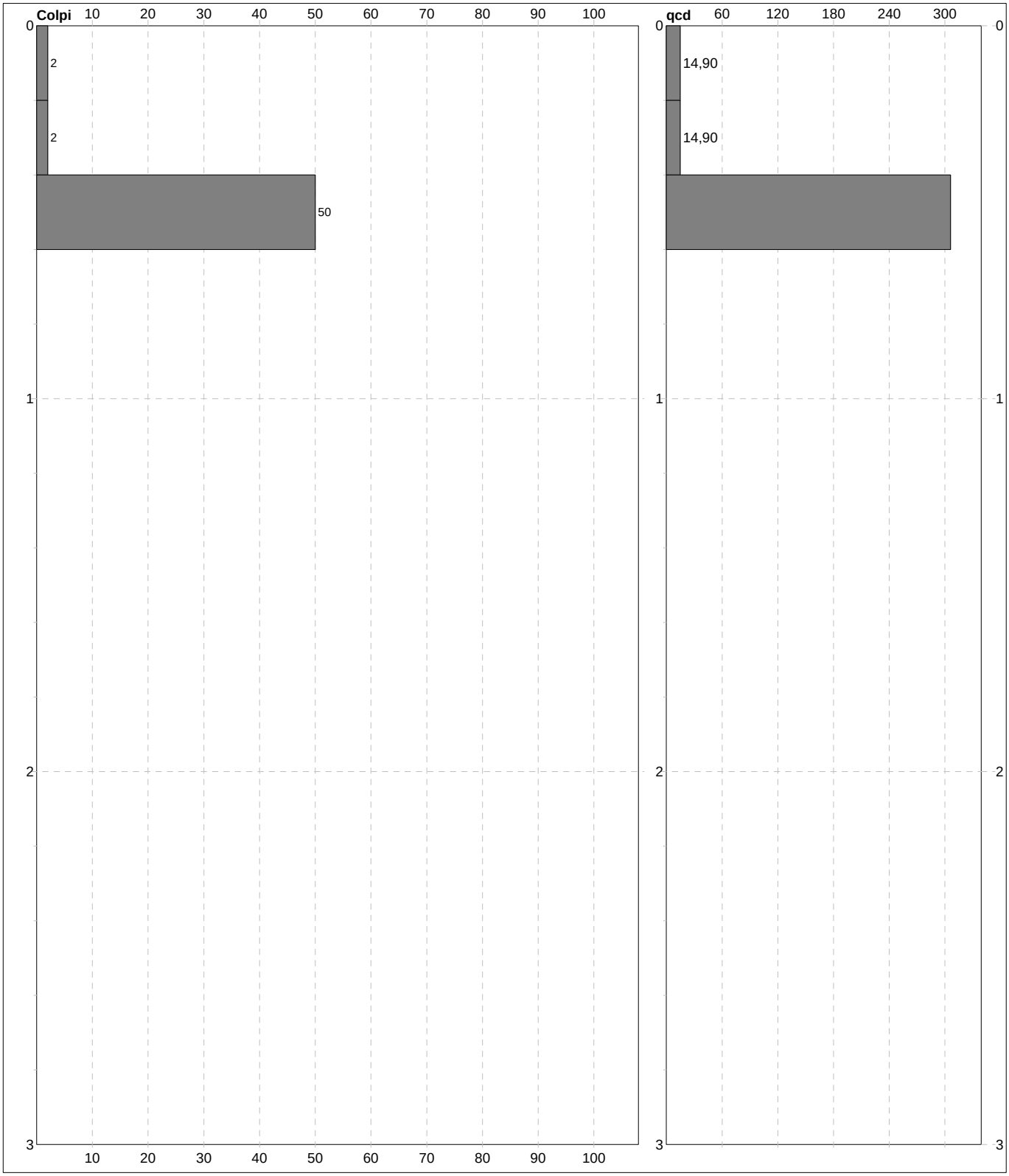
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	1
Riferimento	014-2025
Certificato	037A/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	1
Riferimento	014-2025
Certificato	037A/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**		Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina 1 Elaborato	Falda Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	2	1,52	3	15	13	66	29	0,75	Coes./Gran.	
2	0,40 : 0,60	Media	50	1,52	76	372	335	151	384	18,62	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,40	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	- - -
2	0,40 : 0,60	76	4,75	2,10	20,20	0,55	183	95	44	777	2,21	1,94	770	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**2**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037B/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	1		7,4
0,40	1	1		7,4
0,60	2	2		14,9
0,80	2	2		14,9
1,00	2	4		27,6
1,20	2	7		48,3
1,40	2	7		48,3
1,60	3	18		124,3
1,80	3	50		345,2

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

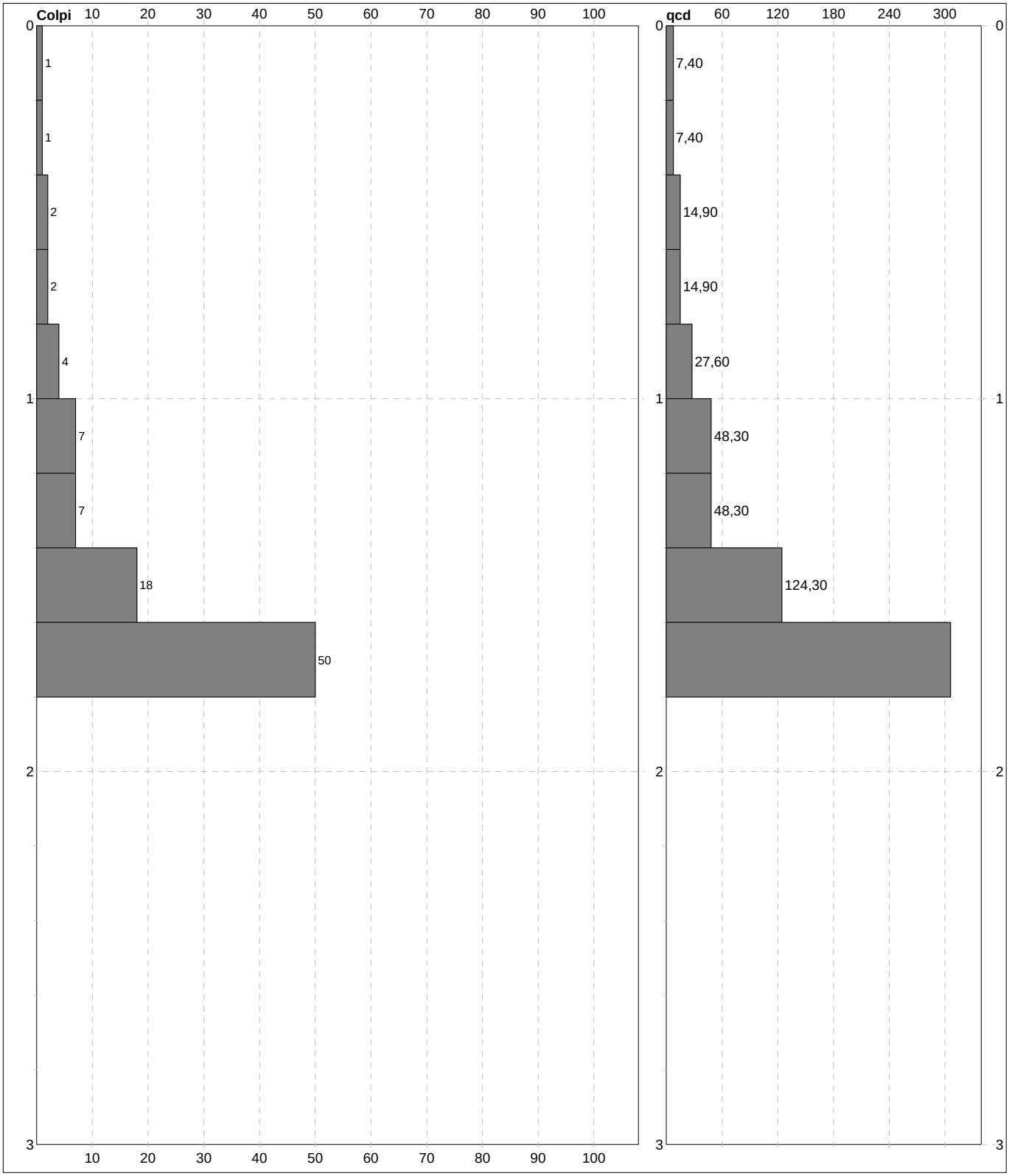
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	2
Riferimento	014-2025
Certificato	037B/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	**2**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037B/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	1	1,52	2	7	7	62	21	0,37	Coes./Gran.	
2	0,40 : 1,40	Media	4	1,52	7	31	30	102	57	1,54	Coes./Gran.	
3	1,40 : 1,80	Media	34	1,52	52	235	211	177	283	11,74	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,40	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	- - -
2	0,40 : 1,40	7	0,44	1,86	36,00	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	150	- - -
3	1,40 : 1,80	52	3,25	2,10	20,20	0,55	134	86	41	592	2,16	1,86	565	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**3**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037C/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	1		7,4
0,40	1	2		14,9
0,60	2	19		141,5
0,80	2	23		171,3
1,00	2	32		220,9
1,20	2	50		345,2

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

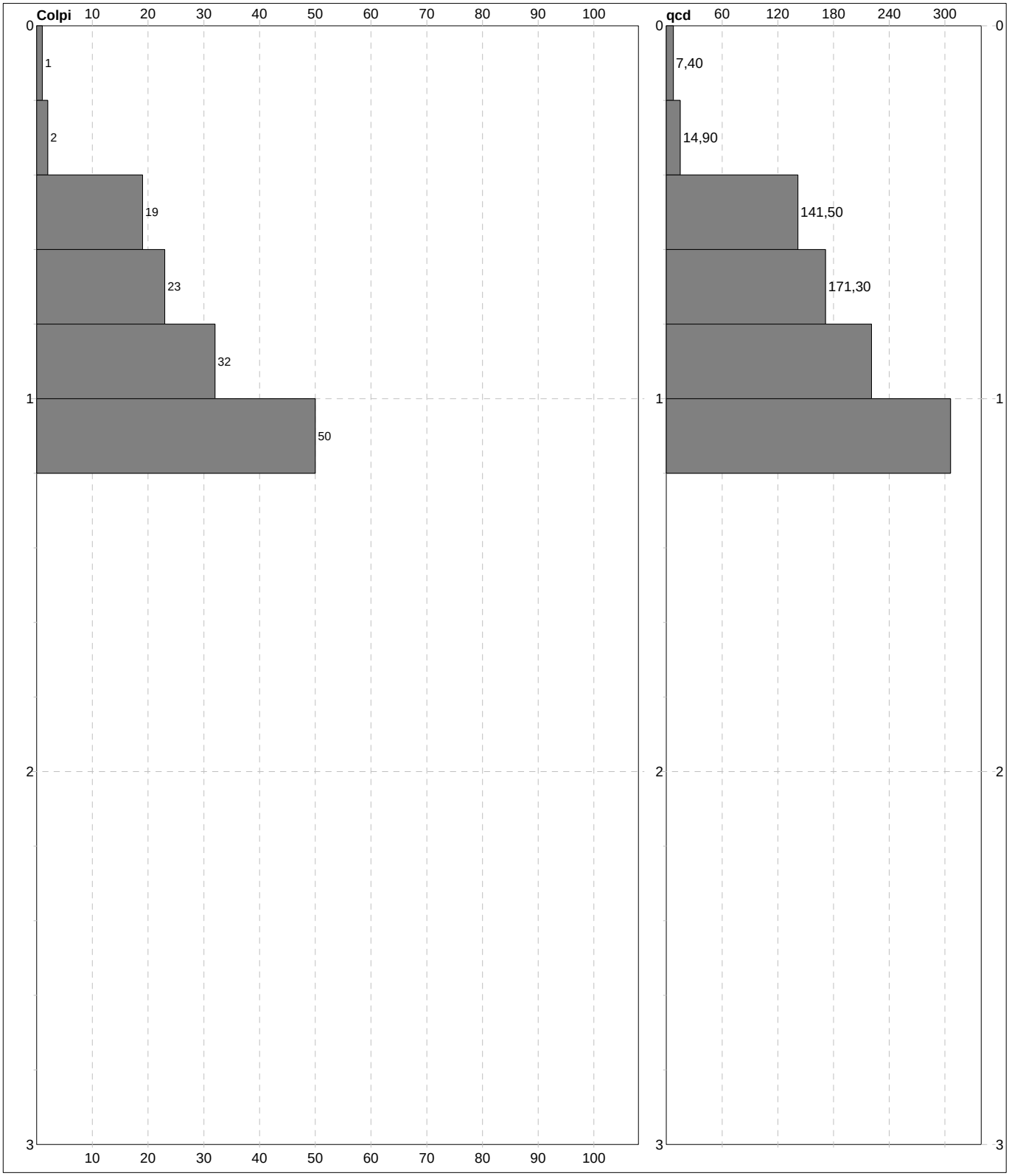
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	3
Riferimento	014-2025
Certificato	037C/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	3
Riferimento	014-2025
Certificato	037C/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	2	1,52	2	11	10	62	21	0,56	Coes./Gran.	
2	0,40 : 0,80	Media	21	1,52	32	156	141	134	192	7,82	Coes./Gran.	
3	0,80 : 1,20	Media	41	1,52	62	283	255	166	326	14,15	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,40	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	- - -
2	0,40 : 0,80	32	2,00	2,10	20,20	0,55	94	67	37	438	2,06	1,71	394	- - -
3	0,80 : 1,20	62	3,88	2,10	20,20	0,55	155	90	43	669	2,18	1,89	650	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**4**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037D/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	2		14,9
0,40	1	2		14,9
0,60	2	4		29,8
0,80	2	4		29,8
1,00	2	6		41,4
1,20	2	9		62,1
1,40	2	8		55,2
1,60	3	7		48,3
1,80	3	6		41,4
2,00	3	14		90,1
2,20	3	50		321,7

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

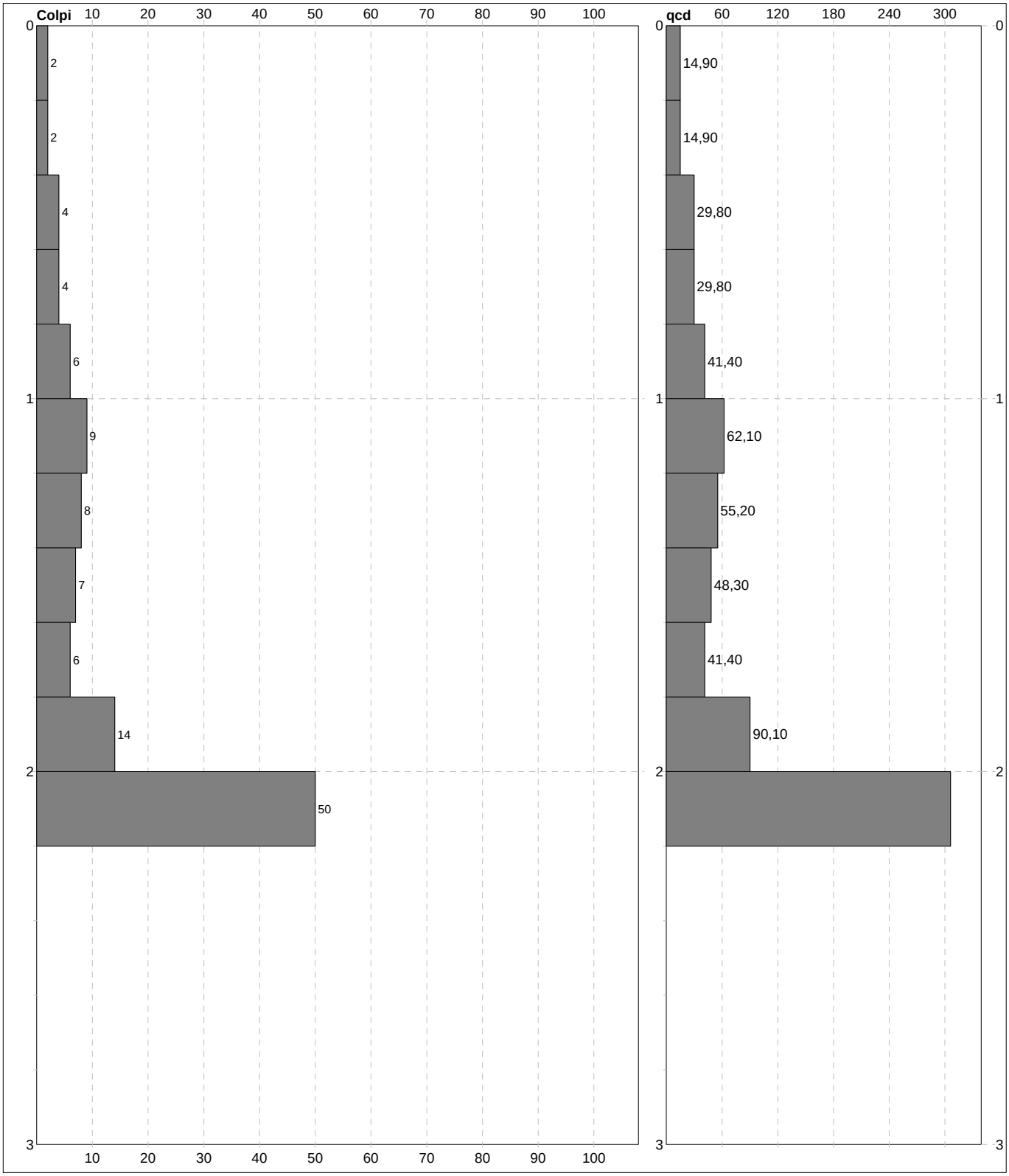
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	4
Riferimento	014-2025
Certificato	037D/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	**4**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037D/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 1,80	Media	5	1,52	8	38	36	105	63	1,88	Coes./Gran.	
2	1,80 : 2,00	Media	14	1,52	21	90	87	143	137	4,51	Coes./Gran.	
3	2,00 : 2,20	Media	50	1,52	76	322	290	199	384	16,09	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 1,80	8	0,50	1,87	34,98	0,94	41	28	29	253	1,91	1,46	161	- - -
2	1,80 : 2,00	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	301	- - -
3	2,00 : 2,20	76	4,75	2,10	20,20	0,55	183	95	44	777	2,21	1,94	770	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**5**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037E/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	1		7,4
0,40	1	1		7,4
0,60	2	1		7,4
0,80	2	3		22,3
1,00	2	9		62,1
1,20	2	9		62,1
1,40	2	13		89,8
1,60	3	15		103,6
1,80	3	25		172,6
2,00	3	11		70,8
2,20	3	6		38,6
2,40	3	22		141,6
2,60	4	50		321,7

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

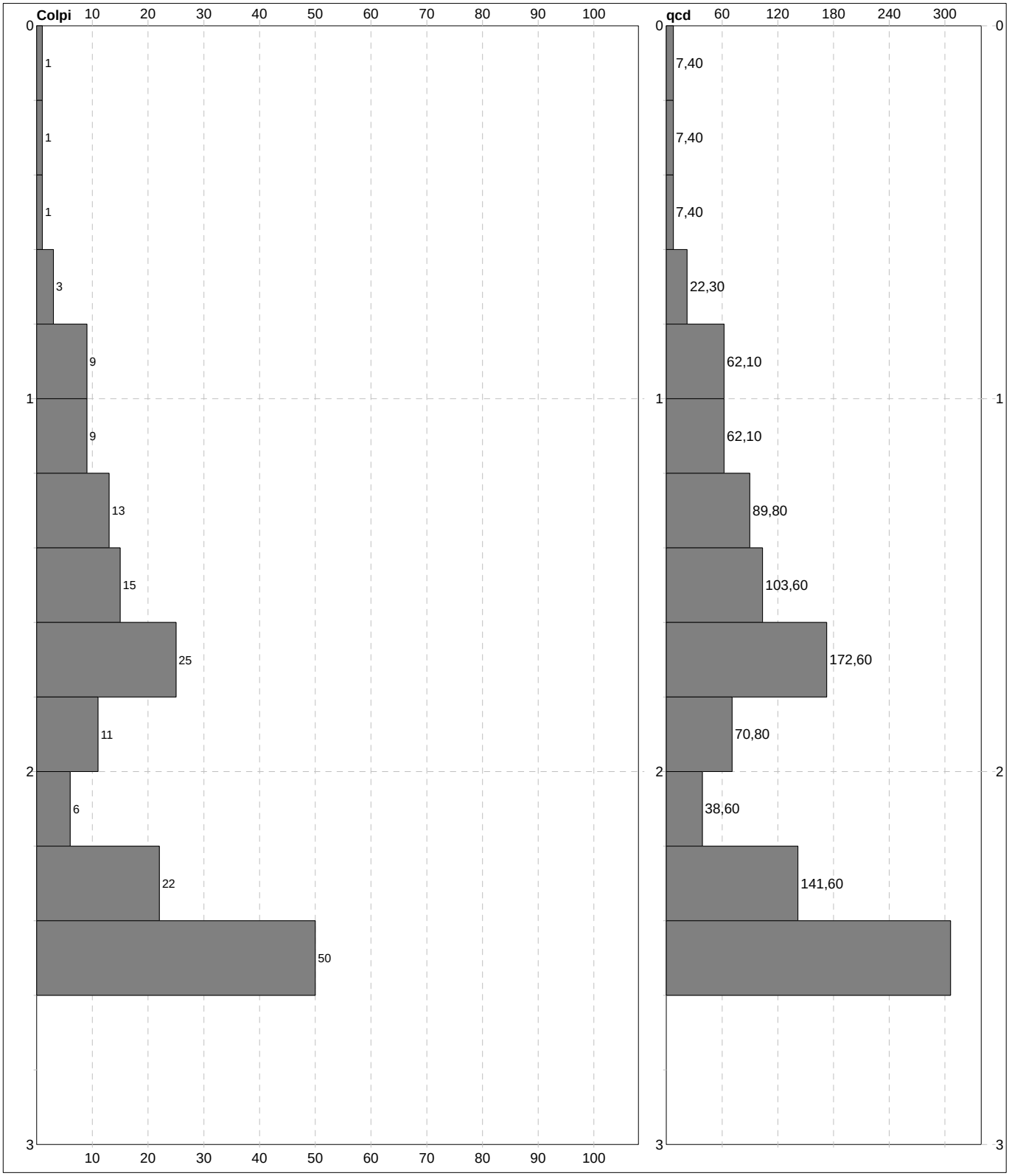
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	5
Riferimento	014-2025
Certificato	037E/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	**5**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037E/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**		Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina 1 Elaborato	Falda Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,60	Media	1	1,52	2	7	7	67	21	0,37	Coes./Gran.	
2	0,60 : 1,20	Media	7	1,52	11	49	47	111	82	2,44	Coes./Gran.	
3	1,20 : 2,40	Media	15	1,52	23	103	95	144	147	5,14	Coes./Gran.	
4	2,40 : 2,60	Media	50	1,52	76	322	290	206	384	16,09	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,60	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	- - -
2	0,60 : 1,20	11	0,69	1,91	32,11	0,87	50	37	30	276	1,94	1,51	196	- - -
3	1,20 : 2,40	23	1,44	2,06	22,58	0,61	75	55	34	369	2,01	1,62	318	- - -
4	2,40 : 2,60	76	4,75	2,10	20,20	0,55	183	95	44	777	2,21	1,94	770	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**6**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037F/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	1		7,4
0,40	1	2		14,9
0,60	2	3		22,3
0,80	2	19		141,5
1,00	2	50		345,2

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

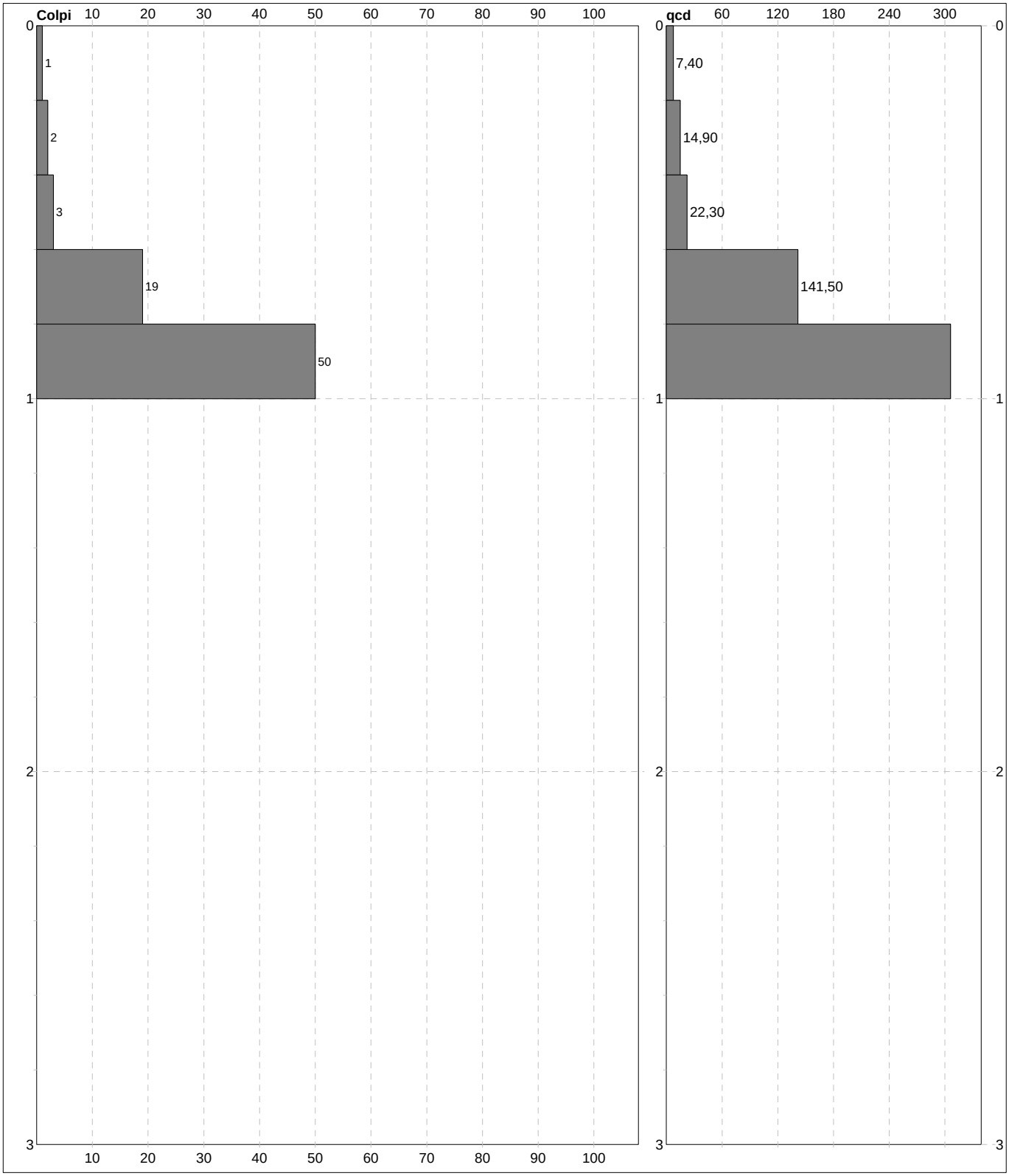
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	6
Riferimento	014-2025
Certificato	037F/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	6
Riferimento	014-2025
Certificato	037F/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**			Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	1	1,52	2	7	7	54	21	0,37	Coes./Gran.	
2	0,20 : 0,60	Media	2	1,52	3	15	13	76	29	0,74	Coes./Gran.	
3	0,60 : 1,00	Media	35	1,52	52	243	231	154	283	12,17	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,20	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	- - -
2	0,20 : 0,60	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	- - -
3	0,60 : 1,00	52	3,25	2,10	20,20	0,55	134	86	41	592	2,16	1,86	565	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	7
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037G/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Pagina 1	Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Elaborato	Falda -1,40 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	0,20	0	
0,40	4,0	7,0		4,0	0,73	5	18,3
0,60	39,0	50,0		39,0	0,47	83	1,2
0,80	46,0	53,0		46,0	1,00	46	2,2
1,00	66,0	81,0		66,0	5,73	12	8,7
1,20	57,0	143,0		57,0	14,47	4	25,4
1,40	403,0	620,0		403,0			

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100

nota: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

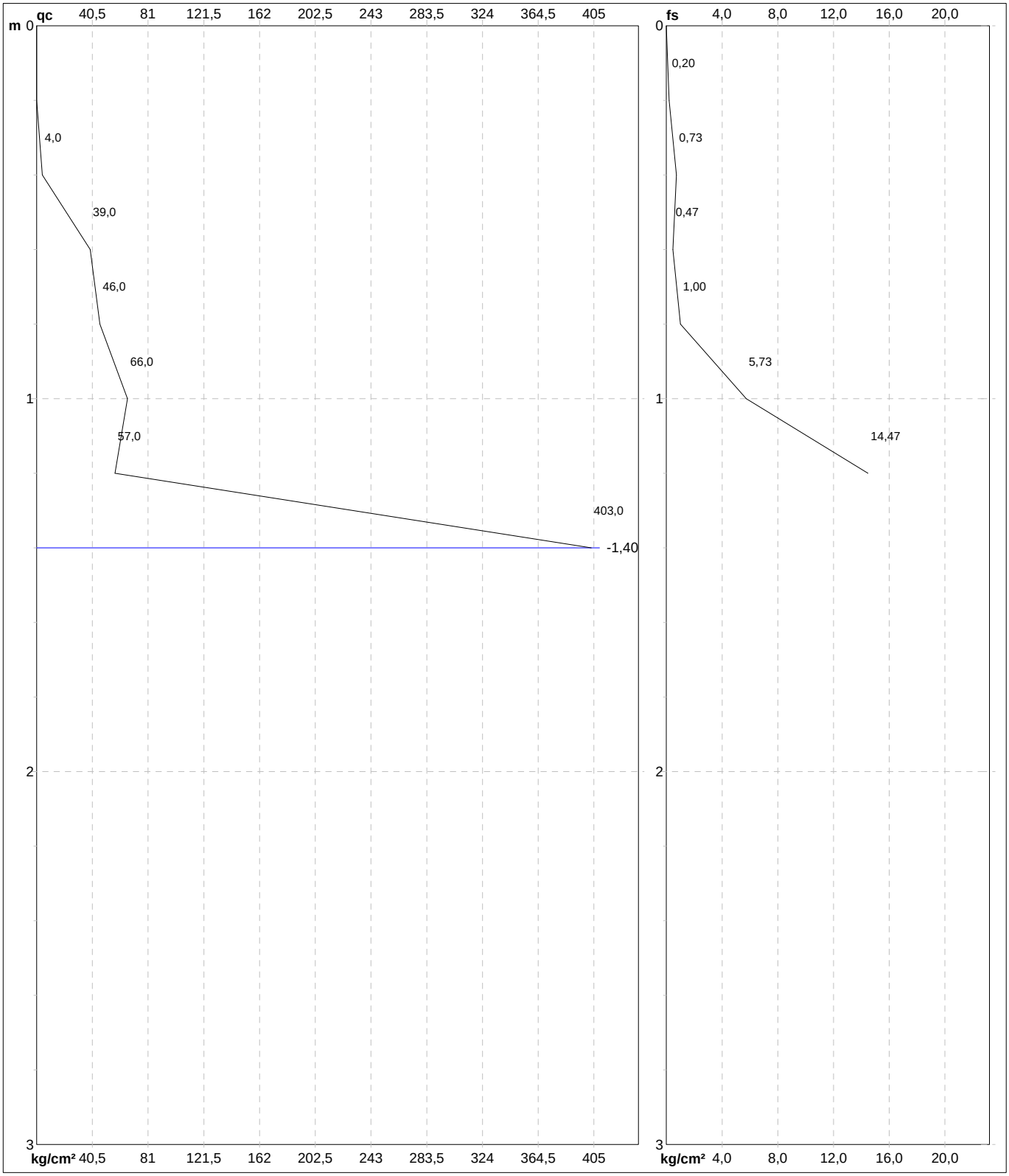
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	7
Riferimento	014-2025
Certificato	037G/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio:	Piano Campagna
		Elaborato		Falda	-1,40 m



		Penetrometro: TG63-200	preforo m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 051012
			Cod. tip:

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

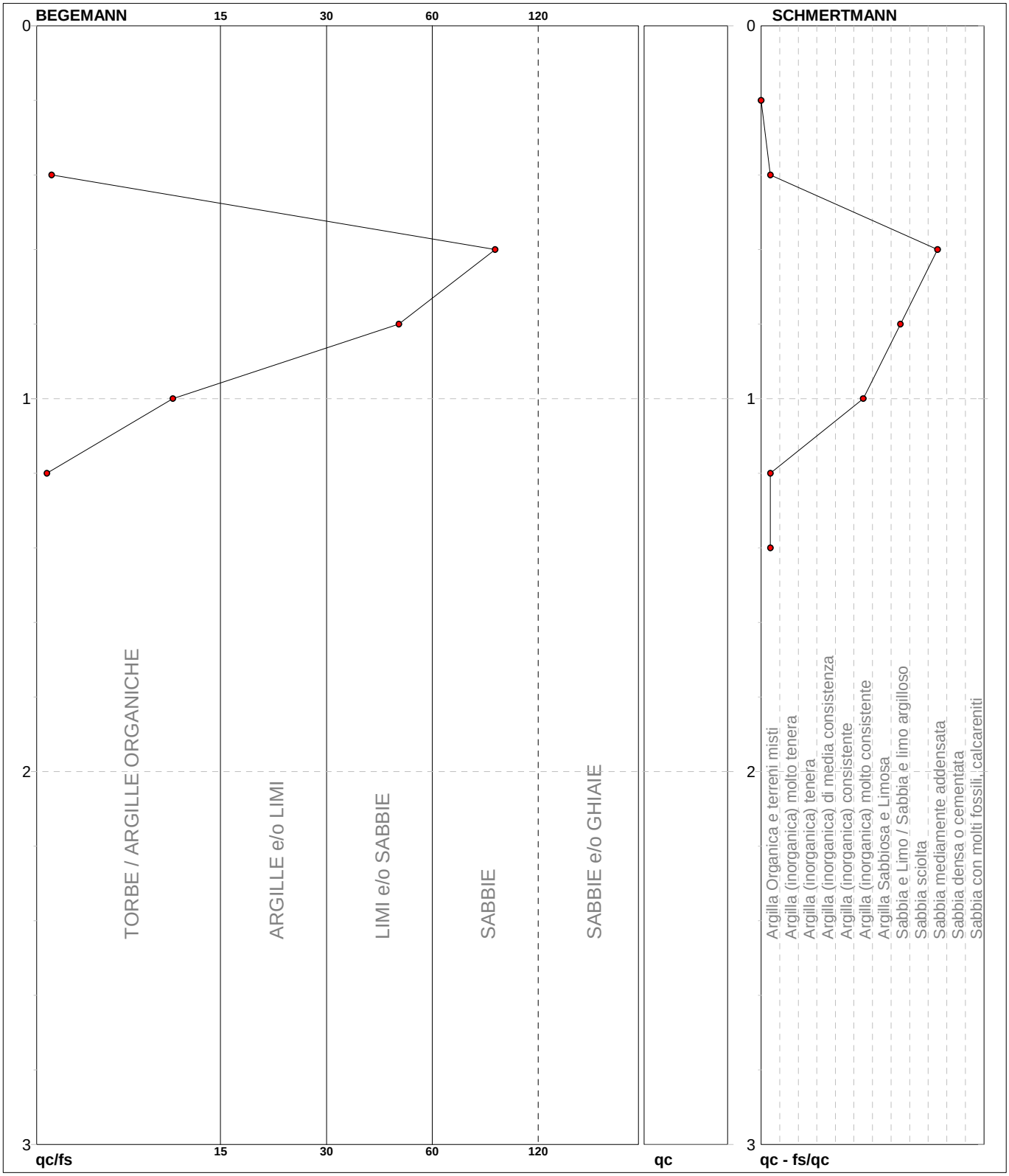
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	7
Riferimento	014-2025
Certificato	037G/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato	14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	-1,40 m



- 014-2025 [7] : 1,40 m

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	**7**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037G/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**		Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina 1 Elaborato	Falda -1,40 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	? ? ?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	4,0	5,5	1	1,85	0,07	93	0,20	21,8	8,0	12,0	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	39,0	83,0	3	1,85	0,11	220	--	--	--	--	--	93	42	39	36	34	42	30	65,0	97,5	117,0	--	--
0,80	46,0	46,0	3	1,85	0,15	234	--	--	--	--	--	92	42	38	36	33	42	31	76,7	115,0	138,0	--	--
1,00	66,0	11,5	4	1,85	0,19	268	2,20	99,9	374,0	561,0	198,0	99	43	39	36	34	43	32	110,0	165,0	198,0	--	--
1,20	57,0	3,9	4	1,85	0,22	254	1,90	91,9	323,0	484,5	171,0	89	42	37	35	32	41	31	95,0	142,5	171,0	--	--
1,40	403,0	--	3	1,15	0,25	531	--	--	--	--	--	100	43	47	44	41	45	40	671,7	1007,5	1209,0	--	--

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN	**8**
Riferimento	**014-2025**
Certificato	037H/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**		Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina 1 Elaborato	Falda -1,20 m

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	1		7,4
0,40	1	1		7,4
0,60	2	1		7,4
0,80	2	2		14,9
1,00	2	21		145,0
1,20	2	50		345,2

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1
L1 = L2
L2 = asta

qcd = punta

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

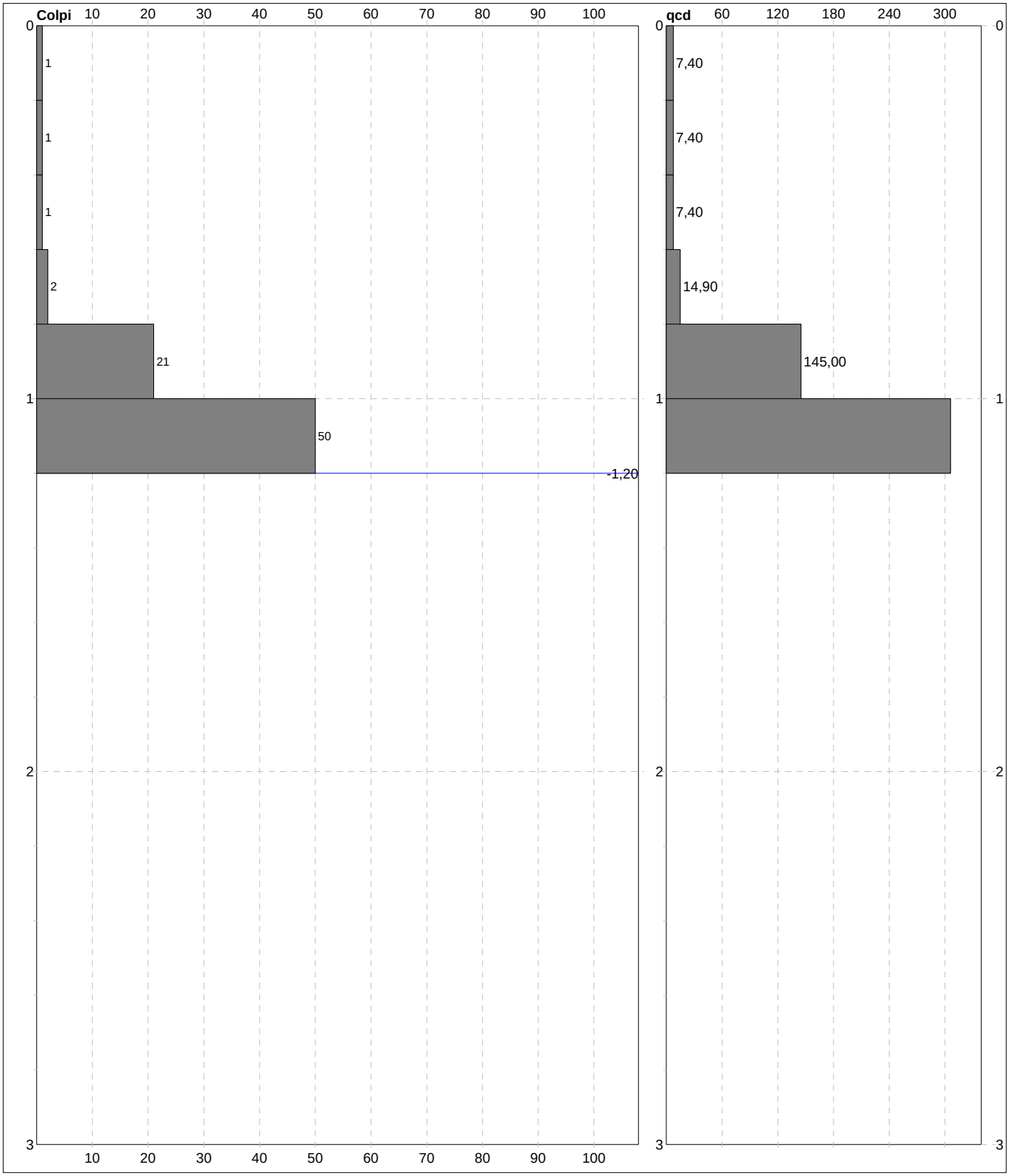
e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	8
Riferimento	014-2025
Certificato	037H/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**	Scala:	1:15	Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina	1	Quota inizio: : Piano Campagna
		Elaborato		Falda -1,20 m



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
0,75 m		Cod.ISTAT: 051012
0,20 m		

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

TECNA SRL
Via Achille Grandi n° 51, AREZZO
tel. 0575-323501 tel. 0575-1979797

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN	8
Riferimento	014-2025
Certificato	037H/2025
n verb. acct.	037 del 10/02/25

Committente	**Comune di Castiglion Fiorentino**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 14/02/2025
Cantiere	**Indagini geognostiche**		Data certificato 14/02/2025
Località	**Montecchio - Castiglion Fiorentino (AR)**	Pagina 1 Elaborato	Falda -1,20 m

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,60	Media	1	1,52	2	7	7	67	21	0,37	Coes./Gran.	
2	0,60 : 0,80	Media	2	1,52	3	15	13	84	29	0,75	Coes./Gran.	
3	0,80 : 1,20	Media	36	1,52	54	245	221	162	292	12,26	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,60	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	- - -
2	0,60 : 0,80	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	- - -
3	0,80 : 1,20	54	3,38	2,10	20,20	0,55	138	87	42	608	2,16	1,86	582	- - -

nota:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

e-mail: tecna@geognostica.it - tecna@micropali.com

Relazione sulle indagini geofisiche

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO
LOC. MONTECCHIO

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA ALLO STUDIO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO IN LOC. MONTECCHIO (AR)

COMMITTENTE:
TECNA SRL

DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA:
Dott. Geol. LORENZO SEDDA

Rapporto Tecnico #2795/23 rev.00 di:
GIULIA CENSINI
D.ssa in Scienze Geologiche

Supervisione
GIANFRANCO CENSINI
Geologo / Geofisico

Associato a European Association of Geoscientists and Engineers
Geophysical Division al n.M1987-093

Marzo 2025

GEORISORSE ITALIA di G. Censini & C. s.a.s
Prospezioni geofisiche per l'esplorazione, la caratterizzazione e lo studio del sottosuolo
Via E. Fermi, 8 – 53048 SINALUNGA (SI)
Tel. 0577.55.39.05 – Cell. 335.66.23.065
www.georisorse.it – info@georisorse.it– georisorse.italia@pec.it

1983 - 2023
GEORISORSE ITALIA
Quarant'anni di esplorazione geofisica del sottosuolo

PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

GEORISORSE ITALIA

SOMMARIO

1. PREMESSA 2

2. INDAGINI ESEGUITE: METODOLOGIE ED OPERAZIONI SVOLTE 5

2.1- SISMICA A RIFRAZIONE 5
2.1.1 - ACQUISIZIONE DATI 5
2.1.2 - ELABORAZIONE DATI 5
2.2 MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) 9
2.2.1 METODOLOGIA 9
2.2.2 SISTEMA D'ACQUISIZIONE 12
2.2.3 ELABORAZIONE DATI 14
2.3 REGISTRAZIONE DI RUMORE SISMICO NATURALE A STAZIONE SINGOLA – HVSR 17
2.3.1 METODOLOGIA 17
2.3.2 ACQUISIZIONE ED ANALISI DEI DATI 18

3. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI OTTENUTI 20

INDICE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento geografico della zona di intervento 2
Figura 2 - Piano di posizione delle indagini 3
Figura 3 - Cartografia Geologica da DB Regionale 4
Figura 4 - Tomografia sismica ad onde P del profilo PR1 8
Figura 5 - Tomografia sismica ad onde S del profilo PR1 8
Figura 6 - Onde sismiche-Interessamento dello strato di suolo al variare della lunghezza d'onda 10
Figura 7 - Onde sismiche - Sfasamento delle componenti del segnale a seconda della posizione del sensore 11
Figura 8 - Sismogramma utilizzato per elaborazione MASW 13
Figura 9 – MASW 1_Picking della curva di dispersione 14
Figura 10 – MASW 1_Adattamento della curva di dispersione con il modello stratigrafico 15
Figura 11 – MASW 1_Profilo VSv-Z 16
Figura 12 - Grafico della curva H/V 19
Figura 13 – Sezione Interpretativa del profilo PR1 20
Figura 14 – Legenda della sezione interpretativa del profilo PR1 21

ALLEGATI:

- N° 3 TAVOLE IN FORMATO A3.

1. PREMESSA

Il giorno 13 Marzo 2025, GEORISORSE ITALIA SAS con sede in Sinalunga (SI) in Via E. Fermi 8, su incarico di TECNA SRL sotto la direzione di indagine geologica del Dott. Geol. Lorenzo Sedda, ha eseguito un'indagine geofisica multimetodologica finalizzata allo studio e caratterizzazione del sottosuolo in Loc. Montecchio (AR).

Di seguito si riporta un'immagine estratta da "Google Maps" (in scala adattata alla pagina) che permette di identificare l'area di indagine:

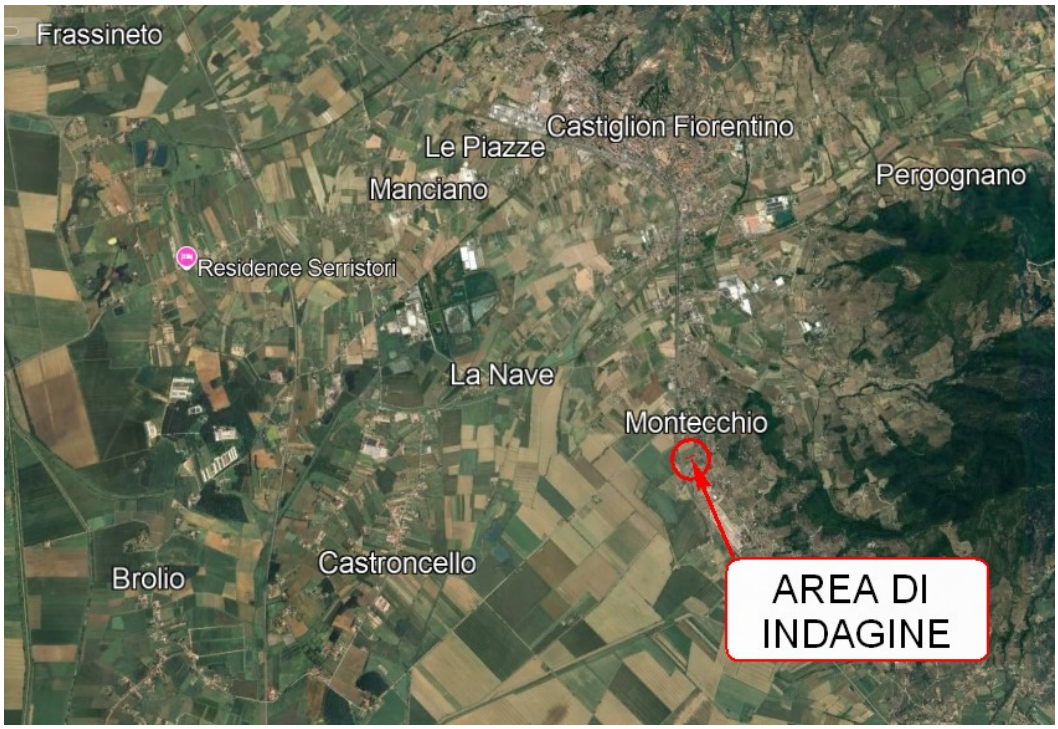


Figura 1 - Inquadramento geografico della zona di intervento

Il presente rapporto è relativo ad una indagine geofisica consistente in:

- n°1 profilo di sismica a rifrazione in onde P ed S della lunghezza di 120m e cadenza dei geofoni di 5m;
- n°1 profili sismici MASW della lunghezza di 48m ciascuna, da cui è stato possibile ottenere il valore del VS30 come da vigente normativa;
- n°1 registrazione HVSR della durata di 30'.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella Tavola 1 allegata al presente rapporto, sia alla scala 1:5'000 nell'inquadramento generale dell'area d'indagine, che alla scala 1:500 nella cartografia di dettaglio. Di seguito, in scala adattata alla pagina, il piano di posizione delle indagini.

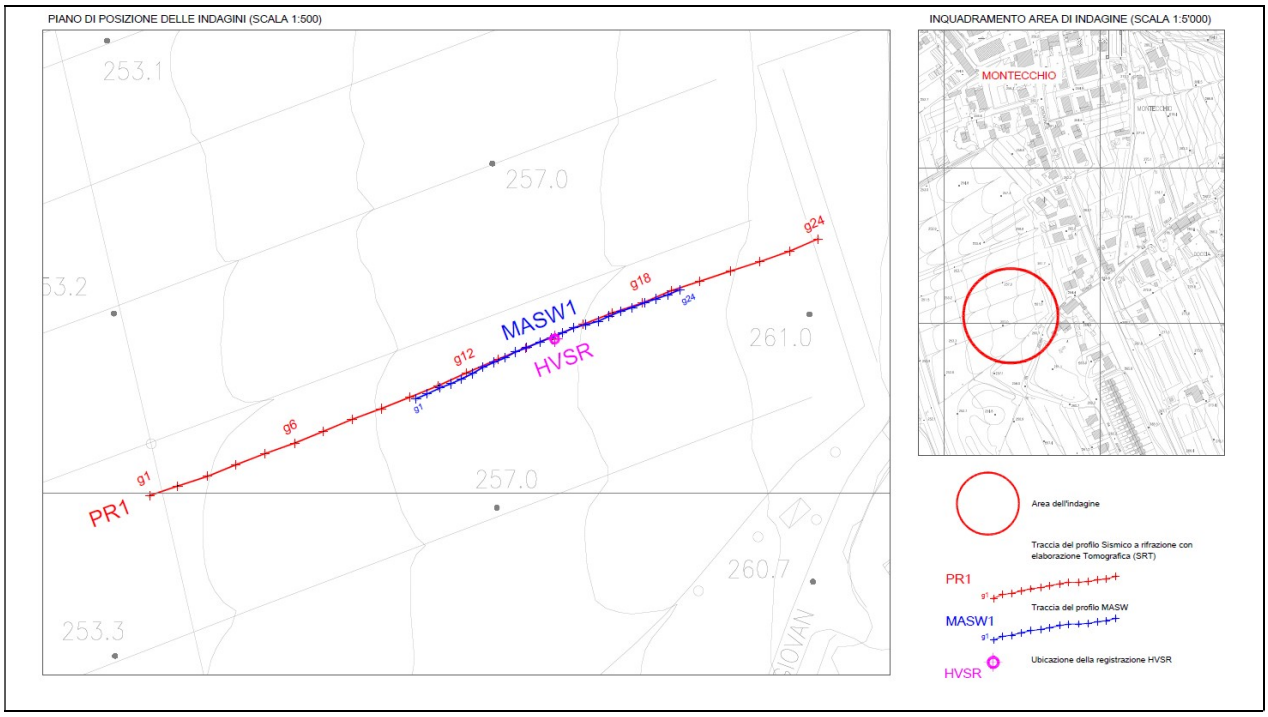
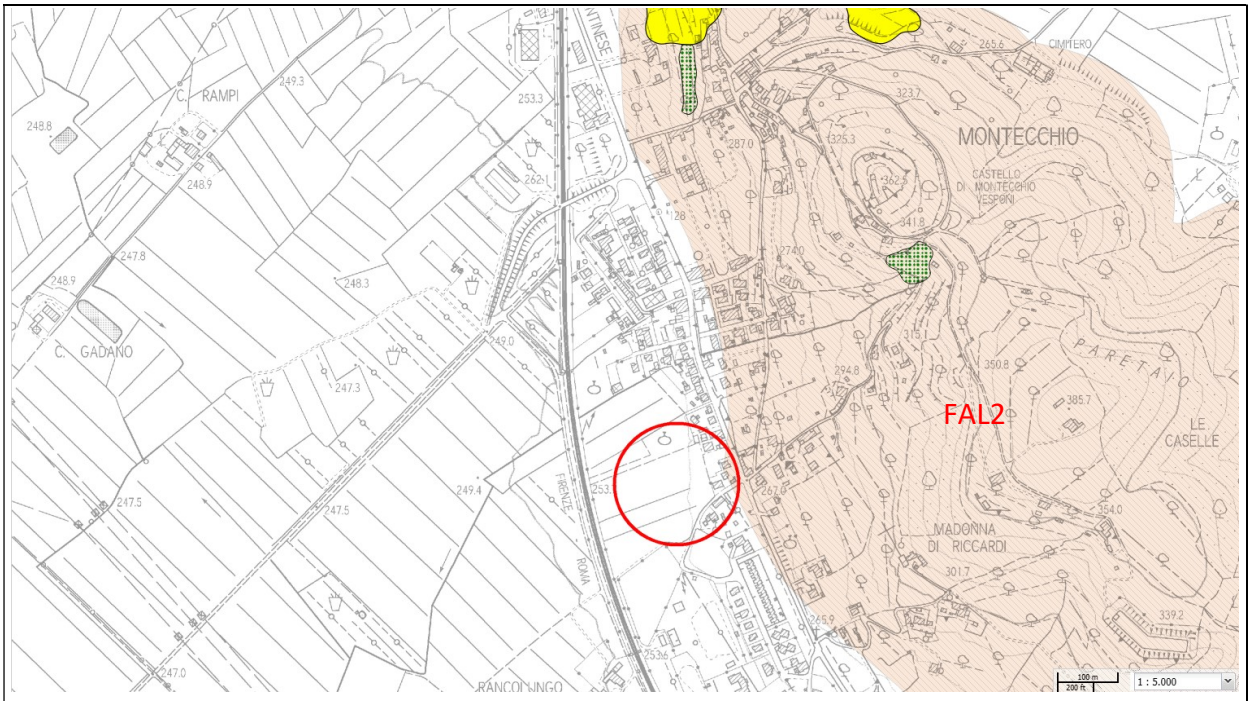
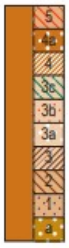


Figura 2 - Piano di posizione delle indagini

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico dell'area, pur rimandando allo specifico rapporto del Dott. Geol. Lorenzo Sedda, si ricorda brevemente che nell'area di Montecchio le arenarie torbiditiche silicoclastiche del Membro di Camaldoli, appartenente alla Formazione delle Arenarie di M. Falterona, come mostrato nella carta geologica di seguito allegata, estratta dal DB Regionale.



CEV *nota*[a]



FAL

ARENARIE DI M. FALTERONA
Arenarie torbiditiche silicoclastiche in strati spessi. *(Arenarie di Pratomagno)*
Membro di Fosso delle Valli (FAL5).
Marne di Galiga, siltiti e arenarie (FAL4a).
Membro di Lonnano, siltiti e arenarie (FAL4).
Litofacies siltoso-arenacea (FAL3c).
Litofacies marnosa (FAL3b).
Litofacies argillitica (FAL3a).
Membro di Montalto: membro arenaceo pelitico (FAL3).
Membro di Camaldoli (FAL2).
Membro di Montefalco: arenarie grigie in strati spessi in banchi amalgamati talora a base microconglomeratica (FAL1).
Olistostromi di materiale proveniente dalle unità liguri (FALa).
Aquitaniano-Burdigaliano.

Unita' gerarchicamente superiore	Unita' di M. Cervarola
Sigla unita' geologica	FAL2
Descrizione unita' geologica	Membro di Camaldoli
Denominazione unita' geologica	Membro di Camaldoli
Eta'	AQUITANIANO - BURDIGALIANO
Unita' litologica di appartenenza	UL9
Sigla unita' geologica nella carta in scala 1:100.000	FAL2
Descrizione unita' geologica nella carta in scala 1:100.000	Membro di Camaldoli
Sigla unita' geologica nella carta in scala 1:250.000	CEV
Descrizione unita' geologica nella carta in scala 1:250.000	Arenarie torbiditiche silicoclastiche

Figura 3 - Cartografia Geologica da DB Regionale

2. INDAGINI ESEGUITE: METODOLOGIE ED OPERAZIONI SVOLTE

2.1- SISMICA A RIFRAZIONE

2.1.1 - ACQUISIZIONE DATI

Il profilo sismico si esegue disponendo sul terreno una serie di sensori (geofoni), ad intervallo costante, che poi vengono collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente una serie di vibrazioni impulsive in corrispondenza di punti prestabiliti lungo il profilo: nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (trigger).

Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con campionamento ad intervallo costante e predeterminato, dei segnali ricevuti dai sensori.

Nella presente indagine è stato utilizzato il sismografo digitale DAQLink III della "Seismic Source" in configurazione da 24 canali.

Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza da 11 Kg battente su una piastra in materiale sintetico. La dinamica di campionamento digitale a 24 bit del sismografo e l'energia utilizzata per i vari punti di tiro hanno consentito una buona qualità delle registrazioni lungo tutto il profilo.

Le energizzazioni lungo tutto il profilo, sono state effettuate ogni 3 geofoni.

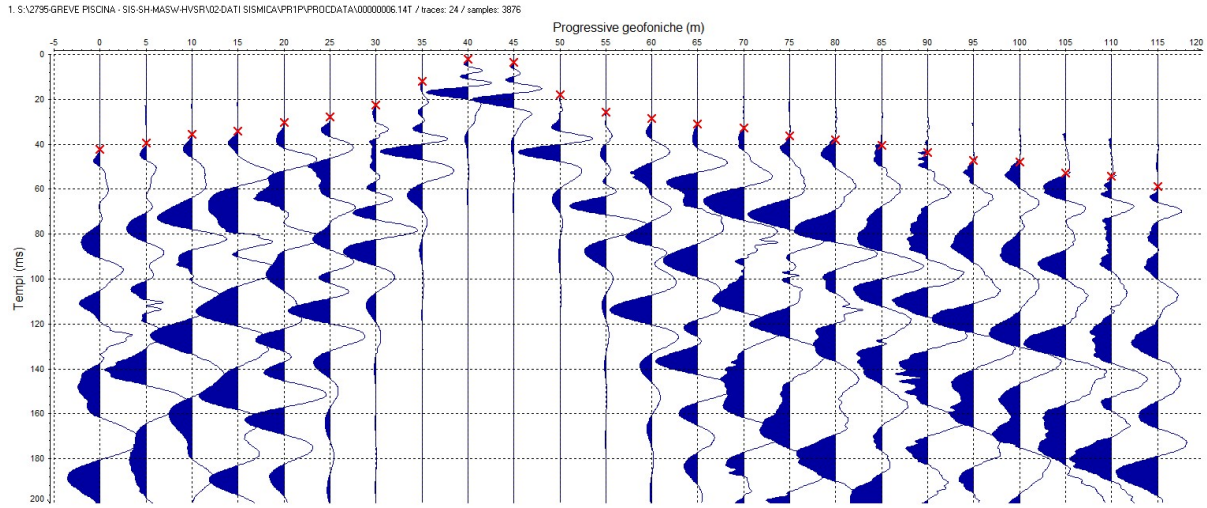
2.1.2 - ELABORAZIONE DATI

PICKING

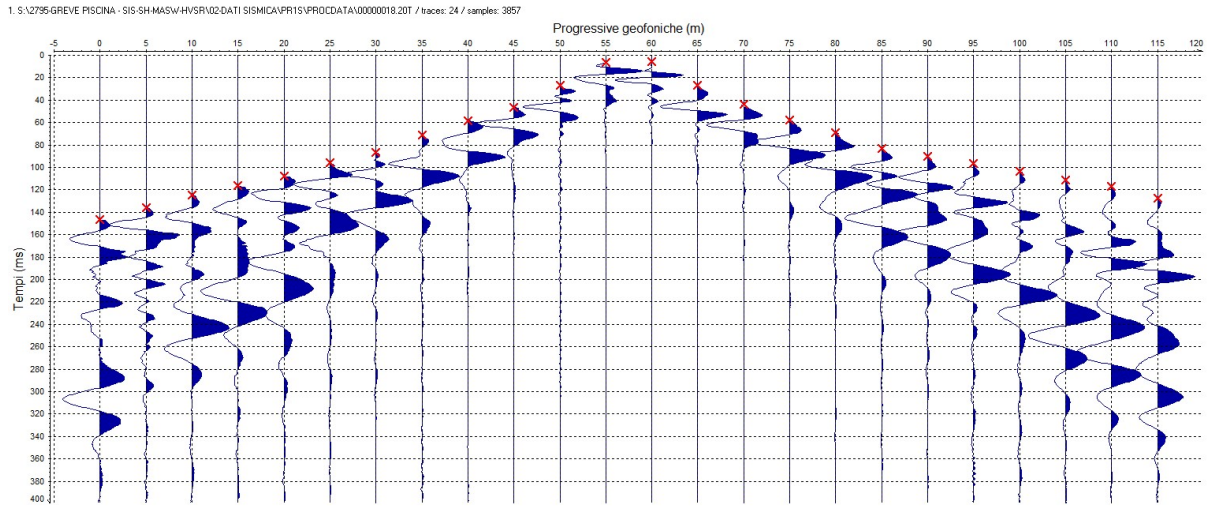
La determinazione degli istanti di primo arrivo è stata effettuata mediante l'ausilio del software Reflexw versione 7.0 che permette la visualizzazione ed eventuale miglioramento del segnale mediante tecniche di filtraggio digitale. In genere si è proceduto alla regolarizzazione della scala di ampiezza della traccia, al filtraggio di rumori ad alta frequenza e/o a bassa frequenza oltre alla eliminazione di componenti monotonali a 50 Hz derivanti da linee elettriche presenti nelle vicinanze. Queste

operazioni hanno portato a notevoli miglioramenti dei sismogrammi acquisiti. Nelle pagine seguenti vengono riportate delle immagini relative ai risultati dopo tali elaborazioni, dove viene indicato il punto selezionato come istante di primo arrivo delle vibrazioni per ciascuna traccia. Questa selezione è stata effettuata manualmente con l'ausilio della funzione "PHASE FOLLOWER" di Reflexw che, laddove i segnali sono chiari, porta alla individuazione dello stesso segnale selezionato nelle tracce successive a quella in cui è stato individuato con chiarezza. Di seguito, si riportano alcuni sismogrammi:

PR1 onde P tiro al geofono 9.5



PR1 onde SH tiro al geofono 12

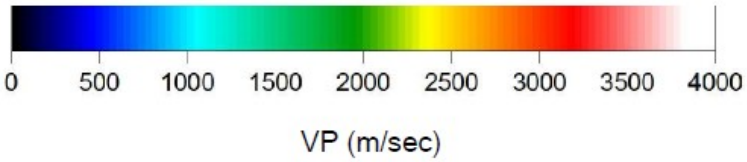


ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

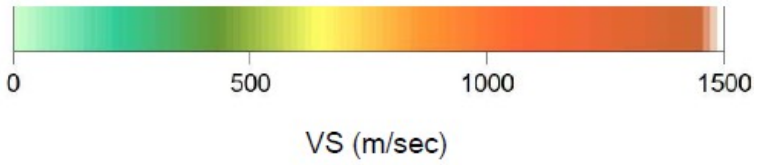
Partendo dagli stessi dati del picking è stata effettuata la elaborazione tomografica con il software RAYFRACT che parte da un modello iniziale generato con la tecnica Deltat-V. Successivamente viene effettuata l'inversione iterativa del modello con la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography) che analizza la propagazione dei vari fronti d'onda generati nei punti di tiro fino ad ogni geofono.

Il modello stratigrafico ottenuto come insieme di elementi caratterizzati da una specifica velocità viene quindi rappresentato mediante il contour a linee di isovelocità. La colorazione dei vari elementi secondo una scala cromatica riferita ad una predefinita sequenza di velocità facilita l'immediata visione dei risultati.

Nel caso specifico la tomografia ottenuta, allegate nella **Tavola n. 2**, viene rappresentata mediante curve isovelocità ad intervallo di 200 m/sec ed una scala cromatica (vedi immagine sottostante) che va dal blu scuro per i valori bassi passando poi al celeste, poi al verde, poi al giallo poi al rosso ed infine al bianco per i valori massimi pari e superiori a 3.000 m/sec nella zona in esame.



Per le onde SH la tomografia è stata calcolata nel range tra 0 e 1.000 m/sec e la rappresentazione ad isolinee è effettuata con intervallo di 90 m/Sec, al fine di in evidenziare le curve isovelocità 180 e 360 m/sec, che rappresentano i valori di soglia per definire la categoria di sottosuolo secondo la vigente normativa.



Nelle figure seguenti si riportano le tomografie ottenute per il profilo PR1 (immagini non in scala):

PR1-P

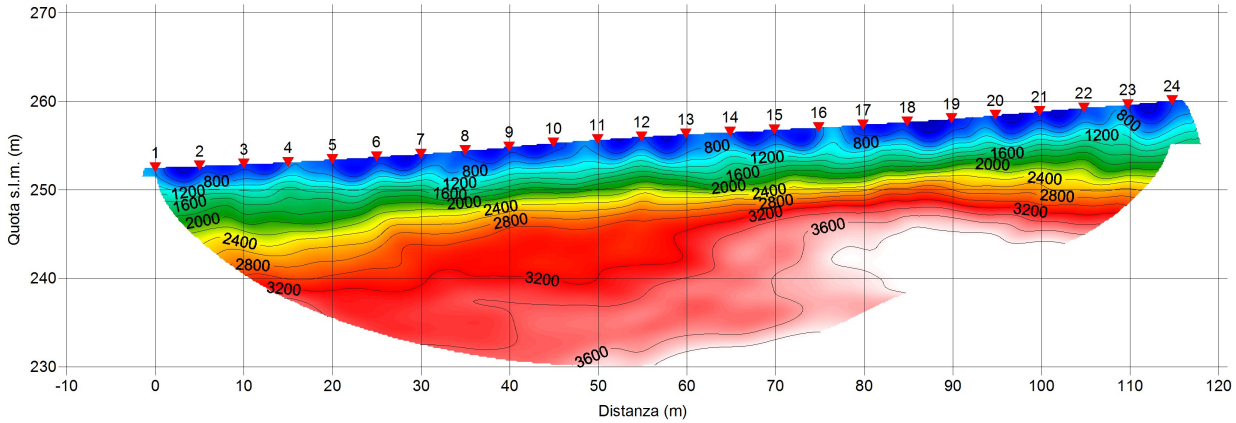


Figura 4 - Tomografia sismica ad onde P del profilo PR1

PR1-S

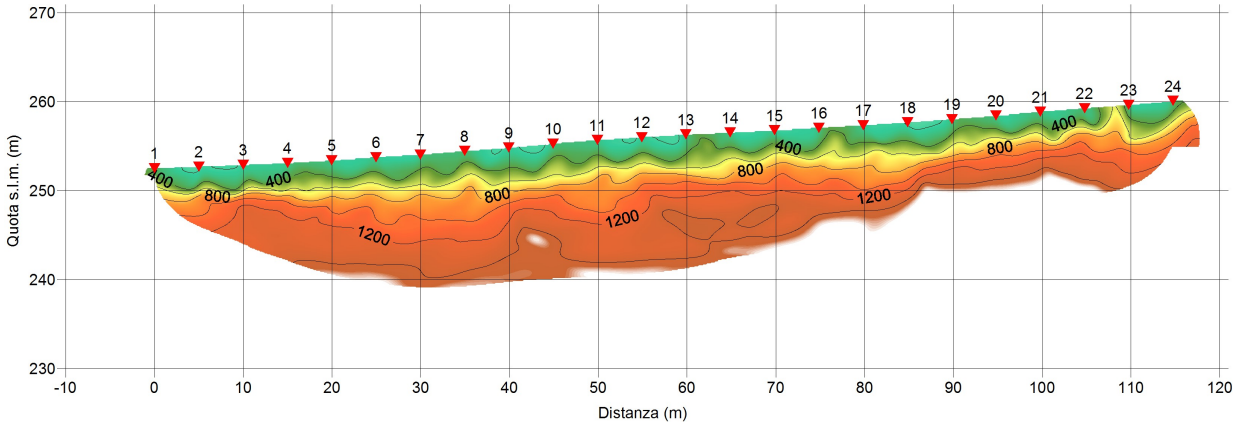


Figura 5 - Tomografia sismica ad onde S del profilo PR1

2.2 MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

2.2.1 METODOLOGIA

Il metodo MASW (Multichannel Analisys of Surface Waves) è una tecnica di indagine sismica attiva di recente introduzione (Parker, Miller e Xia - 1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da 12 o più sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili VSv-Z (velocità delle onde di taglio verticali – profondità) mono o bidimensionali. Nel dettaglio la perturbazione sismica viene generata da una massa battente, costituita da una mazza o da un grave in caduta libera, e registrata da uno stendimento lineare di sensori.

Nella prospezione MASW è particolarmente importante l'uso di una sorgente di energia idonea a generare onde a bassa frequenza con λ paragonabili alla lunghezza dello stendimento, ossia alla profondità massima che vogliamo investigare.

E' fondamentale, inoltre, adottare una distanza intergeofonica piccola (non superiore a 3m) in modo da avere informazioni anche sulle porzioni di terreno più superficiali. Ad esempio, un interspazio tra i geofoni di 5 metri non consentirebbe di avere adeguate informazioni sulla stratigrafia dei primi 5 metri di profondità. Inoltre, un'eccessiva distanza tra i geofoni (ossia un basso numero di geofoni per una certa distanza) ridurrebbe la "ridondanza", cioè quel fenomeno che permette di registrare la stessa frequenza da più stazioni e consente di avere un migliore rapporto segnale/rumore e quindi una migliore definizione della curva di dispersione ottimale.

Questa metodologia di indagine geofisica si basa sulla constatazione che la velocità di propagazione delle onde superficiali non è costante al variare della frequenza delle onde stesse: questa osservazione trova giustificazione nel fatto che la sollecitazione su una parte infinitesima del terreno, durante la propagazione di un'onda superficiale, segue una traiettoria circolare con oscillazione ritmica rispetto ad un punto centrale che rimane fermo.

Appare evidente, quindi, che onde di lunghezza più grande interessano zone più profonde di quanto non accada per oscillazioni a lunghezza d'onda inferiore. Nelle figure seguenti si rappresenta graficamente questo fenomeno:

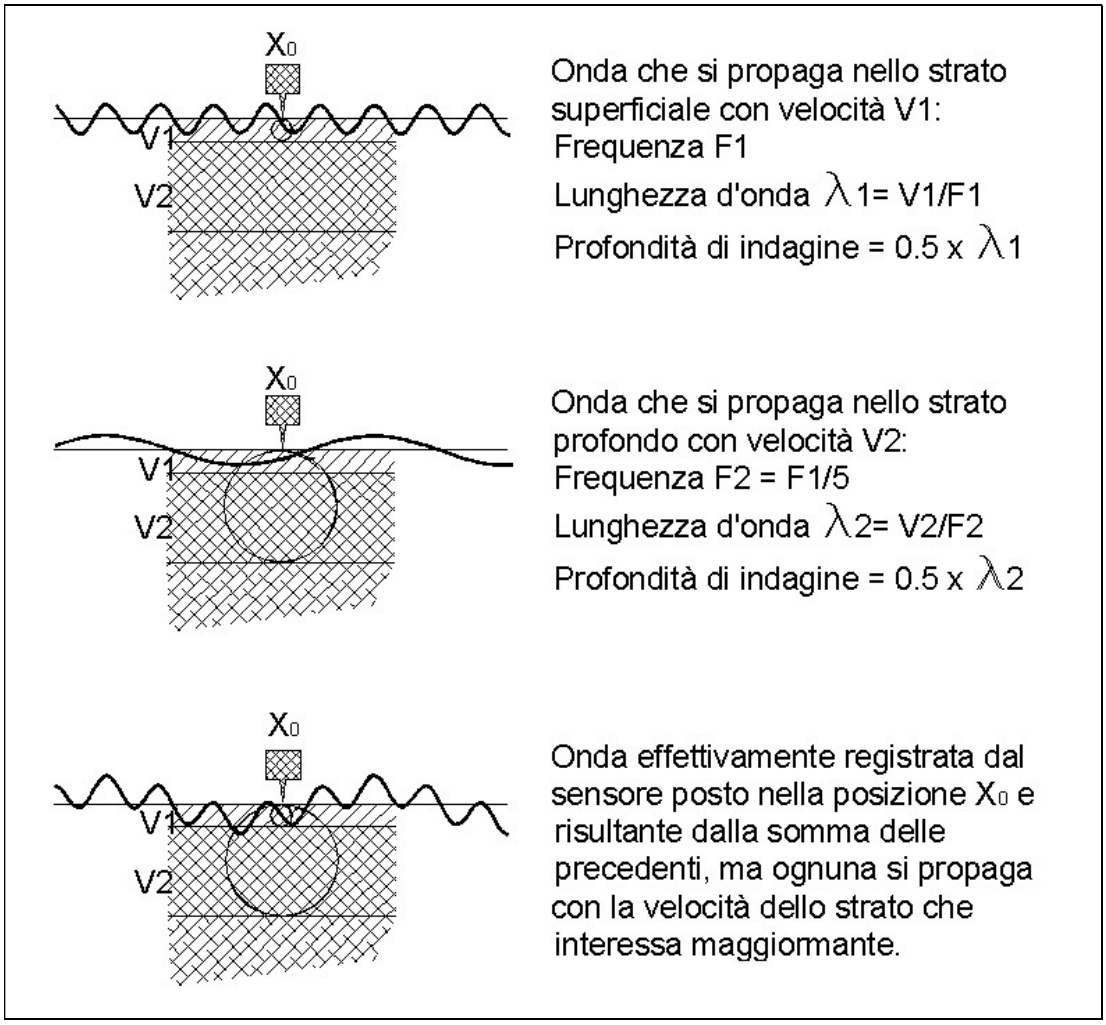


Figura 6 - Onde sismiche-Interessamento dello strato di suolo al variare della lunghezza d'onda

Sperimentalmente si osserva che i segnali registrati in un punto diverso non sono solo attenuati dalla distanza dal punto sorgente, ma hanno anche differenti sfasamenti delle varie componenti, cioè:

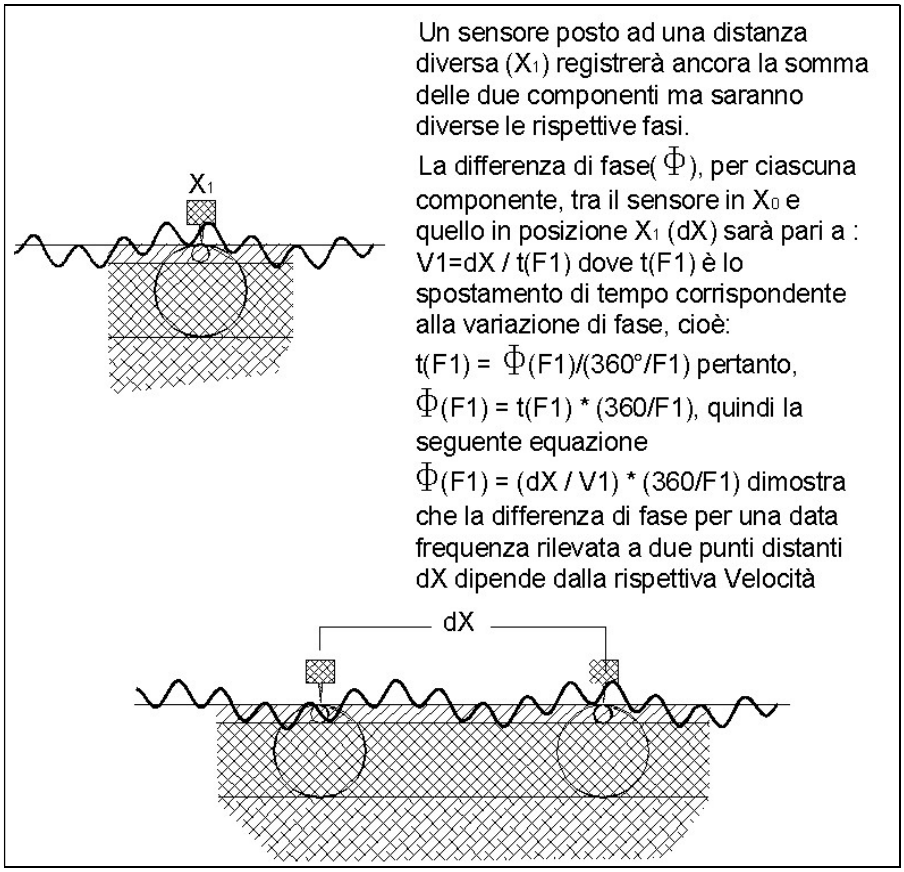


Figura 7 - Onde sismiche - Sfasamento delle componenti del segnale a seconda della posizione del sensore

Tenendo conto che un segnale sismico generato artificialmente (mediante un colpo di un martello, ad esempio) ha un contenuto in frequenza ampio, un terreno stratificato con materiali differenti, si comporterà come un filtro, separando le varie componenti che si propagheranno nei vari strati con le velocità caratteristiche, dipendenti essenzialmente dai parametri di elasticità degli stessi e dalla densità in situ del materiale.

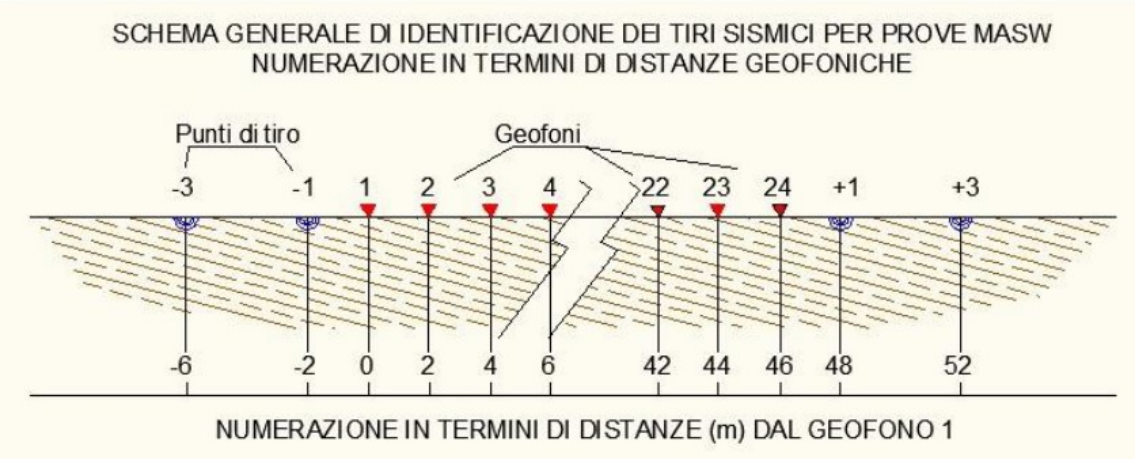
2.2.2 SISTEMA D'ACQUISIZIONE

Le operazioni di acquisizione dati si sono svolte utilizzando un sismografo digitale DAQ-Link III della Seismic Source, 24 geofoni verticali Mark-Products a 4.5 Hz.

Come sorgente energizzante per le onde di Rayleigh è stata utilizzata una massa battente, da 11 Kg di peso, che impatta sul terreno attraverso un apposito smorzatore il cui scopo è quello di limitare la trasmissione di segnali ad alta frequenza che possono disturbare il segnale utile che, per questo tipo di indagine, deve avere una componente a bassa frequenza prevalente; di seguito una immagine di repertorio che mostra il suddetto sistema.

La prova MASW è stata realizzata utilizzando 24 geofoni a distanza di 2.0 m. l'uno dall'altro per un totale di 48 metri di profilo.

I dati sono stati acquisiti in 4 differenti configurazioni rispetto al dispositivo di geofoni suddetto come da schema seguente.



Nelle immagine seguente si riporta il sismogramma (500msec dei 2000 msec totali) del tiro scelto come rappresentativo del sito: per la MASW è stato elaborato il sismogramma registrato energizzando a 6m di distanza dal primo geofono.

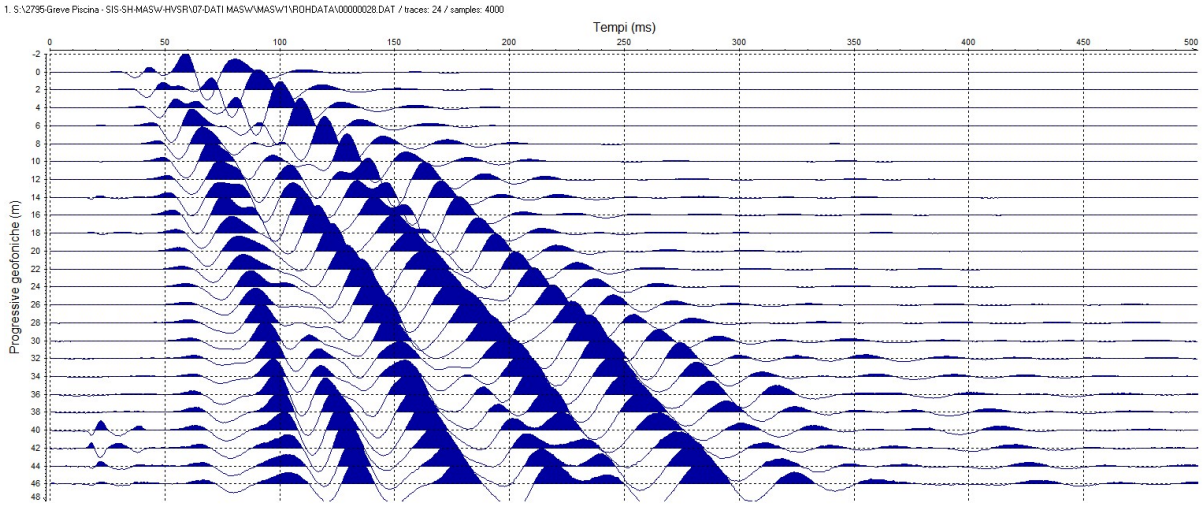


Figura 8 - Sismogramma utilizzato per elaborazione MASW

Il processing dei dati è stato eseguito con il programma “Geopsy Pack 2.5.0”, che consente l’estrazione delle curve di dispersione, dalla cui inversione si ottengono i profili di velocità delle onde Sv.

2.2.3 ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati si effettua attraverso le seguenti fasi principali:

- Importazione dei dati.
- Generazione, utilizzando il modulo geopsy (Linear FK for active experiments), di un'immagine di dispersione nel dominio frequenza/velocità di fase.
- Picking della curva di dispersione rappresentante la variazione della velocità di fase in un range di frequenza.

Di seguito si riporta una immagine relativa al picking della curva di dispersione ottenuta energizzando a 6 metri di distanza dal geofono 1, entro un range di frequenze comprese tra 4 e 60 HZ.

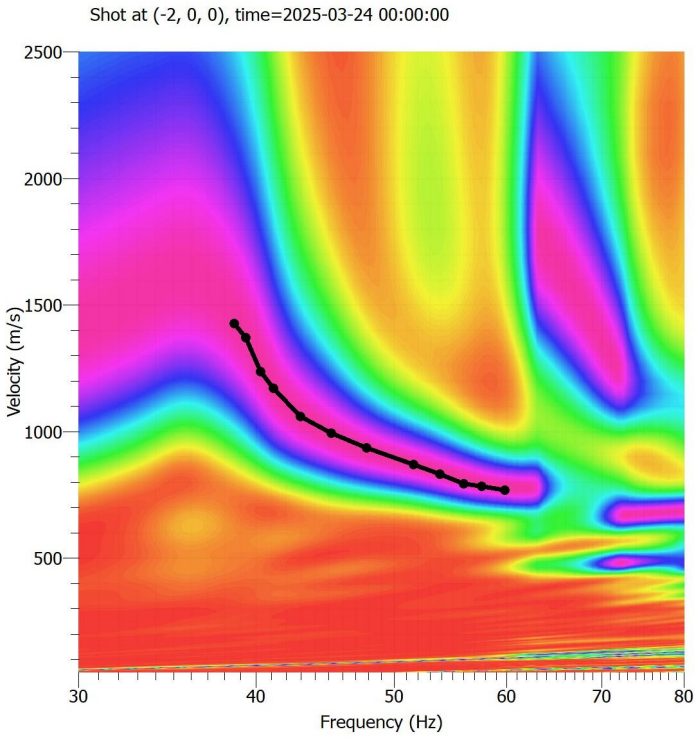


Figura 9 – MASW 1_Picking della curva di dispersione

- Quindi, utilizzando il modulo "dinver" si imposta una stratigrafia consona con le caratteristiche geologiche della zona oggetto di studio.

- Infine si procede all'inversione ed ottimizzazione della stratigrafia fino ad ottenere il "best fit". Si tratta, essenzialmente, di un metodo iterativo con il quale il programma compara le curve di dispersione estratte (sperimentali) con delle curve teoriche per la ricerca della curva di dispersione ottimale, usando il parametro "Misfit" come guida e constrain. In pratica le iterazioni continuano automaticamente fino a che non viene raggiunto il minimo Misfit, ovvero il "best fitting" tra curva sperimentale e curva teorica.

Di seguito si riporta l'immagine del grafico relativo al "best-fitting" della curva di dispersione sopra riportata con il modello stratigrafico ipotizzato sulla base delle informazioni ottenute dalle indagini sismiche e del sondaggio geognostico S1 eseguito nelle vicinanze.

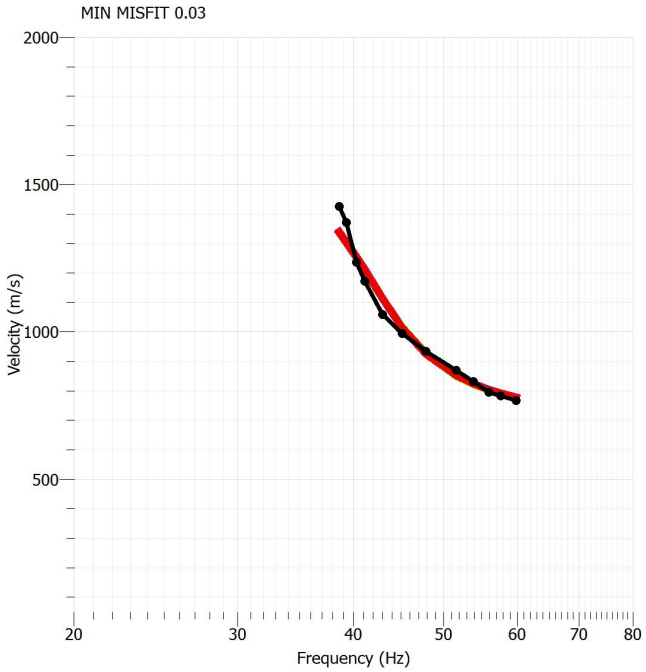


Figura 10 – MASW 1_Adattamento della curva di dispersione con il modello stratigrafico

Il risultato finale del processo di elaborazione è un profilo VSv-Z (velocità delle onde di taglio verticali – profondità). Di seguito si riporta il modello ottenuto dove la linea rossa indica il modello con il miglior Misfit (best-fit).

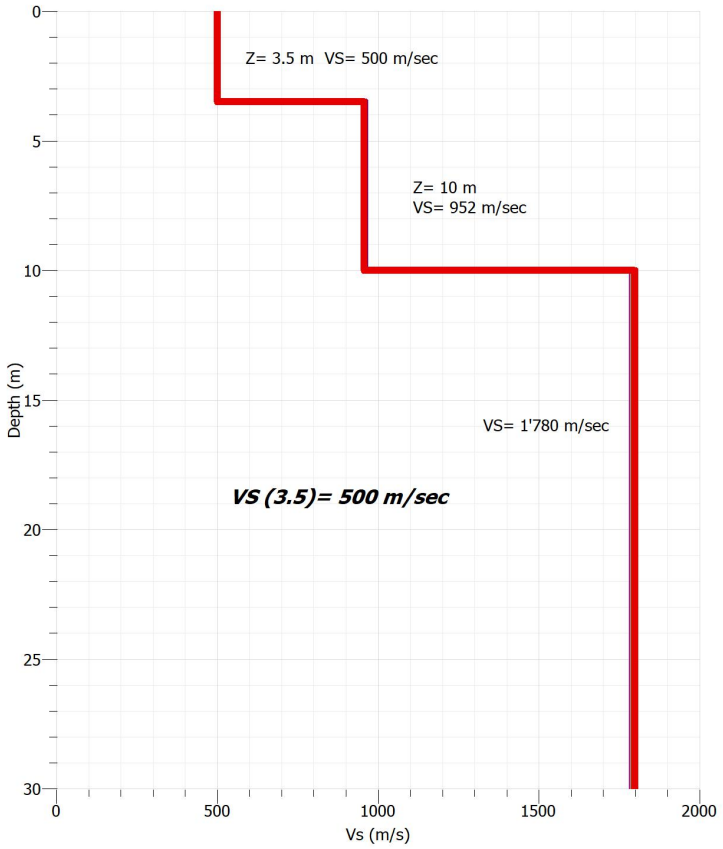


Figura 11 – MASW 1_Profilo VSv-Z

Dall'andamento della curva che presenta un valore di VS pari a 952 m/sec a 3.5 m di profondità, sotto ad uno strato superficiale che presenta una VS di 500 m/sec, si può indicare la categoria di terreno di fondazione come la B con $VS_{equivalente}$ pari a 3.5 m.

Questi valori consentono di attribuire al terreno in esame una categoria di sottosuolo **"B"** che identifica:

Categoria di sottosuolo (Tabella 3.2.II delle NTC 2018)	
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***

2.3 REGISTRAZIONE DI RUMORE SISMICO NATURALE A STAZIONE SINGOLA – HVSR

2.3.1 METODOLOGIA

Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) è una tecnica di acquisizione di rumore sismico ambientale combinata con elaborazione dei rapporti spettrali tra componente verticale ed orizzontali, da tempo utilizzata per fornire dati utili per la caratterizzazione di effetti sismici di sito in studi di microzonazione sismica.

In particolare il metodo si dimostra utile per definire la frequenza naturale di risonanza dei bacini, particolarmente dove esiste un effettivo contrasto di impedenza sismica con le rocce sottostanti.

Un altro tipico utilizzo consiste nel verificare la presenza di eventuali situazioni di rischio dovute agli effetti di doppia risonanza in caso di similitudine tra frequenza naturale dei terreni e degli edifici soprastanti.

In particolare, in questi test vengono considerati i criteri contenuti nelle Linee Guida per l'Implementazione della Tecnica di Rapporti Spettrali H/V derivati dal Progetto Europeo EVG1-CT-2000-0026-SESAME, in Appendice la scheda relativa alla registrazione in oggetto.

Nello specifico sono stati acquisiti dati su N°1 stazione di misura, al fine di ottenere informazioni utili per la caratterizzazione dell'area in termini di:

- identificazione delle frequenze fondamentali di risonanza
- individuazione delle discontinuità sismiche per confronto dei risultati con altre indagini eseguite per la determinazione delle velocità delle onde di taglio.

2.3.2 ACQUISIZIONE ED ANALISI DEI DATI

La tecnica HVSR necessita di registrazioni di rumore sismico ottenibili da strumentazione sismologica costituita da sismografo ad alta dinamica e basso rumore, abbinato ad un sensore velocimetrico triassiale opportunamente accoppiato al terreno. Vengono registrate finestre di rumore ambientale il più possibile privo di disturbi provenienti da sorgenti locali, e di durata sufficiente per un'interpretazione robusta dei risultati.

È stato utilizzato un sismografo DAQLINK III multicanale con le seguenti specifiche:

- convertitore delta-sigma 24 bit
- dinamica misurata >118 Db a 2ms
- banda passante da 0 a 15 Khz, risposta piatta fino a 8000 Hz
- Common Mode Rejection >100Db
- Crosstalk migliore di 125Db
- Rumore di fondo 0,2 microvolt RMS con campionamento 2 ms
- Filtro anti-alias 85% della frequenza di Nyquist
- orologio interno sincronizzato con GPS.

Il sensore utilizzato è un velocimetro OYO 3D con le seguenti caratteristiche:

- tre velocimetri in configurazione ortogonale
- frequenza di risonanza 2Hz
- sensibilità 2V/in/sec
- resistore per smorzamento 3810 Ohm.

Il processing dei dati è stato eseguito con il programma “Geopsy Pack 2.5.0”

La metodologia utilizzata è cosi riassunta:

- registrazione di finestre di rumore sismico nelle tre componenti con durate sufficienti a garantire la presenza di un numero elevato di cicli di frequenze utili all'elaborazione;
- suddivisione delle registrazioni in ulteriori finestre di durata tipica intorno ai 20-25s, prive il più possibile di disturbi dovuti a sorgenti locali;
- analisi spettrale delle finestre ottenute;
- per ogni componente vengono calcolati i rapporti spettrali tra il moto delle componenti orizzontali e la componente verticale.

I rapporti H/V vengono calcolati secondo la seguente procedura:

- calcolo degli spettri di Fourier per le due componenti orizzontali e la verticale:
- calcolo dello spettro medio orizzontale tramite la radice della somma quadratica delle due componenti:
- procedura di smoothing per gli spettri verticali ed orizzontali;
- calcolo del rapporto H/V tramite la media di tutte le finestre analizzate.

Il grafico della curva H/V si presenta invece come nell'immagine riportata di seguito; la curva nera continua rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere tratteggiate, dette "curve di confidenza", sono il risultato della moltiplicazione (curva superiore) e divisione (curva inferiore) dei valori del rapporto H/V medio per la deviazione standard dei valori delle singole curve H/V.

HVSR-1

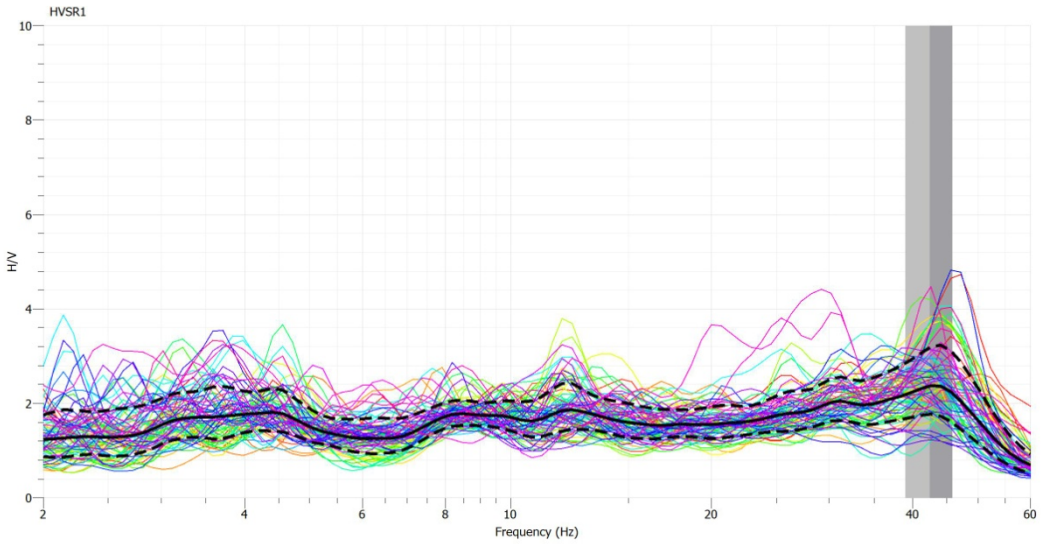


Figura 12 - Grafico della curva H/V

Il risultato ottenuto mostra che si ha un picco di modesta ampiezza a circa 44 Hz, in prossimità del limite di frequenze analizzato.

3. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI OTTENUTI

L'elaborazione dei dati ha portato alla realizzazione di una sezione interpretativa in cui, sulla base delle conoscenze geologiche della zona e dei risultati emersi dalle prove geotecniche, sono stati distinti tre sismo-strati:

- uno superficiale, di spessore variabile tra 3 e 5 m, caratterizzato da VP inferiori a 1.000 -1.200m/sec e VS medie inferiori a 500 m/sec, associato alla presenza di prodotti di alterazione della formazione in situ.
- Il secondo strato è stato associato alla presenza della *Formazione in Situ fratturata*. Si presenta con spessori compresi dai 5 ai 10 metri, ed è caratterizzato da VP comprese tra 1.200 e 2.000 m/sec e da VS medie di 900 m/s che quindi rappresenta già il substrato sismico.
- Il terzo strato, associato alla *Formazione compatta in Situ*, si colloca a profondità di circa 10-15 m dal p.c. ed è caratterizzato da VP superiori a 3.000 m/sec e da VS superiori a 1700 m/sec.

Di seguito si riporta la sezione interpretativa redatta per il profilo PR1 con sovrapposto il "**diagramma a cannocchiale"** della MASW 1, in cui lo spessore della linea è direttamente proporzionale alla velocità dello strato e le colorazioni rispecchiano i seguenti range di velocità.

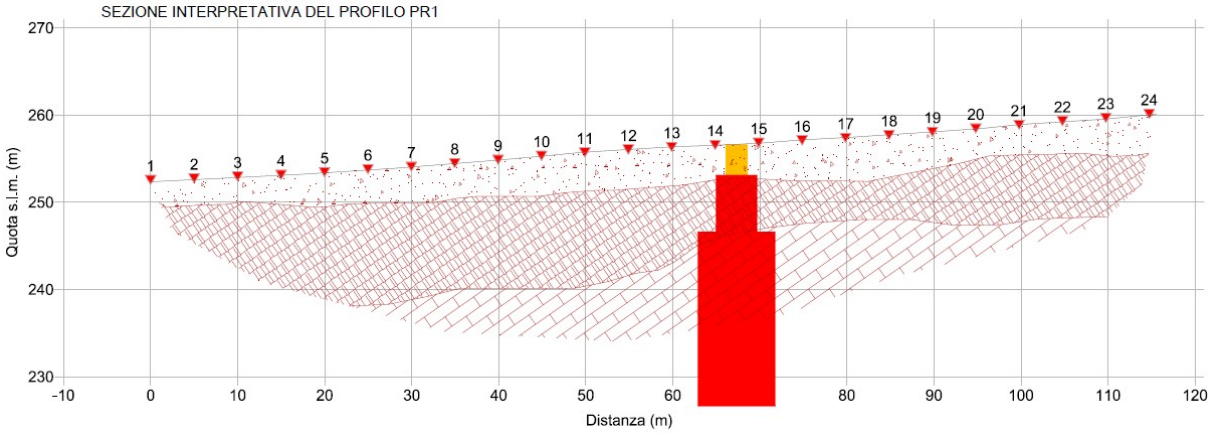


Figura 13 – Sezione Interpretativa del profilo PR1

Nella sezione precedente le simbologie utilizzate per i vari strati sono descritte nella Legenda riportata nella figura seguente.

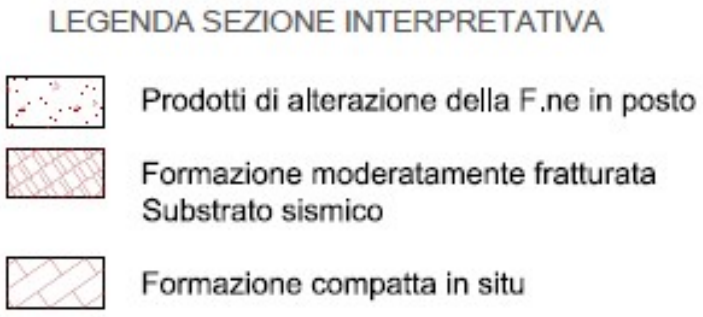


Figura 14 – Legenda della sezione interpretativa del profilo PR1

Quanto ottenuto trova conferma anche nel risultato della registrazione HVSR; infatti, dall'analisi è emerso un modesto picco a frequenza relativamente alta (44 Hz) che si traduce nella presenza di una substrato abbastanza superficiale. Infatti con la stima che può essere effettuata con la seguente formula:

$$F_r = Vs / 4H$$

dove, F_r = Frequenza di risonanza misurata

Vs = Velocità delle onde S negli strati sovrastanti il substrato

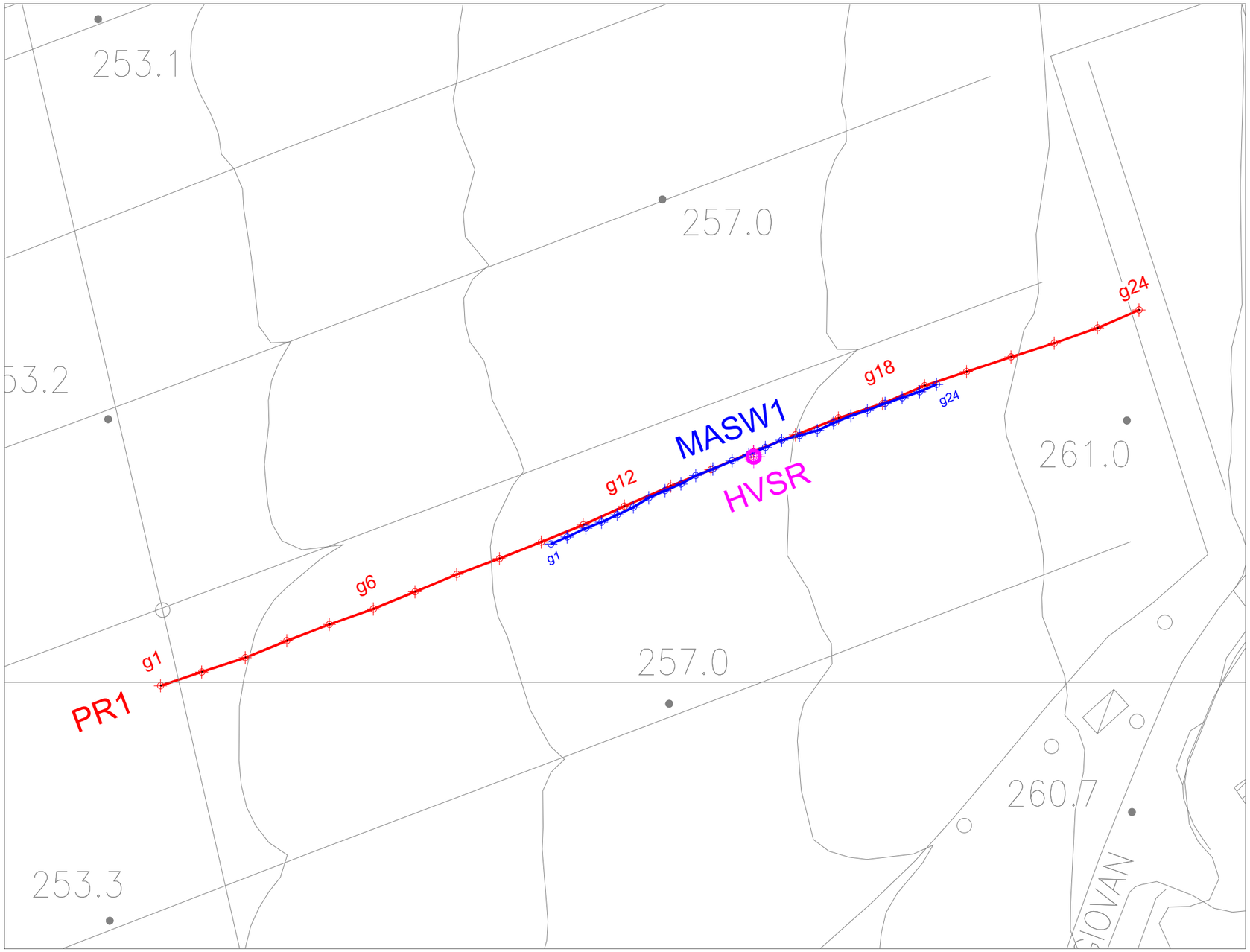
H = Profondità del substrato che genera il picco di frequenza

Assumendo la Vs media pari al 500 m/sec, come ottenuto dalla Prova MASW e avendo una frequenza di risonanza pari 44 Hz, la profondità H dello strato impedente risulta pari a circa 2.8m, invece dei 3.5m ottenuti dalla prova MASW, ma questa differenza deriva dal fatto che la prova HVSR è puntuale, mentre per la prova MASW l'indagine è su una lunghezza di 46 m ed il valore indicato è un valore medio su tutta la linea.

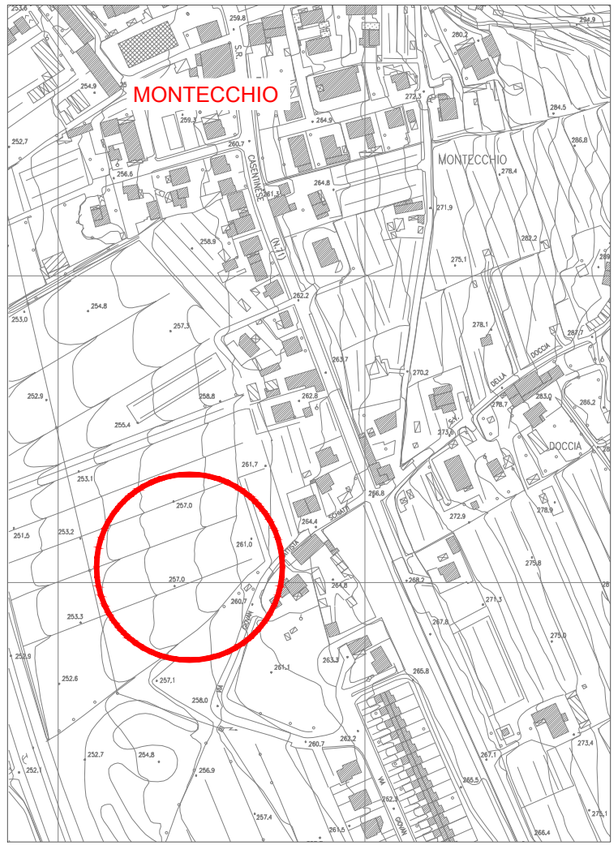
Dr Geol. Gianfranco Censini Sinalunga, Marzo 2025

Dott.ssa in Geologia Giulia Censini

PIANO DI POSIZIONE DELLE INDAGINI (SCALA 1:500)



INQUADRAMENTO AREA DI INDAGINE (SCALA 1:5'000)



Area dell'indagine

Traccia del profilo Sismico a rifrazione con elaborazione Tomografica (SRT)

PR1 g1

Traccia del profilo MASW

MASW1 g1

Ubicazione della registrazione HVSR

HVSR

Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
	Prima edizione:	13-03-2025	GC

PRECISIONE:
Distanze:
Quote:
Profondità:

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA ALLO STUDIO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO IN LOC. MONTECCHIO (AR)

Data: Marzo 2025

TITOLO: PIANO DI POSIZIONE

TAVOLA N. 1
Scala: varie

Archivio: 2918/25

UBICAZIONE: COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO LOC. MONTECCHIO

COMMITTENTE: TECNA SRL

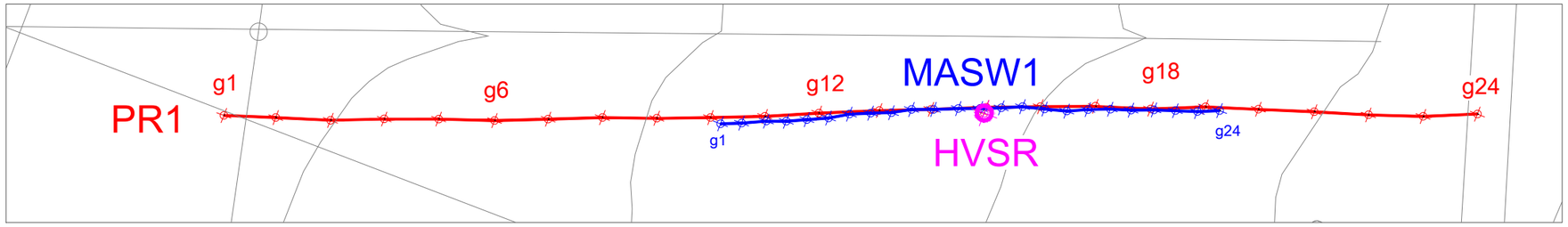
INDAGINE GEOFISICA: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

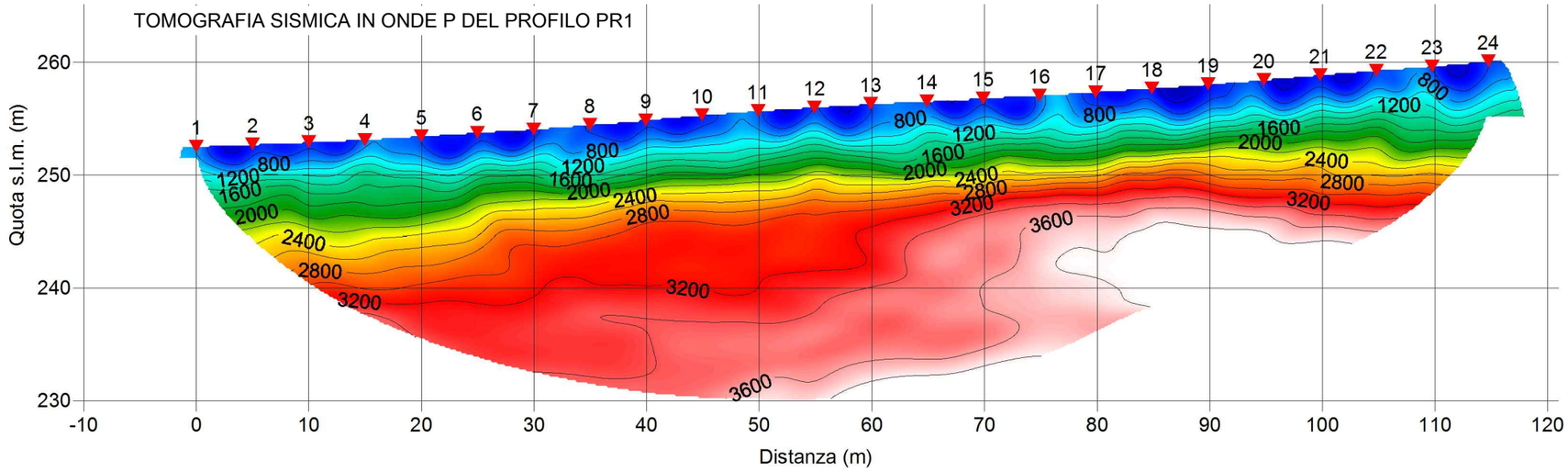
INDAGINE GEOLOGICA: Dott. Geol. LORENZO SEDDA

GEORISORSE ITALIA
PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY , Tel +39.0577.55.39.05
http://www.georisorse.it - email: info@georisorse.it

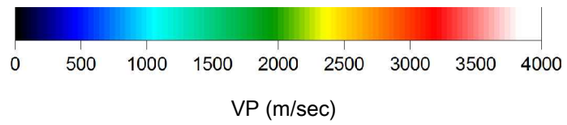
All Rights Reserved

PIANO DI POSIZIONE DELLE INDAGINI (SCALA 1:500)

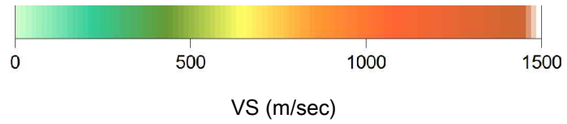




SCALA CROMATICA
DELLA TOMOGRAFIA SISMICA



SCALA CROMATICA
DELLA TOMOGRAFIA SISMICA



Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
	Prima edizione:	13-03-2025	GC

PRECISIONE:
Distanze:
Quote:
Profondità:

Data:
Marzo 2025

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA ALLO STUDIO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO IN LOC. MONTECCHIO (AR)

TITOLO:
TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P ED SH DEL PROFILO PR1

TAVOLA N. 2
Scala 1:500

Archivio:
2918/25

UBICAZIONE:
COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO
LOC. MONTECCHIO

COMMITTENTE:
TECNA SRL

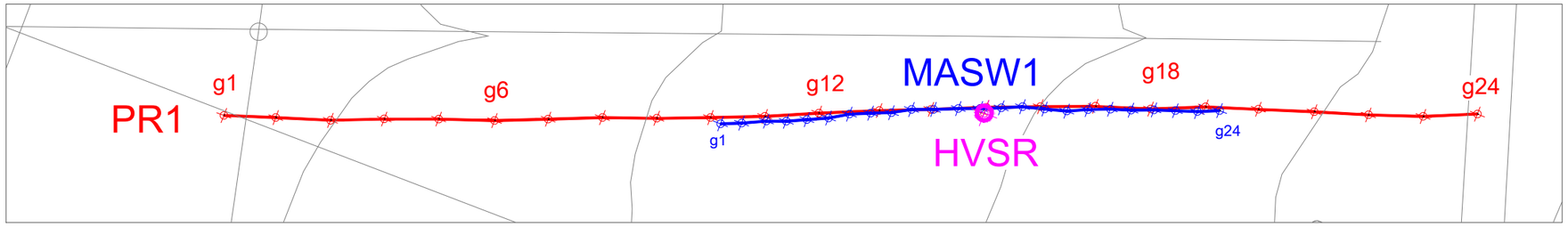
INDAGINE GEOFISICA:
Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

INDAGINE GEOLOGICA:
Dott. Geol. LORENZO SEDDA

GEORISORSE ITALIA
PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY , Tel +39.0577.55.39.05
http://www.georisorse.it - email: info@georisorse.it

All Rights Reserved

PIANO DI POSIZIONE DELLE INDAGINI (SCALA 1:500)



SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO PR1

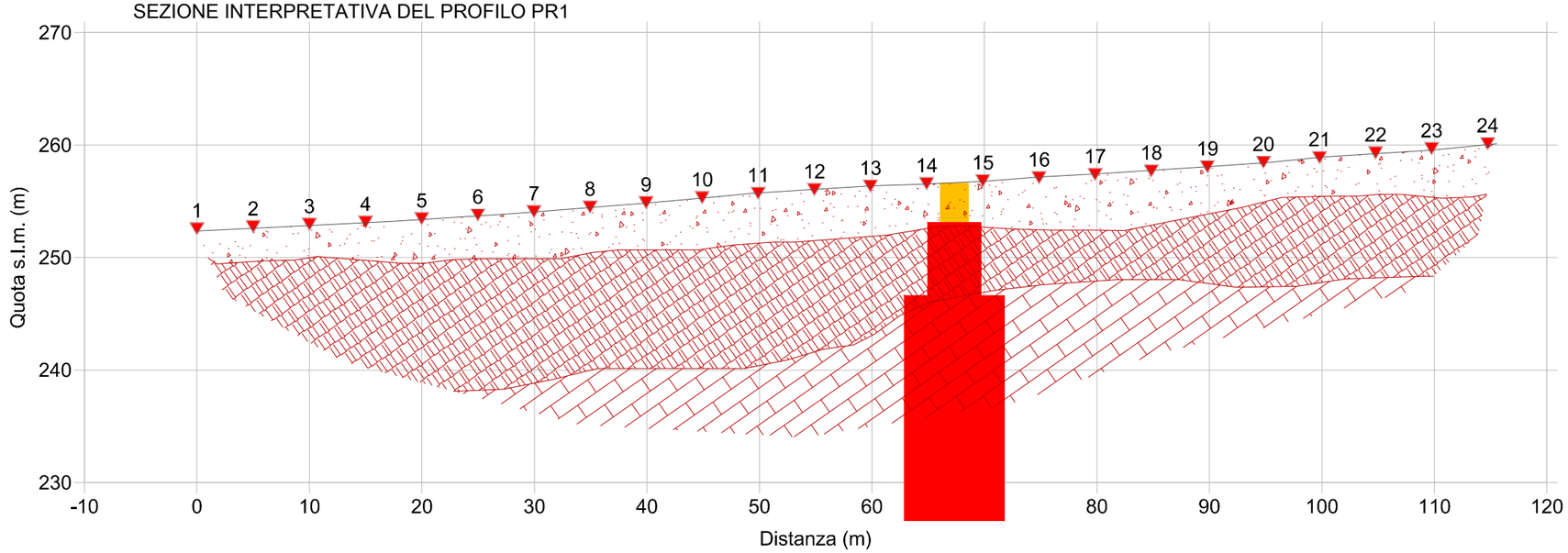
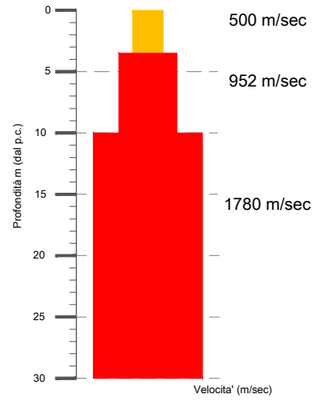


DIAGRAMMA A CANNOCCHIALE OTTENUTO DALL' ELABORAZIONE DELLA PROVA MASW

VS (3.5) = 500 m/sec

Scala (Y 1:500, X 1mm = 100m/sec)

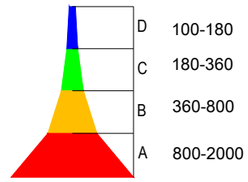


LEGENDA SEZIONE INTERPRETATIVA

- Prodotti di alterazione della F.ne in posto
- Formazione moderatamente fratturata Substrato sismico
- Formazione compatta in situ

SCALA COLORIMETRICA DELLE VELOCITA' NEL DIAGRAMMA A CANNOCCHIALE DELLA PROVA MASW

© Georisorse Italia



Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
	Prima edizione:	13-03-2025	GC

PRECISIONE:
Distanze:
Quote:
Profondità:

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA ALLO STUDIO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO IN LOC. MONTECCHIO (AR)

Data: Marzo 2025

TITOLO: SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PROFILO PR1 ED ELABORAZIONE PROVA MASW

TAVOLA N. 3
Scala 1:500

Archivio: 2918/25

UBICAZIONE: COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO LOC. MONTECCHIO

COMMITTENTE: TECNA SRL

INDAGINE GEOFISICA: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

INDAGINE GEOLOGICA: Dott. Geol. LORENZO SEDDA

GEORISORSE ITALIA
PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY , Tel +39.0577.55.39.05
http://www.georisorse.it - email: info@georisorse.it

All Rights Reserved