



GRE CODE

GRE.EEC.R.28.IT.G.18593.25.010.01

PAGE

1 di/of 251

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

PROGETTO ESECUTIVO

COMUNE DI ARCIDOSSO (GR)

RELAZIONE GEOLOGICA



File: GRE.EEC.R.28.IT.G.18593.25.010.01.docx

01	06/04/2023	Emissione per Progetto Esecutivo	L.Mannella		
			RAM	RAM	RAM
00	05/12/2022	Issued	L. Ciulli		
			Softec		
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

Name (GRE)	Name (GRE)	Name (GRE)
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

TLR Arcidosso

GRE CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER			COUNTRY	TEC	PLANT					SYSTEM		PROGRESSIVE			REVISION	
GRE	EEC	R	2	8	I	T	G	1	8	5	9	3	2	5	0	1	0	0	1

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE

This document is property of GRE S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by GRE S.p.A.



GEOPIU' Studio di Geologia
Tel/Fax 050 576698
geopiu@inwind.it
www.spazioweb.inwind.it/geopiu/

REALIZZAZIONE TELERISCALDAMENTO BAGNORE ARCIDOSO

Relazione geologico-geotecnica Tratto ricadente in Comune di Arcidosso e Santa Fiora

Provincia di Grosseto





1. PREMESSA	3
1.1. Normativa di riferimento.....	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA.....	3
2.1. Inquadramento topografico.....	3
2.2. Vincoli territoriali.....	4
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	4
4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, DELL'AREA.....	6
4.1. Lineamenti geomorfologici.....	8
4.2. Idrografia.....	12
4.3. Idrogeologia della zona.....	13
5. INDAGINI ESEGUITE.....	14
6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....	15
7. QUADRO STRATIGRAFICO LOCALE, MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI DI SOTTOSUOLO.....	24
7.1. Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica.....	24
7.1.1. Area imposta Centrale SSTS1 Arcidosso.....	24
7.1.2. Area imposta Centrale SSTS2 Bagnoli.....	28
7.1.3. Area imposta Centrale SSTS3 San Lorenzo.....	28
7.1.4. Area attraversamento Fosso Acquaforte.....	29
7.1.5. Sviluppo Termodotto.....	29
7.1.6. Area imposta Centrale di Scambio.....	30
7.1.7. Area di sviluppo del termodotto.....	30
7.2. Caratteristiche geotecniche stratigrafiche attribuite.....	32
8. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO.....	33
8.1. Analisi di stabilità del pendio.....	33
9. MOVIMENTAZIONE TERRA PER VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	35
10. CONCLUSIONI.....	36
11. FIGURE E ALLEGATI.....	39

1. PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto l'indagine geologica di supporto alla realizzazione di un termodotto che si estende dalla Centrale Bagnore nel Comune di Santa Fiora in provincia di Grosseto fino al limite del confine nord del Comune di Arcidosso con Castel del Piano in località Cappuccini.

L'intervento prevede la realizzazione di Stazioni di Scambio Termico, quella principale, posta nelle vicinanze della Centrale Geotermoelettrica Bagnore 3 nel Comune di Santa Fiora e 3 secondarie ubicate nel comune di Arcidosso.

La presente relazione è relativa alla porzione di termodotto ed alle Stazioni di Scambio Termico ricadenti nel Comune di Arcidosso e nel Comune di Santa Fiora.

L'ubicazione con l'indicazione del tracciato del termodotto e delle Stazioni di Scambio Termico in progetto è riportata in Fig. 1 e 2.

Sono stati effettuati sopralluoghi su tutta la proprietà ed i terreni vicini, inquadrando ed integrando le osservazioni di dettaglio con precedenti ed aggiornate indagini litologiche, stratigrafiche e tettoniche della zona.

1.1. Normativa di riferimento

Lo studio in oggetto è stato redatto in conformità alla seguente normativa:

- NTC 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP
- Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) e relativi aggiornamenti;
- P.I.T. , DCR 27 marzo 2015 n. 37.
- L.R. 79 del 2012.
- Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 *“Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014”*
- DPGR n.1/R del 19/01/2022 *“Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico”* ;
- Regolamento Forestale della Toscana, D.P.G.R. 8 agosto 2003, n.48/R e successive modificazioni;
- D.P.R. 13 giugno 2017 n.120, *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del D.L. 12/09/2014, n 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11/11/2014, n 164”*;
- P.S. Unione dei Comuni Montani Amiata Grossetana.
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni Appennino Settentrionale (porzione in Comune di Arcidosso);
- Piano di Bacino del Fiora (porzione in Comune di Santa Fiora)

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

2.1. Inquadramento topografico

Il termodotto si svilupperà dalla Centrale Geotermoelettrica di Bagnore 3 nel Comune di Santa Fiora, nei pressi della quale è prevista la realizzazione della Centrale di Scambio Termico Principale (SSTP), costeggiando la S.P. n.160 Amiatina con direzione circa sud-nord fino al confine comunale con Arcidosso posto poco prima dell'attraversamento del Fosso dell'Acquaforte.

La lunghezza complessiva, nel tratto di Santa Fiora, sarà di circa 720 m e seguirà la viabilità esistente.

Proseguirà, nel Comune di Arcidosso, in direzione Aiole sempre costeggiando la S.P. per poi deviare in località San Michele costeggiando una vecchia strada asfaltata nel tratto iniziale e poi sterrata fino ad arrivare al Parco della Rimembranza, vicino alla prima Stazione di Scambio Termico denominata SST1 (Arcidosso). Continuando a costeggiare la strada

per Località Canali, in via di Centro è prevista la realizzazione della seconda Stazione di Scambio Termico denominata SSTS2 (Bagnoli).

Da tale posizione il termodotto proseguirà verso località Capannelle per poi costeggiare via della Montagna in località San Lorenzo ove, poco prima di località Cappuccini, è prevista la realizzazione della terza Stazione di Scambio Termico denominata SSTS3 (San Lorenzo).

Lo sviluppo passerà da una quota di circa 790-835 m s.l.m. nei pressi di Aiole-San Michele per poi arrivare a circa 650 m s.l.m. nei pressi della SSTS1 (Arcidosso) e SSTS2 (Bagnoli) (arrivando a circa 640 m s.l.m. nei pressi della valle del Fosso di Acqua d'Alto-Malecce). Da tale posizione raggiungerà i circa 700 m s.l.m. poco prima dell'abitato di San Lorenzo per poi tornare verso i 650 m s.l.m. nei pressi della località Cappuccini.

La corografia del sito è visibile nella Fig. 1.

2.2. Vincoli territoriali

L'esame dei vincoli relativi all'area rileva che la quasi totalità dello sviluppo del Termodotto e le Centrali di Scambio Termico SSTP (Bagnore) e SSTS2 (Bagnoli) ricadono in zona soggetta a vincolo idrogeologico; le Centrali SSTS1 (Arcidosso) e SSTS3 (San Lorenzo) risultano non soggette.

3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto di teleriscaldamento alimentato da fonte geotermica, a servizio di una porzione dell'abitato facente parte del Comune di Santa Fiora e Arcidosso in provincia di Grosseto.

L'impianto sarà costituito da un termodotto interrato dalla Centrale Geotermoelettrica di Bagnore 3 nel Comune di Santa Fiora, nei pressi della quale è prevista la realizzazione della Centrale di Scambio Termico Principale (SSTP), costeggiando la S.P. n.160 Amiatina con direzione circa sud-nord fino al confine comunale con Arcidosso posto poco prima dell'attraversamento del Fosso dell'Acquaforte. Proseguirà, nel Comune di Arcidosso, in direzione Aiole sempre costeggiando la S.P. per poi deviare in località San Michele costeggiando una vecchia strada asfaltata nel tratto iniziale e poi sterrata fino ad arrivare al Parco della Rimembranza, vicino alla prima Stazione di Scambio Termico denominata SSTS1 (Arcidosso). Continuando a costeggiare la strada per Località Canali, in via di Centro è prevista la realizzazione della seconda Stazione di Scambio Termico denominata SSTS2 (Bagnoli).

Da tale posizione il termodotto proseguirà verso località Capannelle per poi costeggiare via della Montagna in località San Lorenzo ove, poco prima di località Cappuccini, è prevista la realizzazione della terza Stazione di Scambio Termico denominata SSTS3 (San Lorenzo).

Lsviluppo passerà da una quota di circa 821 m s.l.m. presso la Centrale di Scambio Termico Principale Bagnore 3 per arrivare a circa 827 m al raggiungimento della S.P. Amiatina per poi scendere fino a circa 793 m s.l.m. presso il confine comunale tra Santa Fiora e Arcidosso.

Nel tratto del Comune di Arcidosso lo sviluppo passerà da una quota di circa 790-835 m s.l.m. nei pressi di Aiole-San Michele per poi arrivare a circa 650 m s.l.m. nei pressi della SSTS1 (Arcidosso) e SSTS2 (Bagnoli) (arrivando a circa 640 m s.l.m. nei pressi della valle del Fosso di Acqua d'Alto- Malecce). Da tale posizione raggiungerà i circa 700 m s.l.m. poco prima dell'abitato di San Lorenzo per poi tornare verso i 650 m s.l.m. nei pressi della località Cappuccini.

Il termodotto sarà interrato e avrà uno sviluppo di circa 7.5 Km totali di cui circa 720 m di competenza del Comune di Santa Fiora, fatta esclusione delle porzioni di termodotto secondario che verranno realizzati all'interno delle porzioni abitate che avranno dimensioni di scavo minori.

Per il primo tratto, nel Comune di Santa Fiora, è previsto uno scavo di circa 2.0-2.2 m di larghezza e profondità massima circa 1.8 m.

Per la seconda porzione di termodotto tra Aiole e SSTS1 Arcidosso è previsto uno scavo di circa 2.0-2.2 m di larghezza e profondità massima circa 1.8 m.

Per il terzo tratto da SSTS1 Arcidosso fino a SSTS3 San Lorenzo, al confine col Comune di Castel del Piano è previsto uno scavo di circa 1.4 m di larghezza e profondità massima circa 1.3 m.

L'intervento relativo al termodotto non prevede la realizzazione di opere edilizie fuori terra e, una volta realizzato risulterà interamente interrato al di sotto delle sedi stradali. Per tale motivo l'opera avrà un impatto solo durante la fase realizzativa.

Le Centrali di Scambio Termico saranno costituite da:

- SSTEP Bagnore (Comune di Santa Fiora) sarà costituita da un insieme di apparecchiature e componenti impiantistici posizionati all'aperto sopra una platea in calcestruzzo armato di dimensioni 31x18 m. Un muro a retta sarà posizionato in adiacenza alla Centrale di Scambio, ai fini di contenimento del terreno della scarpata sovrastante.
- SSTS1 Arcidosso (Comune di Arcidosso) è la più grossa tra quelle in progetto; sarà posizionata in Arcidosso, in un'area originariamente destinata a edificazione civile e per questo era già stata predisposta di platea di fondazione che però non è mai stata utilizzata. Sarà costituita da un edificio a pianta rettangolare di dimensioni 16m x 11m x 7.7m(H) al cui interno è alloggiato un insieme di apparecchiature e componenti impiantistici.
- SSTS2 Bagnoli (Comune di Arcidosso) sarà posizionata all'ingresso della frazione stessa, in adiacenza ad un edificio di proprietà comunale originariamente utilizzato come edificio scolastico ed attualmente sede di una associazione culturale. La SSTS-2 sarà costituita da un edificio a pianta rettangolare disposto su due livelli di dimensioni complessive 9m x 7.5m x 6.5m(H) al cui interno è alloggiato un insieme di apparecchiature e componenti impiantistici.
- SSTS3 San Lorenzo (Comune di Arcidosso) sarà posizionata in località Palazzina-Cappuccini, in prossimità di un piccolo campo di calcio amatoriale e in adiacenza della strada provinciale Amiatina. Sarà costituita da un edificio a pianta rettangolare disposto su due livelli di dimensioni complessive di circa 12m x 9.7m x 5.5m (H) al cui interno è alloggiato un insieme di apparecchiature e componenti impiantistici.

In conformità a quanto indicato nel D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, l'intervento di progetto è stato inserito nella classe d'uso 2 *“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”*.

In base agli interventi previsti si è ritenuto inserire il progetto del termodotto nella classe d'indagine n.1, ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R *“Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico”*; la classe di indagine 1 è *“riferita alle opere di volume totale inferiore a 150 metri cubi (le classi di indagine sono riferite tipicamente a nuove costruzioni edilizie e a interventi di adeguamento sismico su edifici esistenti) e con altezza in gronda inferiore a 6 metri. La parametrizzazione del volume geotecnico significativo è motivatamente basata sul quadro conoscitivo esistente composto da indagini limitrofe (da allegare in copia) o parametri di letteratura di comprovata validità in relazione al contesto geotecnico studiato, da riportare secondo le indicazioni di cui al paragrafo 1, punto 5 e 6 del presente allegato.*

Per gli aspetti relativi alla definizione dell'azione sismica, così come per la modellazione geotecnica sono sufficienti considerazioni di natura geologica, geofisica e geotecnica basate su indagini, da allegare in copia alla relazione geologica, geotecnica e modellazione sismica, già eseguite in prossimità dell'intervento o desunte da studi già compiuti con riferimento alle aree interessate”.

La realizzazione delle Centrali di Scambio Termico sono state inserite nella classe d'indagine n.2, ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R fatta esclusione per la SSTS1 Arcidosso inserita nella classe d'indagine n.3, ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R.

Per accertare e valutare la fattibilità degli interventi previsti nell'area, è stato deciso di effettuare una campagna indagine consistita in un primo sopralluogo lungo tutto lo sviluppo di progetto coadiuvato dagli studi esistenti eseguiti sull'area, principalmente a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana.

Successivamente sono state realizzate indagini consistite in prove penetrometriche dinamiche lungo lo sviluppo del termodotto e sulla porzione di realizzazione delle Stazioni di Scambio ed un sondaggio a carotaggio con analisi di laboratorio, realizzati sulla porzione di realizzazione della SSTS1 Arcidosso. Sono state inoltre analizzate indagini sismiche e geoelettriche realizzate lungo le porzioni di intervento.

In particolare, data la natura dei terreni esistenti e dei lavori in progetto, si è deciso di realizzare prove penetrometriche dinamiche pesanti laddove prevista la struttura della Centrale di Scambio e prove penetrometriche dinamiche medie lungo lo sviluppo del termodotto, posizionando le stesse nelle aree ritenute più sensibili e che ad una prima valutazione potevano avere interferenza con lo scavo di progetto.

Il fine di tali prove pertanto riguarda anche lo studio al contorno al fine di valutare l'effetto dello scavo sulle aree limitrofe.

L'ubicazione delle prove pertanto, è stata effettuata in modo da determinare gli spessori e le caratteristiche dei materiali colluviali superficiali che, viste le modeste profondità in gioco, risultano soggetti ad una possibile interazione con lo scavo considerando anche che non sono previsti incrementi di carico sul suolo, essendo prevista la realizzazione di una trincea di profondità massima circa 1.8 m, in cui alloggiare due tubazioni per la circolazione dei fluidi.

L'esame degli Strumenti Urbanistici ha permesso di evidenziare che lo sviluppo del termodotto attraverserà porzioni interessate da dissesti gravitativi quiescenti e lambirà marginalmente altre porzioni soggette a dissesti gravitativi sia quiescenti che attivi (tratto di termodotto posto in Comune di Santa Fiora nei pressi del confine con Arcidosso).

Le risultanze delle indagini effettuate hanno consentito di ottenere informazioni sulla litostratigrafia del substrato e di arrivare ad una caratterizzazione dei terreni interessati dalla fase di progetto.

L'ubicazione delle prove eseguite nell'ambito del presente studio e di alcune di quelle analizzate, è riportata in fig. 2; il dettaglio delle prove eseguite è riportato in allegato.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, DELL'AREA

Lo sviluppo del termodotto di progetto interesserà parte del Comune di Santa Fiora per poi attraversare il Comune di Arcidosso fino al limite del confine nord col Comune di Castel del Piano in località Cappuccini.

Nell'area studiata, analogamente alle aree circostanti e a quanto riscontrato su tutto il versante occidentale dell'Appennino settentrionale, sono stati rinvenuti due stili deformativi: uno stile tettonico rigido distensivo recente che è rilevabile là dove affiorano terreni neoautoctoni e che ovviamente interessa anche le formazioni più antiche, costituito da faglie dirette, specialmente con direttrice appenninica; e uno stile plicativo, che interessa i terreni pre – neoautoctoni, costituito da faglie inverse, sovrascorrimenti e pieghe.

L'area oggetto di indagine è localizzata a sud del Monte Amiata.

Essa si trova nella parte più orientale della dorsale Monte Amiata – Monti dell'Uccellina che delimita a meridione il Bacino del Fiume Albenga e a settentrione il Bacino del Fiume Ombrone.

L'area di intervento è situata sui versanti meridionali del rilievo vulcanico del Monte Amiata in cui affiorano rocce che fanno parte di cinque diverse unità litostratigrafiche.

Partendo dalla più antica esse sono:

- Formazione della serie Toscana (Trias superiore – Oligocene);
- Formazione della serie Ligure (Cretaceo – Eocene);
- Formazione del dominio Austro Alpino (Cretaceo superiore – Eocene medio);
- Depositi neogenici (Miocene superiore – Pliocene medio);
- Formazioni vulcaniche (Pleistocene);

Come visibile dalla carta geologica riportata in fig. 3 (porzione in Comune di Arcidosso) e 3 bis (porzione in Comune di Santa Fiora) ed estratta dalla carta geologica del Piano Strutturale del Comune di Santa Fiora, nell'area sono presenti Formazioni appartenenti al Complesso delle Formazioni di Facies Ligure quali Ofioliti ed Argilliti e Calcari silicei "Palombini". In particolare lo sviluppo della infrastruttura di progetto insiste nella porzione sud sulla Formazione delle *Argilliti a Palombini* e sulla Formazione Pietraforte nella porzione nord.

Le *Argilliti a Palombini* sono flysch associati alla Unità Ofiolitica, l'Unità tettonica ligure che nell'area della Toscana meridionale occupa la posizione geometrica più elevata, sovrapponendosi alle altre Liguridi. Sono rappresentate in prevalenza da argilliti fissili, finemente fogliettate, di colore grigio, grigio-bruno e marrone, cui si intercalano ad intervalli più o meno regolari e con frequenza molto variabile, strati da pochi centimetri ad oltre il metro di calcilutiti con tonalità di colore da grigio chiaro al grigio scuro e rari strati di arenarie calcaree torbiditiche a grana fine; oltre ai calcari sono presenti intercalazioni di arenarie quarzose. I calcari ("Palombini") presentano a volte una base calcarenitica o calcisiltitica sottile (fino a 4-5 cm di spessore), spesso gradata o più raramente omogenea la quale, per le calcilutiti, rappresenta la sola evidenza di una deposizione da correnti di torbida. Gli intervalli argillitici più spessi (fino ad oltre 5 metri) sono in genere costituiti da una successione ritmica di sottili e sottilissimi strati risedimentati di siltiti calcaree a grana fine, grigio scure, a laminazione parallela e/o incrociata, cui si intercalano sottili strati di calcilutiti. Le arenarie quarzose presentano cemento in parte calcareo, in parte costituito da fillosilicati; hanno un colore grigio scuro e si sfaldano con facilità in prismetti, dando luogo ad enormi accumuli detritici. L'età di questa formazione è stata stimata, in base al contenuto microfossilifero, al Cretaceo inferiore.

I termini ofiolitiferi sono generalmente costituiti da rocce magmatiche intrusive caratterizzate da elevata densità e rigidità e che rappresentano insieme ai gabbri il termine basale del complesso ofiolitifero. L'intensa tettonica che ha interessato il Complesso Alloctono Superiore di cui questa litologia fa parte, associata alla rigidità che le caratterizza è responsabile delle strutture che generalmente sono costituite da superfici di scorrimento che hanno portato ad una suddivisione delle masse in un insieme di scaglie più o meno lenticolari ed a disposizione caotica. Le fratture presenti in queste litologie sono disposte con orientazioni casuali e per questo motivo non comportano una grande diminuzione della resistenza della compagine di insieme.

La Pietraforte è costituita da arenarie calcaree torbiditiche regolarmente alternate ad argilliti siltitiche grigio-scure. Le arenarie calcaree si presentano in strati di color grigio-scuro (marroncino-giallastro all'alterazione) di spessore in genere di 10-40 cm, raramente superano il metro, e sono a granulometria generalmente fine.

Localmente sono presenti arenarie grossolane (spesso amalgamate) e conglomerati fini (cicerchine); si segnalano lenti conglomeratiche con elementi fino a 40 cm di diametro. Le poche impronte di fondo rinvenute indicano direzioni di provenienza da nord e nord-ovest.

Ai litotipi appena descritti si intercalano marne calcaree, livelli di argilliti varicolori e calcari marnosi giallastri e nocciola chiaro, granulosi, a frattura concoide, gradati e talora zonati, più frequenti sia alla base che al tetto dell'unità.

Numerose sono le analisi petrografiche e mineralogiche condotte sull'unità in esame; queste segnalano la presenza di abbondanti frammenti di rocce sedimentarie (dolomie, calcari, selce, argilliti e siltiti) e metamorfiche (filliti, micascisti, gneiss e quarziti) (circa 35-56%), pochi feldspati (<7%), di cui quasi esclusivamente plagioclasio, ed un elevato rapporto di quarzo policristallino (da fine a grossolano)/quarzo totale. I frammenti vulcanici hanno composizione da riolitica a riodacitica con fenocristalli di quarzo, plagioclasio e biotite, e abbondanti frammenti litici. età: Cretacico sup. - Paleocene.

I sondaggi e le prove analizzate confermano la geologia indicata.

Nella vicinanza della porzione di intervento è inoltre presente la Formazione di Quaranta facente parte del Complesso Basale Trachidacitico legato alla prima fase eruttiva del vulcano del M. Amiata costituita da lava vitrofirica stratificata in rilievi arcuati dovuti al flusso di una lava viscosa. Questi cordoni sono costituiti da blocchi arrotondati di lava, che sono i nuclei residui non alterati di una diffusa alterazione superficiale della lava.

4.1. Lineamenti geomorfologici

La morfologia del territorio di Arcidosso si presenta molto articolata con una notevole energia del rilievo; rare sono le aree pianeggianti.

In generale si può affermare che il paesaggio predominante è di tipo montuoso o collinare. La topografia, sebbene molto variabile, mostra la tendenza a scendere mediamente di quota procedendo dalla parte nord in direzione sud ed in direzione ovest.

Tali orientamenti preferenziali si riflettono in maniera evidente anche nella disposizione del reticolo idrografico; la maggior parte dei corsi d'acqua fra quelli più importanti del comprensorio mostra ampi tratti con orientazione ben definita sia appenninica (NO-SE) che anti-appenninica (NE-SO) mentre ortogonalmente a questi sono disposti i loro affluenti.

In generale l'erosione lineare da parte dei corsi d'acqua è prevalente su tutto il territorio rispetto alla deposizione nella dinamica fluviale; anche per quel che riguarda corsi d'acqua più grandi. Tali fenomeni sono dovuti alla relativa giovinezza, da un punto di vista geomorfologico, dell'area; questa è legata probabilmente al sollevamento Pleistocenico della zona a causa delle intrusioni ed effusioni magmatiche ma presenti a profondità non elevate al di sotto di un po' tutto il comprensorio.

A causa della presenza di alcune formazioni geologiche costituite prevalentemente da litotipi erodibili (argilloscistosi, arenacei) sono presenti aree caratterizzate da erosione areale e ruscellamento diffuso; ciò è dovuto al tipo di uso del suolo (si tratta di aree a seminativo o a prato da pascolo) e alla pendenza, l'entità del fenomeno è legata sostanzialmente a quest'ultimo fattore.

Sostanzialmente la modalità di meccanismo più frequente è rappresentato da movimenti franosi complessi nei quali però risulta quasi predominante un meccanismo di trasporto per colata, mentre soltanto in alcuni casi nella zona del distacco possono essere prevalenti movimenti a scorrimento rotazionale. Il substrato di tali frane è costituito oltre che dalle formazioni argillose liguridi e subliguridi (Argilliti a Palombini, Flysch calcareo-marnoso di Monteverdi, Unità delle argille e calcari) anche dai livelli meno calcarei della Scaglia Toscana.

Tali accumuli dovuti a trasporti per colata sono diffusi in maniera consistente nell'area centrale e settentrionale del comprensorio, anche se però mostrano raramente estensione elevata.

Oltre a questi depositi, testimonianti fenomeni di instabilità passata o quiescente, sono presenti abbastanza diffusamente forme di instabilità attive. Si tratta di movimenti in cui il meccanismo principale è quello per colata, che in genere interessano solo le parti più superficiali del suolo, di norma i primi 2 mt, e che sono scatenati dall'azione delle acque meteoriche su terreni caratterizzati da scadenti caratteristiche meccaniche (le stesse formazioni, prevalentemente argillose e argilloscistose, interessate dai depositi di colata descritti prima) in versanti abbastanza inclinati, anche se c'è da dire che sono sufficienti valori molto bassi di inclinazione (circa 10°) a permettere il movimento.

Dal punto di vista geomorfologico la zona oggetto di indagine mostra i lineamenti in parte tipici delle colline, con versanti dolci e con pendenze da blande a medie ed in parte con superfici a pendenza maggiore, generalmente boscate.

La porzione di territorio interessata abbraccia quote da circa 790 a circa 835 m s.l.m. nei pressi di Aiole-San Michele per poi arrivare a circa 650 m s.l.m. nei pressi della SSTS1 (Arcidosso) e SSTS2 (Bagnoli) (arrivando a circa 640 m s.l.m. nei pressi della valle del Fosso di Acqua d'Alto- Malecce). Da tale posizione raggiungerà i circa 700 m s.l.m. poco prima dell'abitato di San Lorenzo per poi tornare verso i 650 m s.l.m. nei pressi della località Cappuccini.

Il termodotto costeggerà la S.P. n.160 Amiatina con direzione circa sud-nord fino al confine comunale con Arcidosso (circa 720 m nel Comune di Santa Fiora) posto poco prima dell'attraversamento del Fosso dell'Acquaforte. Proseguirà, nel Comune di Arcidosso, in direzione Aiole sempre costeggiando la S.P. per poi deviare in località San Michele costeggiando una vecchia strada asfaltata nel tratto iniziale e poi sterrata fino ad arrivare al Parco della Rimembranza, vicino alla prima Stazione di Scambio Termico denominata SSTS1 (Arcidosso). Continuando a costeggiare la strada per Località Canali, in via di Centro è prevista la realizzazione della seconda Stazione di Scambio Termico denominata SSTS2

(Bagnoli).

Lo sviluppo del termodotto attraverserà i seguenti corsi d'acqua ed alcuni dei loro affluenti:

- Fosso Acqua Forte
- Fosso degli Ontani
- Fosso Melacce
- Fosso di Acqua d'alto
- Fosso Nobile Corona.

TRATTO COMUNE ARCIDOSO

La carta geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana per il tratto nel Comune di Arcidosso (fig. 4) indica che lo sviluppo del termodotto attraverserà delle porzioni interessate da dissesti gravitativi quiescenti di scorrimento in località S. Michele e S. Lorenzo e lambirà marginalmente altre porzioni soggette a dissesti gravitativi quiescenti per scorrimento sia a nord di S. Michele che nei pressi di località Cappuccini.

La carta della pericolosità geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana (Comune Arcidosso) (fig. 5) attribuisce alle suddette aree una pericolosità elevata G3 oltre ad evidenziare altre porzioni soggette a tale classe di pericolosità.

Le restanti porzioni di termodotto e le Stazioni di Scambio Termico ricadono in zone soggette a pericolosità G2 media.

La carta della pericolosità da frana a corredo del PAI Appennino Settentrionale (fig.9) indica che lo sviluppo del termodotto attraverserà delle porzioni censite in pericolosità da frana P4 molto elevata in località S. Michele, P3b elevata a nord di S. Michele e P3a elevata nella porzione tra Bagnoli e la Centrale di Scambio Termico SSTS1 Arcidosso.

In località Capannelle il termodotto passerà a margine di una area censita a pericolosità da frana P3a elevata.

Le restanti porzioni di termodotto e le Stazioni di Scambio Termico ricadono in zone non censite a pericolosità da frana.

Lo stesso Strumento indica per tali aree:

P4 Pericolosità molto elevata: Aree instabili interessate da fenomeni di dissesto attivi di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali /artificiali o lungo le pendici.

P3a Pericolosità elevata (tipo a): Aree potenzialmente instabili non interessate da fenomeni di dissesto attivi, ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti.

P3b Pericolosità elevata (tipo b): Aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali /artificiali o lungo le pendici, per effetto di condizioni geomorfologiche e fisiche sfavorevoli che determinano elevata propensione al dissesto.

Per tali aree la Disciplina di Piano di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio assetto idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI) indica:

Art. 8 – Aree a pericolosità molto elevata (P4) – Norme

1. *Nelle aree P4, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, da ottenersi attraverso misure di protezione finalizzate alla riduzione della classe di pericolosità, fatto salvo quanto previsto nei commi seguenti e ai successivi artt. 9 e 14.*
2. *Nelle aree P4 l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle misure di protezione tese alla riduzione della pericolosità in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica.*
3. *Nelle aree P4 sul patrimonio edilizio esistente e sulle infrastrutture esistenti sono sempre ammessi gli interventi di manutenzione ordinaria e gli interventi per adeguamenti minimi necessari alla messa in sicurezza delle strutture e degli impianti relativamente a quanto previsto dalle norme in materia igienico-*

sanitaria, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche.

4. Nel rispetto delle finalità di cui all'art. 1 le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica nelle aree P4 per il patrimonio edilizio esistente, per i casi di trasformazione d'uso del suolo e per i casi non espressamente richiamati nei precedenti commi. A tal fine emanano le disposizioni concernenti l'attuazione del Piano nelle materie di propria competenza, con la possibilità di adottare, ove necessario, disposizioni più restrittive rispetto a quanto previsto dal presente articolo ai sensi del disposto dell'art. 3-quinquies, c.2 del d.lgs. 152/06.

Art. 9 – Aree a pericolosità molto elevata (P4) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1. Fermo restando quanto previsto all'art. 8, nelle aree P4 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Città metropolitane, le Province e i Comuni nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:

a) sono da evitare gli interventi sul patrimonio edilizio esistente che determinino un aumento del carico urbanistico e un conseguente aumento dell'esposizione al rischio delle persone;

b) sono da evitare le previsioni di:

- interventi di nuova costruzione residenziali, commerciali, ricettivi e produttivi;
- nuove opere pubbliche e di interesse pubblico, riferite ai servizi essenziali;
- nuove aree destinate alla realizzazione di impianti di cui all'allegato VIII alla parte

seconda del decreto legislativo n. 152/2006;

- nuovi impianti di contenimento delle acque, quali dighe, invasi, laghi artificiali, oltre a quelli connessi con la gestione della risorsa idrica a scopi idropotabili ed irrigui;

c) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, da ottenersi attraverso misure di protezione, anche alla scala locale, finalizzate alla riduzione della pericolosità, le previsioni di:

- nuove infrastrutture o opere pubbliche o di interesse pubblico;
- interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;

- nuove infrastrutture a rete;

d) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio:

- le previsioni e le attività inerenti la coltivazione, il trattamento e il ripristino di aree destinate all'estrazione di materiali da cava e da miniera relativi alle aree a valenza estrattiva e mineraria incluse nei piani regionali;

e) sono da privilegiare:

- le azioni tese al mantenimento della naturale evoluzione morfodinamica dei rilievi, del paesaggio e del reticolo idrografico, a condizione che tale morfodinamica non sia causa o possa essere causa di rischio per il patrimonio ambientale, culturale, abitativo, infrastrutturale e produttivo esistente;

- le trasformazioni urbanistiche tese alla delocalizzazione degli insediamenti e delle infrastrutture nelle aree in dissesto, in particolare per quelle porzioni di territorio per le quali le misure di protezione e di mitigazione del rischio non risultino sostenibili, in quanto economicamente e socialmente non convenienti in termini di costi/benefici.

Art. 10 – Aree a pericolosità elevata (P3a) – Norme

1. Nelle aree P3a, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini.
2. Nelle aree P3a l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle misure di protezione tese alla riduzione della pericolosità in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica.
3. Nel rispetto delle finalità di cui all'art.1, le Regioni disciplinano le condizioni di

gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica nelle aree P3a per il patrimonio edilizio esistente e per i casi di trasformazione d'uso del suolo e per i casi non espressamente richiamati nei precedenti commi. A tal fine emanano le disposizioni concernenti l'attuazione del Piano nelle materie di propria competenza, con la possibilità di adottare, ove necessario, disposizioni più restrittive rispetto a quanto previsto dal presente articolo nei sensi del disposto dell'art. 3-quinquies, c.2 del d.lgs. 152/06.

Art. 11 Aree a pericolosità elevata (P3b) – Norme

- 1. Le aree P3b sono individuate dall'Autorità di bacino secondo i criteri indicati all'allegato 3. Le Regioni, le Città metropolitane, le Province ed i Comuni nell'ambito dei procedimenti di modifica ed approvazione dei propri strumenti urbanistici possono proporre all'Autorità di bacino istanze di riesame e modifica delle aree P3b, ai sensi del successivo art. 16, al fine di confermare e/o rivedere in dettaglio le condizioni di potenziale instabilità, con conseguente revisione del quadro conoscitivo.*
- 2. Nelle more dell'eventuale applicazione del riesame di cui al comma precedente, nelle aree P3b trovano applicazione le norme definite all'art. 10.*

Art. 12 – Aree a pericolosità elevata (P3a e P3b) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1. Fermo restando quanto previsto agli artt. 10 e 11, nelle aree P3a e P3b per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Città metropolitane, le Province e i Comuni nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:
a) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero e al mantenimento della naturale evoluzione morfodinamica dei rilievi, del paesaggio e del reticolo idrografico;
b) sono da privilegiare le trasformazioni dell'uso del suolo volte a ridurre le condizioni propedeutiche al dissesto e al contenimento dell'erosione;
c) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica le previsioni e realizzazioni di interventi di trasformazione urbanistica.

TRATTO COMUNE SANTA FIORA

La porzione di territorio interessata abbraccia quote da circa 790 a circa 820 m s.l.m. per uno sviluppo di circa 720 m (porzione di competenza del Comune di Santa Fiora) (a fronte di circa 7,5 Km totali di sviluppo); è posta in una area a circa 590 m a ovest dell'abitato di Bagnore, adiacente alla S.P. n.160 Amiatina con direzione circa sud-nord fino al confine comunale con Arcidosso; lo sviluppo del termodotto risulta circa parallelo all'andamento della valle di competenza del Fosso degli Ontani e attraverserà due vallette secondarie tributarie del Fosso degli Ontani; tali corsi d'acqua risultano, nell'area considerata, piuttosto limitati, nascendo poco distante dall'area d'indagine.

La carta geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana (fig. 4 bis) indica che lo sviluppo del termodotto attraverserà una porzione interessata da un dissesto gravitativo quiescente di colamento e lambirà marginalmente altre porzioni soggette a dissesti gravitativi per colamento o scorrimento sia quiescenti che attivi.

La carta della pericolosità geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana (fig. 5bis) attribuisce alle suddette aree una pericolosità elevata G3 fatta esclusione per la porzione con fenomeni attivi cui viene attribuita una pericolosità molto elevata G4.

Le restanti porzioni di termodotto e la Stazione di Scambio Termico ricadono in zone soggette a pericolosità G2 media.

La carta della pericolosità da frana a corredo del PAI del Bacino del F. Fiora (fig.9bis) attribuisce all'area di interesse una pericolosità da frana elevata PF3 sia per lo sviluppo del termodotto che per la porzione di imposta della Centrale di Scambio.

L'art. 13 delle Norme di Piano del Bacino del Fiume Fiora indica:

Art. 13 - Aree a pericolosità da frana elevata P.F. 3

Nelle aree P.F.3. sono consentiti gli interventi di consolidamento, bonifica e

sistemazione protezione e prevenzione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare , prevenire e mitigare gli altri processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità elevata, approvati dall'Ente competente, tenuto conto del presente Piano . Gli interventi , definiti sulla base di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici effettuati secondo i criteri definiti dall'Autorità di Bacino, dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi e dei diversi processi geomorfologici, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. In tali aree, sono vietati gli invasi d'acqua, gli scavi, i riporti ed i movimenti di terra e tutte le attività che possano esaltare il livello di pericolosità e non potranno essere oggetto di trasformazione dello stato dei luoghi, con interventi di carattere edilizio, urbanistico ed infrastrutturale, ad eccezione di quelli previsti ai punti da 1 a 10 dell'art. 12, e di quelli di seguito elencati:

- **opere che non sono qualificabili come volumi edilizi;**
- nuovi interventi pubblici o privati, previsti dagli strumenti urbanistici vigenti alla data di approvazione del presente piano, la cui realizzazione è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici, effettuati secondo i criteri definiti dall'Autorità di Bacino, finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

Tali aree potranno essere oggetto di atti di pianificazione territoriale per previsioni edificatorie, subordinando l'attuazione delle stesse all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. Gli studi devono attenersi ai criteri definiti dall'Autorità di Bacino, che si esprime sulla coerenza degli stessi con gli obiettivi e gli indirizzi del PAI e dei propri atti di pianificazione e, ove positivamente valutati, costituiscono implementazione del quadro conoscitivo del presente Piano. Le modifiche al perimetro dell'area P. F.3 saranno attuate secondo le procedure di cui al successivo art. 23. Gli Enti competenti si esprimono sugli interventi di cui ai commi precedenti e si possono avvalere del parere dell'Autorità di Bacino, in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area

Nei sopralluoghi effettuati sull'area di intervento sono stati in parte osservati i fenomeni indicati sulla carta di fig. 4 soprattutto grazie a crepe visibili sull'asfalto della strada provinciale generalmente interessanti la porzione di valle della carreggiata.

4.2. Idrografia

Lo sviluppo del termodotto attraverserà i seguenti corsi d'acqua ed alcuni dei loro affluenti:

- Fosso Acqua Forte
- Fosso degli Ontani
- Fosso Melacce
- Fosso di Acqua d'Alto
- Fosso Nobile Corona.

Risultano appartenenti al reticolo idrografico di cui all'elenco della L.R. 79 del 2012 censiti con i codici Fosso Acqua Forte TS49132, Fosso degli Ontani TS48701 e TS 49857 per il suo affluente a sud e TS 49573 per quello a nord, Fosso Melacce TS48745 e TS46896 e suo affluente di sinistra TS48500, Fosso di Acqua d'Alto TS 46712, Fosso Nobile Corona TS45675 e suo affluente di sinistra TS 46049.

Sebbene l'intervento riguardi la realizzazione di un termodotto su sede della strada

esistente, si ricorda che sia in base al R.D. n. 523 del 1904 e s.m.i. che e al PIT (DCR 27 marzo 2015 n. 37) e alla L.R. 79 del 2012 sono previste delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua presenti di cui dovrà essere tenuto conto sia per quanto concerne gli aspetti autorizzativi che progettuali.

TRATTO COMUNE ARCIDOSO

Lo studio idraulico a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montani dell'Amiata Grossetana (fig. 7) pone le aree di realizzazione delle Centrali di Scambio Termico al di fuori di quelle lambite da eventi alluvionali con tempi di ritorno duecentennali non essendo previsti per le porzioni di interesse battenti idrici. I tratti di termodotto in attraversamento sul Fosso Melacce e Fosso di Acqua d'Alto nei pressi di Bagnoli, e Fosso Nobile Corona e suo affluente di sinistra nei pressi di San Lorenzo risultano interessare porzioni soggette a battenti idrici duecentennali.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, nuovo strumento di pianificazione territoriale che recepisce la direttiva europea 2007/60/CE e sostituisce la parte di pericolosità idraulica del PAI, non assegna alcuna pericolosità al tratto di termodotto e alle aree di realizzazione delle Centrali di Scambio. (fig.8).

Le pericolosità esistenti associate alla tipologia di intervento escludono l'opera dall'applicazione della Regionale 24 luglio 2018, n. 41.

TRATTO COMUNE SANTA FIORA

La carta della pericolosità idraulica a corredo del Piano Strutturale del Comune di Santa Fiora (fig. 7bis) attribuisce una pericolosità idraulica irrilevante (classe 1) alle aree interessate dall'intero sviluppo dell'infrastruttura.

Lo studio idraulico a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montani dell'Amiata Grossetana (fig. 8bis) pone l'area di intervento al di fuori di quelle lambite da eventi alluvionali con tempi di ritorno duecentennali non essendo previsti per la porzione di interesse battenti idrici.

4.3. Idrogeologia della zona

Dal punto di vista idrogeologico le formazioni presenti nell'area di intervento sono costituite da terreni dotati di caratteristiche di permeabilità variabile, ma generalmente e globalmente medio-basse, essendo presenti prevalentemente terreni argillitici.

Infatti localmente la permeabilità potrebbe avere anche valori medi, soprattutto nelle bancate calcaree spesso tettonizzate, intercalate alle argilliti, ma, generalmente, tale formazione ha una fessurazione o una porosità decrescente dall'alto verso il basso: il carico litostatico infatti tende a chiudere le fessure al crescere della profondità. Un altro motivo che porta alla chiusura delle fessurazioni e della porosità riguarda l'alterazione di alcuni componenti mineralogici che danno origine alle argille residuali e che trasportate dall'acqua di dilavamento superficiale, ne riducono progressivamente le dimensioni a scapito della permeabilità di insieme.

La carta della vulnerabilità idrogeologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana (fig. 6) indica la presenza di formazioni dotate di vulnerabilità da medie a molto basse nel tratto posto nel Comune di Arcidosso e indica la presenza di formazioni dotate di vulnerabilità da medio basse a molto basse nel tratto posto nel Comune di Santa Fiora (fig. 6bis).

Dall'esame delle prove realizzate nell'ambito del presente studio o nelle fasi precedenti, è stata evidenziata la presenza di falda nella porzione di realizzazione della Centrale di Scambio SSTS1 Arcidosso a circa – 4-5 m da p.c. rilevata nelle campagne di indagine del novembre 2022 e del marzo 2023.

La falda è stata riscontrata anche nella porzione di realizzazione della Centrale di

Scambio SSTS2 Bagnoli a circa – 2 m da p.c. rilevata solo nella campagna di indagine del novembre 2022 risultando assente in quella del marzo 2023.

Nella porzione di realizzazione della Centrale di Scambio SSTS3 San Lorenzo non è stata rilevata la presenza in entrambe le campagne di indagine.

Nelle prove DPM realizzate lungo lo sviluppo del termodotto, realizzate nel mese di marzo non è stata mai riscontrata la presenza di falda.

Dall'esame delle prove realizzate nell'ambito del presente studio nel tratto del Comune di Santa Fiora non è stata evidenziata la presenza di falda.

Non si esclude comunque una eventuale circolazione di acqua negli strati caratterizzati da maggior permeabilità legata a periodi di piovosità maggiore.

5. INDAGINI ESEGUITE

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto di teleriscaldamento alimentato da fonte geotermica, a servizio di una porzione dell'abitato facente parte del Comune di Santa Fiora e Arcidosso in provincia di Grosseto.

L'impianto sarà costituito da un termodotto interrato con uno sviluppo di circa 7,5 Km esclusi i tratti nelle porzioni urbane ripartito in circa 720 m in Comune di Santa Fiora ed il restante nel Comune di Arcidosso.

L'intervento prevede inoltre la realizzazione di una Centrale di Scambio Termico Principale nei pressi della Centrale Bagnore 3 nel Comune di Santa Fiora e 3 Centrali di Scambio Termico Secondarie nel Comune di Arcidosso.

Sulla porzione di sviluppo del termodotto, nel tratto del Comune di Arcidosso sono state effettuate 5 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) oltre a 3 stese di geoelettrica in tomografia 2d; nel tratto di competenza del Comune di Santa Fiora sono state effettuate 2 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) oltre a 4 stese di geoelettrica in tomografia 2d.

Nelle porzioni di realizzazione delle Centrali di Scambio Termico, seguendo quanto indicato dal DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R, sono state effettuate:

COMUNE DI ARCIDOSO

- Centrale SSTS1 Arcidosso: inserita nella classe di indagine 3 ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R. In questa area sono state realizzate 3 prove penetrometriche dinamiche/statiche, un sondaggio a carotaggio a 20 m di profondità dal p.c. con prelievo di campioni indisturbati ed analisi di laboratorio oltre a una stesa sismica a rifrazione in onde P ed una indagine MASW.
- Centrale SSTS2 Bagnoli: inserita nella classe di indagine 2 ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R. In questa area sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche ed una indagine MASW.
- Centrale SSTS3 San Lorenzo: inserita nella classe di indagine 2 ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R. In questa area sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche ed una indagine MASW. Si fa presente che laddove le prove si sono arrestate a profondità basse, le prove sono state ripetute previo spostamento per confermare la presenza dello strato resistente ed escludere la presenza di trovanti.

COMUNE DI SANTA FIORA

- Centrale SSTP Bagnore: inserita nella classe di indagine 2 ai sensi del DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R. In questa area sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH) oltre a due stese sismiche a rifrazione in onde P ed una indagine MASW.

Si fa presente che laddove le prove si sono arrestate a profondità basse, le prove sono state ripetute previo spostamento per confermare la presenza dello strato resistente ed escludere la presenza di trovanti.

6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

COMUNE DI ARCIDOSO

Con l'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 (G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone". Nell'Allegato A della citata Ordinanza viene indicata la classificazione sismica dei comuni italiani.

A livello di mappatura macrosismica, l'intero territorio nazionale viene considerato sismico e suddiviso in 4 zone, sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità), derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione 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

Ai sensi della suddetta normativa, il Comune di Arcidoso risulta inserito nella zona sismica 3.

Con la deliberazione della Giunta Regionale n. 421 del 26 maggio 2014 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale. Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Arcidoso rimane classificato in zona 3.

Di seguito per ogni area su cui verranno realizzate le stazioni di scambio termico verranno riportate le caratteristiche di sito valutati in funzione dei risultati delle indagini MASW eseguite.

- **Centrale SSTS1 Arcidoso:**

In base ai terreni presenti sull'area di indagine ed in base alla prova MASW eseguita nella porzione di intervento, che ha permesso di definire valori di V_{seq} pari a 393,8 m/s, si è potuto attribuire l'appartenenza alla categoria di suolo di fondazione "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"*.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento P_{vr} :

a_g = accelerazione massima del sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

In base a tale caratteristica, alle coordinate del sito, alla classe dell'edificio e alla vita nominale, sono stati calcolati i coefficienti sismici di seguito riportati:

WGS84: Lat 42.871194 - Lng 11.542962

ED50: Lat 42.872170 - Lng 11.543924



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.486	0.245
Danno (SLD)	50	0.059	2.525	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.499	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.175	2.526	0.284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.048	0.060
kv	0.007	0.009	0.024	0.030
Amax [m/s ²]	0.672	0.835	1.974	2.466
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

1



us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T2

Cat. Topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,45	1,42	1,41
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito
[m/s²]

0.6

I valori Ss, amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente Cc, coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati F0, Tc e ag e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1	1
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$	$1,10 (T^*c)^{-0,20}$
C	$1,00 < 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$	$1,05 (T^*c)^{-0,33}$
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$	$1,25 (T^*c)^{-0,50}$
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$	$1,15 (T^*c)^{-0,40}$

Per quanto riguarda i valori di S_T , amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dal valore nominale di a_g (g) si passa a A_{max} (m/s^2) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = a_g * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 1.974 \text{ m/s}^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.835 \text{ m/s}^2$$

- **Centrale SSTS2 Bagnoli:**

In base ai terreni presenti sull'area di indagine ed in base alla prova MASW eseguita nella porzione di intervento, che ha permesso di definire valori di V_{seq} pari a 396,2 m/s, si è potuto attribuire l'appartenenza alla categoria di suolo di fondazione "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"*.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento P_{vr} :

a_g = accelerazione massima del sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

In base a tale caratteristica, alle coordinate del sito, alla classe dell'edificio e alla vita nominale, sono stati calcolati i coefficienti sismici di seguito riportati:

WGS84: Lat 42.870954 - Lng 11.547247

ED50: Lat 42.871930 - Lng 11.548209



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T _c [*] [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.486	0.245
Danno (SLD)	50	0.059	2.526	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.499	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.175	2.526	0.284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.040	0.050
kv	0.006	0.007	0.020	0.025
Amax [m/s ²]	0.560	0.696	1.645	2.055
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,45	1,42	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]


0.6

I valori Ss, amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente Cc, coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati F₀, T_c e a_g e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1	1
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,20$	$1,10 (T^*c)^{-020}$
C	$1,00 < 1,70 - 0,60 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,50$	$1,05 (T^*c)^{-033}$
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,80$	$1,25 (T^*c)^{-050}$
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,60$	$1,15 (T^*c)^{-040}$

Per quanto riguarda i valori di S_T , amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dal valore nominale di ag (g) si passa a A_{max} (m/s^2) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = ag * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 1.645 \text{ m/s}^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.696 \text{ m/s}^2$$

- **Centrale SSTS3 San Lorenzo:**

In base ai terreni presenti sull'area di indagine ed in base alla prova MASW eseguita nella porzione di intervento, che ha permesso di definire valori di V_{seq} pari a 530,9 m/s, si è potuto attribuire l'appartenenza alla categoria di suolo di fondazione "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"*.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento P_{vr} :

ag = accelerazione massima del sito;

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

In base a tale caratteristica, alle coordinate del sito, alla classe dell'edificio e alla vita nominale, sono stati calcolati i coefficienti sismici di seguito riportati:

WGS84: Lat 42.882133 - Lng 11.537354

ED50: Lat 42.883109 - Lng 11.538316



Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.040	0.050
kv	0.006	0.007	0.020	0.025
Amax [m/s²]	0.560	0.696	1.646	2.056
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.486	0.245
Danno (SLD)	50	0.059	2.525	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.499	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.175	2.526	0.284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)	us (m)
1	0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,45	1,42	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

I valori Ss, amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente Cc, coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati F0, Tc e ag e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1	1
B	1,00 < 1,40 – 0,40 F₀ ag/g ≤ 1,20	1,10 (T[*]c)⁻⁰²⁰
C	1,00 < 1,70 – 0,60 F ₀ ag/g ≤ 1,50	1,05 (T [*] c) ⁻⁰³³
D	0,90 < 2,40 – 1,50 F ₀ ag/g ≤ 1,80	1,25 (T [*] c) ⁻⁰⁵⁰
E	1,00 < 2,00 – 1,10 F ₀ ag/g ≤ 1,60	1,15 (T [*] c) ⁻⁰⁴⁰

Per quanto riguarda i valori di S_T, amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dal valore nominale di ag (g) si passa a Amax (m/s²) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = a_g * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 1.646 \text{ m/s}^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.696 \text{ m/s}^2$$

COMUNE DI SANTA FIORA

Con l'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 (G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone". Nell'Allegato A della citata Ordinanza viene indicata la classificazione sismica dei comuni italiani.

A livello di mappatura macrosismica, l'intero territorio nazionale viene considerato sismico e suddiviso in 4 zone, sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco ag su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità), derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/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

Ai sensi della suddetta normativa, il Comune di Santa Fiora risulta inserito nella zona sismica 2.

Con la deliberazione della Giunta Regionale n. 421 del 26 maggio 2014 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale. Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Santa Fiora rimane classificato in zona 2.

In base ai terreni presenti sull'area di indagine ed in base alla prova MASW eseguita

nella porzione di intervento, che ha permesso di definire valori di V_{seq} pari a 349 m/s, si è potuto attribuire l'appartenenza alla categoria di suolo di fondazione "C": *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento P_{vr} :

a_g = accelerazione massima del sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

In base a tale caratteristica, alle coordinate del sito, alla classe dell'edificio e alla vita nominale, sono stati calcolati i coefficienti sismici di seguito riportati:

WGS84: Lat 42.842933 - Lng 11.560467

ED50: Lat 42.843910 - Lng 11.561428



Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.014	0.018	0.050	0.060
k_v	0.007	0.009	0.025	0.030
$A_{max} [m/s^2]$	0.691	0.862	2.037	2.462
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.482	0.243
Danno (SLD)	50	0.059	2.519	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.139	2.495	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.174	2.522	0.284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

SLO SLD SLV SLC

SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,44
CC Coeff. funz categoria	1,67	1,66	1,60	1,59
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito
[m/s²]

0.6

I valori S_s , amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente C_c , coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati F_0 , T_c e a_g e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1	1
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$	$1,10 (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 < 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$	$1,05 (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$	$1,25 (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$	$1,15 (T_c^*)^{-0,40}$

Per quanto riguarda i valori di S_T , amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dal valore nominale di a_g (g) si passa a A_{max} (m/s^2) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = a_g * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 2.037 \text{ m/s}^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.862 \text{ m/s}^2$$

7. QUADRO STRATIGRAFICO LOCALE, MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI DI SOTTOSUOLO

7.1. Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica

COMUNE DI ARCIDOSO

In funzione delle varie indagini effettuate e della differente tipologia di intervento, nel seguito verranno distinte le caratteristiche geotecniche relative alle porzioni di realizzazione delle Centrali di Scambio Termico.

7.1.1. Area imposta Centrale SSTS1 Arcidosso

La postazione sede di imposta della Centrale è costituita da un ripiano antropico adiacente alla via Bagnoli ed era originariamente destinata a edificazione civile e per questo era già stata predisposta di platea di fondazione.

Le indagini eseguite hanno permesso di distinguere la presenza di un primo strato di terreno migliore nella fascia adiacente a via Bagnoli e poi dotato di caratteristiche peggiori spostandosi verso valle.

In questa area sono state realizzate 3 prove penetrometriche dinamiche/statiche, un sondaggio a carotaggio a 20 m di profondità dal p.c. con prelievo di campioni indisturbati ed analisi di laboratorio oltre a una stesa sismica a rifrazione in onde P ed una indagine MASW.

Sondaggio S1

Sull'area è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo denominato S1, spinto fino a 20.0 m da p.c. (l'ubicazione è riportata in fig.2).

Dal sondaggio S1 sono stati prelevati 2 campioni indisturbati: CI1 alla profondità compresa tra -1.5-2.0 m da p.c. e CI2 alla profondità compresa tra -6.5-6.8 m da p.c. su cui sono state effettuate analisi di laboratorio geotecnico. Sono state inoltre realizzate 2 prove SPT il cui riepilogo è riportato nella seguente tabella:

	Profondità (m da p.c.)	NSPT
SPT1	2.0-2.45	2-3-3
SPT2	6.80-7.25	12-14-10

Di seguito viene riportata la stratigrafia osservata nel sondaggio:

Sondaggio S1

0.00 -- 0.50 metri dal p.c.: terreno vegetale o di riporto;

0.50 – 2.90 metri dal p.c.: argilla color nocciola con clasti centimetrici a spigoli vivi; tra -1.50 e -2.00 m da p.c. è stato prelevato il campione indisturbato CI1;

2.90 – 3.20 metri dal p.c.: argilla nocciola con limo;

3.20 – 4.80 metri dal p.c.: argilla verdastra a medio bassa consistenza con pochi ciottoli a spigoli vivi;

- 4.80 – 8.70 metri dal p.c.: argilla limosa grigiastra a media consistenza con ciottoli a spigoli vivi; tra -6.50 e -6.80 m da p.c. è stato prelevato il campione indisturbato CI2;
- 8.70 – 9.70 metri dal p.c.: argilla consistente di colore grigio;
- 9.70 – 11.50 metri dal p.c.: conglomerati in matrice argillosa;
- 11.50 – 20.00 metri dal p.c.: alternanze argille compatte con livelli di arenarie;



Foto Sondaggio da 0.0 a 5.0 m da p.c.



Foto Sondaggio da 5.0 a 10.0 m da p.c.



Foto Sondaggio da 10.0 a 15.0 m da p.c.



Foto Sondaggio da 15.0 a 20.0 m da p.c.

Analisi di laboratorio

Nel sondaggio analizzato sono stati prelevati 2 campioni indisturbati al fine di determinarne le caratteristiche fisiche e geotecniche.

- *Campione CI1* prelevato ad una profondità compresa tra -1.5 e -2.0 m dal p.c.
- *Campione CI2* prelevato ad una profondità compresa tra -6.5 e -6.8 m dal p.c.

Su tutti i campioni prelevati nel sondaggio, sono state eseguite le seguenti prove di classificazione:

- umidità naturale,
- peso di volume,
- grado di saturazione.
- prove di Taglio diretto drenato consolidato (CD);

Sul campione CI2 è stata realizzata:

- prova di compressione edometrica
- prova granulometrica

I risultati delle analisi sono illustrati nella tabella seguente:

Parametro		CI ₁	CI ₂
profondità		1.5-2.0	6.5-6.8
γ (peso di volume gr/cm ³)		1.97	2.06
W (umidità naturale %)		22.4	21.3
ϕ' (angolo di attrito drenato °)		25.6	35.9
C' (coesione drenata Kg/cm ²)		0.202	0.069
	Cv (coeff. di consolidazione cmq/s)		2.72 ⁻⁰³
	K (coeff. Permeabilità cm/sec)		2.07 10 ⁻⁰⁸
	Cv (coeff. di consolidazione cmq/s)		2.34 ⁻⁰³
	K (coeff. Permeabilità cm/sec)		1.43 10 ⁻⁰⁸
Analisi Granulometrica		per cento	
		Ghiaia	56.9
		Sabbia	9.6
		Limo	21.1
		Argilla	12.4

In base a quanto osservato nelle prove è stato possibile redigere la seguente stratigrafia, volutamente basata su assunzioni cautelative e valida per la porzione di realizzazione del manufatto (porzione limitrofa alla via Bagnoli) :

tra 0.0 e 1.8 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 2 e 3; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.9 Kg/dm^3 , $c_u = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico $50,8 \text{ Kg/cm}^2$, coesione drenata $c' = 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 25^\circ$;

tra 1.8 e 4.6 m da p.c.: terreno argilloso limoso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 5 e 7; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.90 Kg/dm^3 , $c_u = 0.7 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 53.5 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 25^\circ$;

tra 4.6 e 6.2 m da p.c.: terreno limoso argilloso con ghiaia caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 7 e 12; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.90 Kg/dm^3 , $c_u = 0.7 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 56.5 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 36^\circ$;

tra 6.2 e 7.4 m da p.c.: terreno limoso argilloso con ghiaia caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 11 e 21; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm^3 , $c_u = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 113.9 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 36^\circ$;

da 7.4 m da p.c. in poi: terreno caratterizzato da peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm^3 , $c_u = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 113.9 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 36^\circ$.

Di seguito si fornisce la stratigrafia del terreno riscontrato nella porzione di valle (nord) (utilizzato per le verifiche di stabilità):

tra 0.0 e 2.4 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 1 e 3; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.65 Kg/dm^3 , $c_u = 0.21 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico $42,3 \text{ Kg/cm}^2$, coesione drenata $c' = 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 25^\circ$;

tra 2.4 e 5.1 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 2 e 4; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.9 Kg/dm^3 , $c_u = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico $50,8 \text{ Kg/cm}^2$, coesione drenata $c' = 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 25^\circ$;

tra 5.1 e 7.0 m da p.c.: terreno limoso argilloso con ghiaia caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 7 e 12; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.90 Kg/dm^3 , $c_u = 0.7 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 56.5 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 36^\circ$;

tra 7.0 e 7.8 m da p.c.: terreno limoso argilloso con ghiaia caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 11 e 21; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm^3 , $c_u = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 113.9 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 36^\circ$;

da 7.8 m da p.c. in poi: terreno caratterizzato da peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm^3 , $c_u = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 113.9 Kg/cm^2 , coesione drenata $c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito in condizione drenata $\phi' = 36^\circ$.

La misura del tetto della falda, effettuata all'interno dei fori delle prove penetrometriche analizzate, ne ha evidenziato la presenza a circa – 4-5 m da p.c. rilevata nelle campagne di indagine del novembre 2022 e del marzo 2023.

L'indagine sismica effettuata in direzione circa ovest-est ha confermato tali spessori evidenziando un ispessimento del primo strato meno resistente nella porzione est verso l'accesso all'area dalla via Bagnoli.

7.1.2. Area imposta Centrale SSTS2 Bagnoli

In questa area sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche ed una indagine MASW. In base a quanto osservato nelle prove è stato possibile redigere la seguente stratigrafia, volutamente basata su assunzioni cautelative e valida per la porzione di realizzazione del manufatto:

tra 0.0 e 2.6 m da p.c.: terreno argilloso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 2 e 3; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.75 Kg/dm³, c_u = 0.3 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 21.2 Kg/cm²;

tra 2.6 e 4.6 m da p.c.: terreno argilloso limoso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 5 e 7; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.90 Kg/dm³, c_u = 0.7 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 50.6 Kg/cm²;

tra 4.6 e 5.1 m da p.c.: terreno argilloso limoso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 7 e 12; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.0 Kg/dm³, c_u = 1.0 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 82.6 Kg/cm²;

da 5.1 m da p.c.: terreno argilloso limoso; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm³, c_u = 1.5 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 82.6 Kg/cm².

La misura del tetto della falda, effettuata all'interno dei fori delle prove penetrometriche analizzate, ne ha evidenziato la presenza a circa – 2 m da p.c. rilevata solo nella campagna di indagine del novembre 2022 risultando assente in quella del marzo 2023.

7.1.3. Area imposta Centrale SSTS3 San Lorenzo

In questa area sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche ed una indagine MASW. In base a quanto osservato nelle prove è stato possibile redigere la seguente stratigrafia, volutamente basata su assunzioni cautelative e valida per la porzione di realizzazione del manufatto:

tra 0.0 e 0.9 m da p.c.: terreno vegetale caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 1 e 3; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.70 Kg/dm³, c_u = 0.25 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 0.9 e 1.8 m da p.c.: terreno argilloso limoso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 6 e 9; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.90 Kg/dm³, c_u = 0.6 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 74.3 Kg/cm²;

tra 1.8 e 2.4 m da p.c.: terreno limoso argilloso o sabbioso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 12 e 16; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.0 Kg/dm³, c_u = 0.9 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 115.6 Kg/cm².

La misura del tetto della falda, effettuata all'interno dei fori delle prove

penetrometriche analizzate, ne ha evidenziato l'assenza sia nella campagna di indagine del novembre 2022 sia in quella del marzo 2023.

7.1.4. Area attraversamento Fosso Acquaforte

In base a quanto osservato nelle prove è stato possibile redigere la seguente stratigrafia generale, volutamente basata su assunzioni cautelative:

tra 0.0 e 1.5 m da p.c.: terreno vegetale caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 1 e 2; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.60 Kg/dm³, c_u = 0.15 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 1.5 e 6.3 m da p.c.: terreno argilloso limoso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 2 e 5; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.80 Kg/dm³, c_u = 0.4 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 41.9 Kg/cm²;

tra 6.3 e 9.3 m da p.c.: terreno limoso argilloso o sabbioso caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 11 e 29; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.0 Kg/dm³, c_u = 1.2 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 61.9 Kg/cm²;

da 9.3 m da p.c.: terreno limoso argilloso cui sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm³, c_u = 2.0 Kg/cm² in condizioni non drenate;

La misura del tetto della falda, effettuata all'interno dei fori delle prove penetrometriche analizzate, ne ha evidenziato la presenza a circa 7 m da p.c. nella campagna di indagine del marzo 2023.

Questa prova è stata realizzata a livello della strada S.P. n.160 Amiatina a quota di circa 790 m s.l.m. a fronte di una quota dell'alveo del Fosso Acquaforte di circa 784 m s.l.m.

In tale porzione è prevista la realizzazione di una gabbionata.

Si fornisce di seguito una stratigrafia, derivata dalla prova eseguita per la porzione di imposta della gabbionata:

tra 0.0 e 0.9 m da p.c.: terreno vegetale cui sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.60 Kg/dm³, c_u = 0.15 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 0.9 e 1.6 m da p.c.: terreno argilloso limoso cui sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.80 Kg/dm³, c_u = 0.4 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 1.6 e 3.0 m da p.c.: terreno limoso argilloso cui sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.0 Kg/dm³, c_u = 1.2 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 61.9 Kg/cm²;

7.1.5. Sviluppo Termodotto

Sulla porzione di sviluppo del termodotto, nel tratto del Comune di Arcidosso sono state effettuate 5 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) oltre a 7 stese di geoelettrica in tomografia 2d (4 in Comune di Santa Fiora e 3 in Comune di Arcidosso).

Lungo lo sviluppo del termodotto, nel tratto del Comune di Arcidosso sono state effettuate 5 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) oltre a 3 stese di geoelettrica in tomografia 2d ubicate nelle porzioni maggiormente significative (in fig. 2 sono riportati i punti di indagine).

Le prove penetrometriche hanno permesso di indicare la presenza di un primo strato variabile tra 1.0 e 1.5 m di terreni con caratteristiche generalmente basse. Al di sotto le caratteristiche migliorano fino a circa 2.0-2.5 m da p.c. per poi migliorare sensibilmente.

Per quanto osservato mediante le indagini di tomografia geoelettrica 2d realizzate dal Geol. Ciulli lungo alcuni tratti dello sviluppo del Termodotto nel tratto di competenza del Comune di Arcidosso, di seguito si riporta un estratto della relazione sulle indagini redatta dal Geol. Ciulli:

“Per il secondo settore (San Michele – Arcidosso) dai risultati è emerso quanto di seguito:

1. Raramente lungo il tracciato investigato emerge la presenza di materiali di

riempimento e/o riporto di origine antropica. In molte porzioni dello stesso affiorano i litotipi argillitici o calcarei della formazione di Pietraforte, costituente il substrato roccioso della zona interessata dal tratto investigato.

2. *La maggiore conducibilità elettrica determinata lungo le linee 1 e 2 indica una maggiore presenza di litotipi argillitici, confermata dagli affioramenti rocciosi e dalla contestuale presenza di emergenze idriche superficiali, riconosciute anche durante le attività di indagine.”*

Nel settore attraversato dalla strada vicinale (San Michele – Arcidosso) si sottolinea che buona parte delle forme e dei lineamenti cartografati corrispondono a fenomenologie circoscritte ad impluvi presenti dove la criticità maggiore risulta rappresentata dall'erosione e dall'incisione dei corsi d'acqua alimentati soprattutto in inverno e primavera. Per questo settore si esclude la necessità di un approfondimento con la realizzazione di sondaggi geognostici.

COMUNE DI SANTA FIORA

In funzione delle varie indagini effettuate e della differente tipologia di intervento, nel seguito verranno distinte le caratteristiche geotecniche relative alle porzioni di realizzazione del termodotto da quelle di realizzazione della Centrale di Scambio Termico.

7.1.6. Area imposta Centrale di Scambio

In base a quanto osservato nelle prove è stato possibile redigere la seguente stratigrafia generale, volutamente basata su assunzioni cautelative:

tra 0.0 e 0.9 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 2 e 4; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.75 Kg/dm³, c_u = 0.30 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 22.0 Kg/cm²;

tra 0.9 e 3.3 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 4 e 8; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.90 Kg/dm³, c_u = 0.7 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 47.5 Kg/cm²;

tra 0.9 e 3.3 m da p.c.: a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.0 Kg/dm³, c_u = 1.5 Kg/cm² in condizioni non drenate e modulo di deformazione edometrico 150.0 Kg/cm².

La misura del tetto della falda, effettuata all'interno dei fori delle prove penetrometriche analizzate, ne ha evidenziato l'assenza nel mese di marzo.

Le indagini sismiche effettuate hanno confermato tali spessori evidenziando un lieve ispessimento del primo strato meno resistente nella porzione di versante di raccordo tra la strada soprastante e l'area di imposta della futura struttura.

7.1.7. Area di sviluppo del termodotto

In base a quanto osservato nelle prove è stato possibile redigere la seguente stratigrafia generale, volutamente basata su assunzioni cautelative:

tra 0.0 e 0.5 m da p.c.: terreno vegetale;

tra 0.5 e 1.7 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 4 e 6; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.70 Kg/dm³, c_u = 0.2 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 1.7 e 2.0 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 6 e 9; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 1.9 Kg/dm³, c_u = 0.4 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 2.0 e 3.0 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi variabili tra 9 e 19; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.0 Kg/dm³, c_u = 0.7 Kg/cm² in condizioni non drenate;

tra 3.0 e 3.3 m da p.c.: terreno caratterizzato da numeri di colpi oltre 38; a tale strato sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche: peso di volume γ pari a 2.1 Kg/dm³, cu = 1.5 Kg/cm² in condizioni non drenate.

La misura del tetto della falda, effettuata all'interno dei fori delle prove penetrometriche analizzate, ne ha evidenziato l'assenza nel mese di marzo.

Il rapporto delle indagini di tomografia geoelettrica 2d, redatto dal Geol. Ciulli che le ha realizzate, per la porzione di interesse indica:

“le indagini hanno avuto lo scopo di confermare i fenomeni di instabilità gravitativa a cui sono associate le morfologie note in cartografia, riferendoci in particolare alla cosiddetta Carta della pericolosità geologica (Tavola GEO.03.06E) di supporto al piano strutturale intercomunale dell'Unione dei Comuni Montani dell'Amiata Grossetana.

La sovrapposizione delle tomografie elettriche con la suddetta cartografia ha consentito di ottimizzare le conoscenze di base in merito alla morfologia dei due settori. Per il primo settore (Bagnore 3 – Aiole) dai risultati è emerso quanto di seguito:

1. Nella maggior parte del tracciato investigato è emersa la presenza di uno strato superficiale di materiale di riporto, avente uno spessore medio inferiore ai 2 metri e riconducibile ragionevolmente al materiale impiegato per la realizzazione della sede viaria. Questo assume spessori localmente più elevati ma comunque mai superiori ai 2,50 metri nelle zone dove la pendenza della cosiddetta sottoscarpa stradale aumenta.

2. L'andamento irregolare della resistività elettrica negli strati più profondi, o comunque sottostanti al suddetto strato superficiale, è correlabile con la tipica tessitura caotica della formazione delle Argille a Palombini; nella fattispecie costituente il sottosuolo della zona.

3. Confrontando le progressive lungo gli stendimenti con le informazioni ottenute dal rilievo di dettaglio sul terreno, sono riconoscibili gli attraversamenti stradali in corrispondenza delle linee 2 e 4.

4. Lungo la linea 1, in correlazione con quanto rappresentato nella suddetta cartografia di base, è riconoscibile una geometria sepolta dotata di concavità riconducibile ad un deposito di frana. La profondità massima del deposito determinabile lungo la sezione è di 7 ÷ 8 metri a cominciare dalla quota del piano stradale, mentre l'estensione totale è di 20 ÷ 25 metri tra le progressive dei 40 e 60 metri circa. La geometria ricade a cavallo tra un'area a pericolosità geologica elevata (G3) e molto elevata (G4), quest'ultima rappresentata a valle della sede viaria ed interessante solo marginalmente la viabilità. Vista la morfologia della sottoscarpa stradale nel settore in questione non si esclude che la geometria sepolta possa essere ricondotta ad un antico riempimento di origine antropica.

5. Lungo la linea 3, in correlazione con quanto rappresentato nella suddetta cartografia di base, è riconoscibile una morfologia dotata di concavità riconducibile ad un deposito di frana. La profondità massima del deposito determinabile lungo la sezione è di 3 ÷ 4 metri a cominciare dalla quota del piano stradale, mentre l'estensione totale è di 35 ÷ 40 metri tra le progressive dei 30 e 70 metri circa. Questa coincide con il tornante che contraddistingue la sede viaria proprio alle suddette progressive dello stendimento. In questo caso la geometria ricade in un'area classificata in pericolosità geologica elevata (G3) che dal rilevamento sul terreno mostra ad oggi evidenti segni di instabilità attiva. L'instabilità della sede viaria in questo tratto può essere collegata ad una infiltrazione selvaggia del deflusso meteorico proveniente da monte, che per la mancanza di un adeguato sistema di regimazione superficiale favorisce la dispersione delle acque lungo il margine della statale e la loro successiva infiltrazione in più punti del tracciato. La pendenza e la presenza dell'impiuvio morfologico in corrispondenza del suddetto tornante favorisco il fenomeno. Non si esclude comunque che il fenomeno, visto il ridotto spessore, possa interessare esclusivamente il cosiddetto rilevato stradale.

7.2. Caratteristiche geotecniche stratigrafiche attribuite

Si riassumono brevemente le caratteristiche attribuite:

Centrale di Scambio Termico SSTS1

		Condizioni non drenate		Condizioni drenate		
Profondità (m)	γ (peso di volume Kg/dm ³)	ϕ (angolo di attrito drenato °)	C_u (coesione drenata Kg/cm ²)	ϕ' (angolo di attrito drenato °)	C' (coesione drenata Kg/cm ²)	Ed(modulo edometrico Kg/cm ²)
0.0-1.8	1.9		0.4	25	0.2	50.8
1.8-4.6	1.9		0.7	25	0.2	53.5
4.6-6.2	1.9		0.7	36	0.07	56.5
6.2-7.4	2.1		1.5	36	0.07	113.9
7.4	2.1		2.0	36	0.07	113.9

Centrale di Scambio Termico SSTS2

		Condizioni non drenate		
Profondità (m)	γ (peso di volume Kg/dm ³)	ϕ (angolo di attrito drenato °)	C_u (coesione drenata Kg/cm ²)	Ed(modulo edometrico Kg/cm ²)
0.0-2.6	1.75		0.3	21.2
2.6-4.6	1.9		0.7	50.6
4.6-5.1	2.0		1.0	82.6
5.1	2.1		1.5	82.6

Centrale di Scambio Termico SSTS3

		Condizioni non drenate		
Profondità (m)	γ (peso di volume Kg/dm ³)	ϕ (angolo di attrito drenato °)	C_u (coesione drenata Kg/cm ²)	Ed(modulo edometrico Kg/cm ²)
0.0-0.9	1.70		0.25	
0.9-1.8	1.9		0.6	74.3
1.8-2.4	2.0		0.9	115.6

Centrale di Scambio Termico SSTP

		Condizioni non drenate		
Profondità (m)	γ (peso di volume Kg/dm ³)	ϕ (angolo di attrito drenato °)	C_u (coesione drenata Kg/cm ²)	Ed(modulo edometrico Kg/cm ²)
0.0-0.5	1.85		0.2	22.0
0.5-1.7	1.9		0.4	32.5
1.7-3.3	2.0		0.7	47.5
3.3-3.9	2.1		1.5	150.0

8. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO

8.1. Analisi di stabilità del pendio

COMUNE DI ARCIDOSO

Tra le varie Centrali di progetto, l'unica caratterizzata da particolari condizioni morfologiche è rappresentata dalla Centrale di Scambio Termico SSTS1 Arcidoso; per tale motivo su tale porzione si è proceduto ad effettuare le verifiche di stabilità. Le stesse sono state omesse per le postazioni di imposta delle Centrali di Scambio Termico SSTS2 e SSTS3 per le basse pendenze che le caratterizzano.

Le procedure di analisi di stabilità di un pendio in terra, attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consistono nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o alla rotazione, del volume di terra compreso fra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta. La verifica è stata effettuata tramite il programma Slope della Geostru, in licenza allo Studio Associato di geologia di Pisa.

La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Il coefficiente di sicurezza globale del pendio viene calcolato attraverso il rapporto fra la resistenza di taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano:

Per la sezione presa in considerazione sono state effettuate le verifiche di stabilità ante e postoperam del versante.

In accordo col D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, si è effettuata la verifica di stabilità mediante l'approccio 1 combinazione 2:

$$(A2+M2+R2).$$

Dove i fattori parziali di sicurezza assumono i valori indicati nelle seguenti tabelle.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan \phi'$	γ_ϕ	1.25
Resistenza non drenata	c'	γ_{cu}	1.4
Peso dell'unità di volume	Γ	γ_γ	1

Tabella 1: coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	A2
Permanenti	Sfav	γ_{G1}	1.0
	Fav.	γ_{G1}	1.0
Permanenti non strutturali	Sfav	γ_{G2}	0
	Fav.	γ_{G2}	1.3
Variabili	Sfav	γ_{Qi}	0.0
	Fav.	γ_{Qi}	1.3

Tabella 2: coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Si sono considerate oltre 500 superfici potenziali di rottura suddivise ciascuna in 10 conci.

In accordo con quanto riscontrato nelle varie indagini effettuate, il terreno è stato suddiviso secondo le indicazioni riportate nel precedente paragrafo. La giacitura, visibile nelle sezioni allegate, è stata determinata mediante i risultati delle prove penetrometriche, del sondaggio e delle stese sismiche effettuate in ottica cautelativa.

Sono state effettuate verifiche mediante i metodi di Fellenius, Bishop e Janbu modificato in condizioni ante e postoperam, statiche e sismiche drenate e non drenate. Dei tre metodi è stata riportata in allegato l'analisi di calcolo che ha fornito i valori più cautelativi, ottenuta col metodo di Janbu per le condizioni anteoperam e per quelle postoperam.

Nelle figure 10, 11, 12 e 13 sono riportati i risultati delle verifiche condotte con indicazione delle superfici dotate di F_s min, oltre a quelle analizzate.

In allegato si riportano i tabulati di calcolo.

Le verifiche effettuate hanno evidenziato valori di F_s min maggiori di 1.1 evidenziando una condizione di stabilità sia pre che post intervento.

COMUNE DI SANTA FIORA

La verifica di stabilità è stata effettuata sulla porzione di realizzazione della Centrale di Scambio Termico SSTP, unica struttura in grado di produrre un aggravio di carichi sul suolo.

Le procedure di analisi di stabilità di un pendio in terra, attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consistono nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o alla rotazione, del volume di terra compreso fra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta. La verifica è stata effettuata tramite il programma Slope della Geostru, in licenza allo Studio Associato di geologia di Pisa.

La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Il coefficiente di sicurezza globale del pendio viene calcolato attraverso il rapporto fra la resistenza di taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano:

Per la sezione presa in considerazione sono state effettuate le verifiche di stabilità ante e postoperam del versante.

In accordo col D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, si è effettuata la verifica di stabilità mediante l'approccio 1 combinazione 2:

$$(A2+M2+R2).$$

Dove i fattori parziali di sicurezza assumono i valori indicati nelle seguenti tabelle.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan \phi'$	γ_ϕ	1.25
Resistenza non drenata	c'	γ_{cu}	1.4
Peso dell'unità di volume	Γ	γ_γ	1

Tabella 1: coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	A2
Permanenti	Sfav	γ_{G1}	1.0
	Fav.	γ_{G1}	1.0
Permanenti non strutturali	Sfav	γ_{G2}	0
	Fav.	γ_{G2}	1.3
Variabili	Sfav	γ_{Qi}	0.0
	Fav.	γ_{Qi}	1.3

Tabella 2: coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Si sono considerate oltre 500 superfici potenziali di rottura suddivise ciascuna in 10 conci.

In accordo con quanto riscontrato nelle varie indagini effettuate, il terreno è stato suddiviso secondo le indicazioni riportate nel precedente paragrafo. La giacitura, visibile nelle sezioni allegate, è stata determinata mediante i risultati delle prove penetrometriche e delle stese sismiche effettuate in ottica cautelativa.

Sono state effettuate verifiche mediante i metodi di Fellenius, Bishop e Janbu modificato in condizioni statiche e sismiche. Dei tre metodi è stata riportata in allegato l'analisi di calcolo che ha fornito i valori più cautelativi, ottenuta col metodo di Fellenius per le condizioni anteoperam e Janbu per quelle postoperam.

Nelle figure fig. 14 e 15 sono riportati i risultati delle verifiche condotte con indicazione delle superfici dotate di F_s min, oltre a quelle analizzate. In allegato si riportano i tabulati di calcolo.

Le verifiche effettuate hanno evidenziato valori di F_s min maggiori di 1.1 evidenziando una condizione di stabilità sia pre che post intervento.

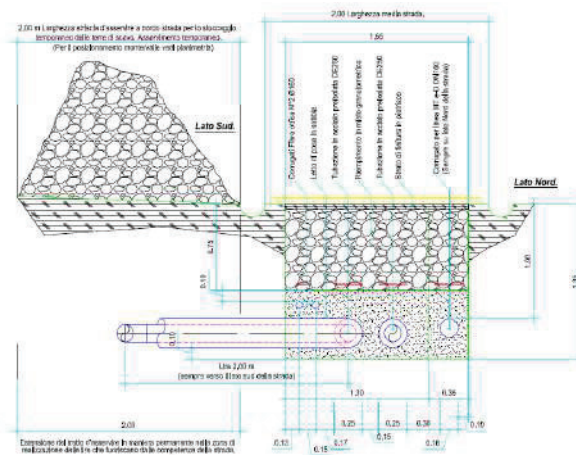
9. MOVIMENTAZIONE TERRA PER VINCOLO IDROGEOLOGICO

La movimentazione terra dovrà essere effettuata secondo quanto indicato nella Legge. n.39 del 21/03/2000 “Legge Forestale della Toscana” e dal Reg. For. Reg. Toscana 08/08/2003 n. 48/R modificato dal DPGR 32/R del 16/03/2010 di cui si riportano alcune parti ed a cui si rimanda per approfondimenti:

“La terra di risulta da scavi o movimenti di terreno in genere, attuati per opere di modesta entità, può essere congruata in loco per la risistemazione dell’area oggetto dei lavori, al di fuori di corsi d’acqua, fossi, impluvi e linee di sgrondo delle acque, senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque.

La terra derivante da scavi di sbancamento operati per costruzioni o derivante da altre opere da cui risultino apprezzabili quantità di materiale terroso, può essere riutilizzata in loco per la sistemazione dell’area oggetto dei lavori, in conformità e nei limiti delle previsioni di progetto.

I materiali lapidei di maggiori dimensioni devono essere separati dal materiale terroso al fine di garantire un omogeneo compattamento ed assestamento di questi ultimi. I materiali lapidei possono essere reimpiegati in loco per la sistemazione dell’area oggetto dei lavori purché gli stessi siano depositati in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque superficiali. Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei devono essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. Detti depositi non devono essere collocati all’interno di impluvi, fossi o altre linee di sgrondo naturali o artificiali delle acque e devono essere mantenuti a congrua distanza da corsi d’acqua permanenti. E’ fatto divieto di scaricare materiale terroso o lapideo all’interno o sulle sponde di corsi d’acqua anche a carattere stagionale. I depositi non devono inoltre essere posti in prossimità di fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi”. Seguendo tali dettami una sezione tipo del corso d’opera è quella rappresentata nel seguente schema.



10. CONCLUSIONI

La presente relazione ha come oggetto l'indagine geologica di supporto alla realizzazione di un termodotto che si estende dalla Centrale Bagnore nel Comune di Santa Fiora in provincia di Grosseto fino al limite del confine nord del Comune di Arcidosso con Castel del Piano in località Cappuccini.

L'intervento prevede la realizzazione di Stazioni di Scambio Termico, quella principale, posta nelle vicinanze della Centrale Geotermoelettrica Bagnore 3 nel Comune di Santa Fiora e 3 secondarie ubicate nel comune di Arcidosso.

La presente relazione è relativa alla porzione di termodotto ed alle Stazioni di Scambio Termico ricadenti nel Comune di Arcidosso e nel Comune di Santa Fiora.

La quasi totalità dello sviluppo del Termodotto e le Centrali di Scambio Termico SSTP (Bagnore) e SSTS2 (Bagnoli) ricadono in zona soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi del RDL n.3267 del 30 dicembre 1923; le Centrali SSTS1 (Arcidosso) e SSTS3 (San Lorenzo) risultano non soggette.

Per il tratto ricadente nel Comune di Arcidosso:

- La carta geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana per il tratto nel Comune di Arcidosso indica che lo sviluppo del termodotto attraverserà delle porzioni interessate da dissesti gravitativi quiescenti di scorrimento in località S. Michele e S. Lorenzo e lambirà marginalmente altre porzioni soggette a dissesti gravitativi quiescenti per scorrimento sia a nord di S. Michele che nei pressi di località Cappuccini (fig.4).
- La carta della pericolosità geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana (Comune Arcidosso) attribuisce alle suddette aree una pericolosità elevata G3 oltre ad evidenziare altre porzioni soggette a tale classe di pericolosità (fig.5).

Le restanti porzioni di termodotto e le Stazioni di Scambio Termico ricadono in zone soggette a pericolosità G2 media.

- La carta della pericolosità da frana a corredo del PAI Appennino Settentrionale indica che lo sviluppo del termodotto attraverserà delle porzioni censite in pericolosità da frana P4 molto elevata in località S. Michele, P3b elevata a nord di S. Michele e P3a elevata nella porzione tra Bagnoli e la Centrale di Scambio Termico SSTS1 Arcidosso (fig.9).

In località Capannelle il termodotto passerà a margine di una area censita a pericolosità da frana P3a elevata.

Le restanti porzioni di termodotto e le Stazioni di Scambio Termico ricadono in zone non censite a pericolosità da frana.

Per il tratto ricadente nel Comune di Santa Fiora:

- La carta geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana indica che lo sviluppo del termodotto attraverserà una porzione interessata da un dissesto gravitativo quiescente di colamento e lambirà marginalmente altre porzioni soggette a dissesti gravitativi per colamento o scorrimento sia quiescenti che attivi (fig.4bis).
- La carta della pericolosità geomorfologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana attribuisce alle suddette aree una pericolosità elevata G3 fatta esclusione per la porzione con fenomeni attivi cui viene attribuita una pericolosità molto elevata G4. Le restanti porzioni di termodotto e la Stazione di Scambio Termico ricadono in zone soggette a pericolosità G2 media (fig.5bis).
- La carta della pericolosità da frana a corredo del PAI del Bacino del F. Fiora attribuisce all'area di interesse una pericolosità da frana elevata PF3 sia per lo sviluppo del termodotto che per la porzione di imposta della Centrale di Scambio (fig.9bis).

Lo studio idraulico a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana pone le aree di realizzazione delle Centrali di Scambio Termico al di fuori di quelle lambite da eventi alluvionali con tempi di ritorno duecentennali non essendo

previsti per le porzioni di interesse battenti idrici.

I tratti di termodotto in attraversamento sul Fosso Melacce e Fosso di Acqua d'Alto nei pressi di Bagnoli, e Fosso Nobile Corona e suo affluente di sinistra nei pressi di San Lorenzo risultano interessare porzioni soggette a battenti idrici duecentennali.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, non assegna alcuna pericolosità al tratto di termodotto e alle aree di realizzazione delle Centrali di Scambio nei tratti ricadenti nel Comune di Arcidosso (fig.9).

La carta della pericolosità idraulica a corredo del Piano Strutturale del Comune di Santa Fiora attribuisce una pericolosità idraulica irrilevante (classe 1) alle aree interessate dall'intero sviluppo dell'infrastruttura ricadente nel Comune di Santa Fiora (fig.8bis).

Le pericolosità esistenti associate alla tipologia di intervento escludono l'opera dall'applicazione della Regionale 24 luglio 2018, n. 41.

Lo sviluppo del termodotto attraverserà i seguenti corsi d'acqua ed alcuni dei loro affluenti:

- Fosso Acqua Forte
- Fosso degli Ontani
- Fosso Melacce
- Fosso di Acqua d'Alto
- Fosso Nobile Corona.

Questi risultano appartenenti al reticolo idrografico di cui all'elenco della L.R. 79 del 2012. Sebbene l'intervento riguardi la realizzazione di un termodotto su sede della strada esistente, si ricorda che sia in base al R.D. n. 523 del 1904 e s.m.i. che e al PIT (DCR 27 marzo 2015 n. 37) e alla L.R. 79 del 2012 sono previste delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua presenti di cui dovrà essere tenuto conto sia per quanto concerne gli aspetti autorizzativi che progettuali.

La carta della vulnerabilità idrogeologica a corredo del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Montana dell'Amiata Grossetana indica la presenza di formazioni dotate di vulnerabilità da medie a molto basse nel tratto posto nel Comune di Arcidosso e indica la presenza di formazioni dotate di vulnerabilità da medio basse a molto basse nel tratto posto nel Comune di Santa Fiora.

In accordo con quanto indicato dal DPGR 19 gennaio 2022, n. 1/R, in funzione degli interventi previsti sull'area in esame sono state realizzate prove penetrometriche dinamiche, sismiche a rifrazione in onde P, stendimenti di geoelettrica, indagini sismiche MASW ed un sondaggio geognostico con analisi di laboratorio. Il dettaglio delle prove realizzate è riportato nel paragrafo relativo.

Dall'esame delle prove realizzate nell'ambito del presente studio non è stata evidenziata la presenza di falda a profondità tale da essere interessata dalle opere di progetto. Non si esclude comunque una eventuale circolazione di acqua negli strati caratterizzati da maggior permeabilità legata a periodi di piovosità maggiore o eventuale circolazione di subalveo nelle aree di attraversamento dei fossi.

Con le indagini eseguite è stato possibile determinare gli spessori e le caratteristiche dei materiali colluviali superficiali che, viste le modeste profondità in gioco, risultano gli unici soggetti ad una possibile interazione con lo scavo; è stata indicata una stratigrafia generale della porzione di intervento ed una stratigrafia specifica per la porzione di realizzazione delle Centrali di Scambio Termico.

Con tali dati sono state effettuate verifiche mediante i metodi di Fellenius, Bishop e Janbu modificato sia per le condizioni ante che postoperam sia in condizioni sismiche che statiche e drenate e non drenate per la porzione di realizzazione della Centrale di Scambio Termico SSTS1 Arcidosso. La postazione sede di imposta della Centrale è costituita da un ripiano antropico adiacente alla via Bagnoli ed era originariamente destinata a edificazione civile e per questo era già stata predisposta di. Le indagini eseguite hanno permesso di distinguere la presenza di un primo strato di terreno migliore nella fascia adiacente a via Bagnoli e poi dotato di caratteristiche peggiori spostandosi verso valle. Quindi si ritiene necessario porre la struttura nella fascia adiacente alla via Bagnoli già occupata in passato dalla platea di fondazione.

Sono state inoltre effettuate verifiche di stabilità nella porzione di realizzazione della Centrale di Scambio Termico Principale SSTP Bagnore mediante i metodi di Fellenius, Bishop e Janbu modificato sia per le condizioni ante che postoperam sia in condizioni

sismiche che statiche, non drenate.

L'intervento relativo al termodotto non prevede la realizzazione di opere edilizie fuori terra o aggravii di carico; una volta realizzato risulterà interamente interrato al di sotto delle sedi stradali. Per tale motivo l'opera avrà un impatto solo durante la fase realizzativa.

Si ritiene inoltre necessario porre attenzione a non creare vie di ruscellamento e di infiltrazione verso gli scavi nelle fasi di realizzazione ed in quelle successive ponendo particolare cura alla regimazione delle acque sia in fase realizzativa che in fase definitiva.

Viste le problematiche esistenti lungo lo sviluppo del termodotto in località S. Michele nelle porzioni in pericolosità da frana P4 molto elevata, a nord di S. Michele nelle porzioni in pericolosità da frana P3b elevata e P3a elevata nella porzione tra Bagnoli e la Centrale di Scambio Termico SSTS1 Arcidosso e in località Capannelle ed in accordo al Reg. For. Reg. Toscana 08/08/2003 n. 48/R e s.m.i. si ritiene opportuno effettuare l'opera in stagioni a minimo rischio di piogge, procedendo per stati di avanzamento tali da consentire la rapida ricolmatura degli stessi.

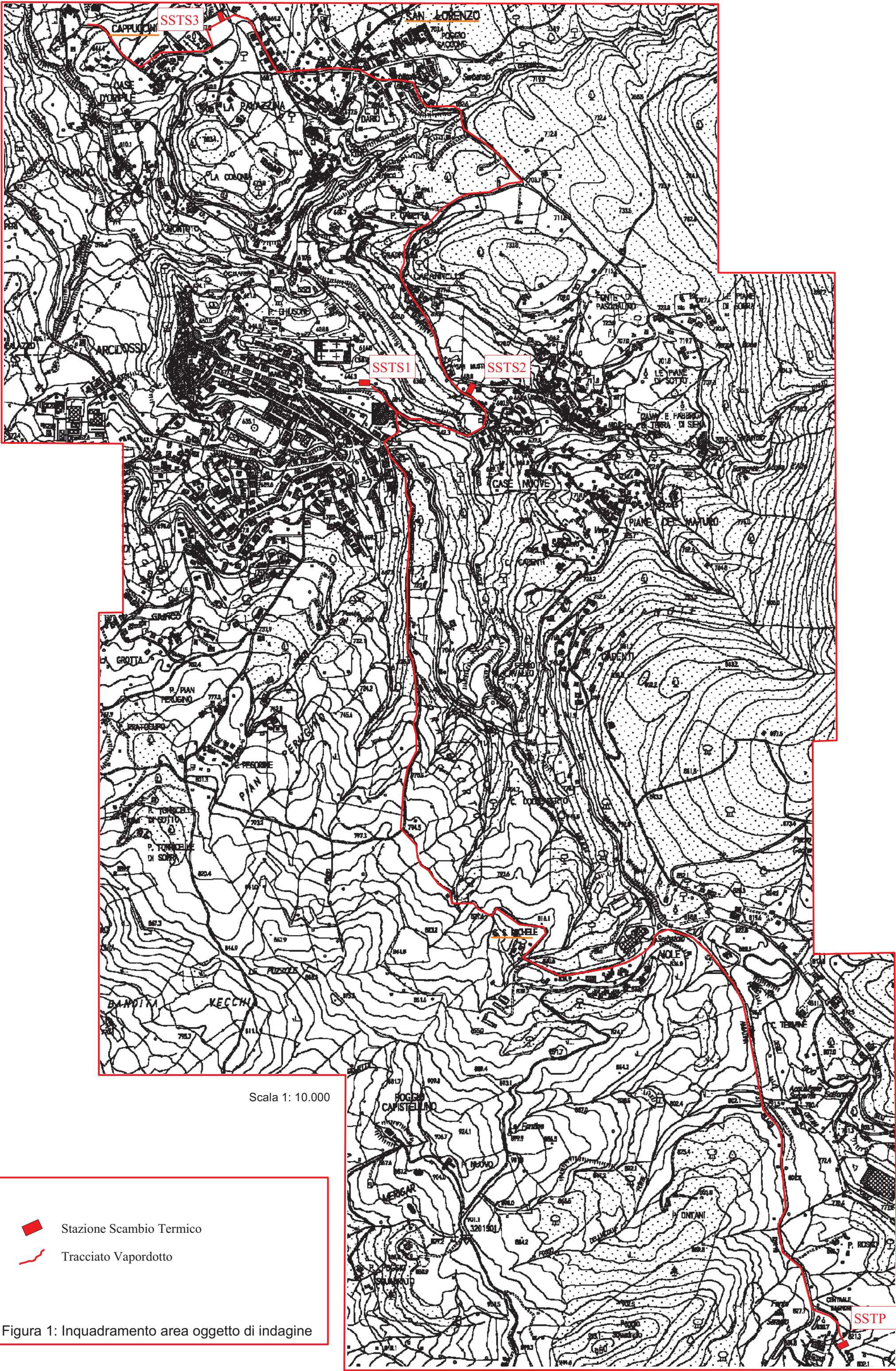
Nel tratto in Comune di Santa Fiora lungo lo sviluppo del termodotto sul tratto posto sulla S.P. n.160 Amiatina, viste le problematiche esistenti ed in accordo al Reg. For. Reg. Toscana 08/08/2003 n. 48/R e s.m.i. si ritiene opportuno effettuare l'opera in stagioni a minimo rischio di piogge, procedendo per stati di avanzamento tali da consentire la rapida ricolmatura degli stessi, laddove possibile occupando la porzione di monte della strada.

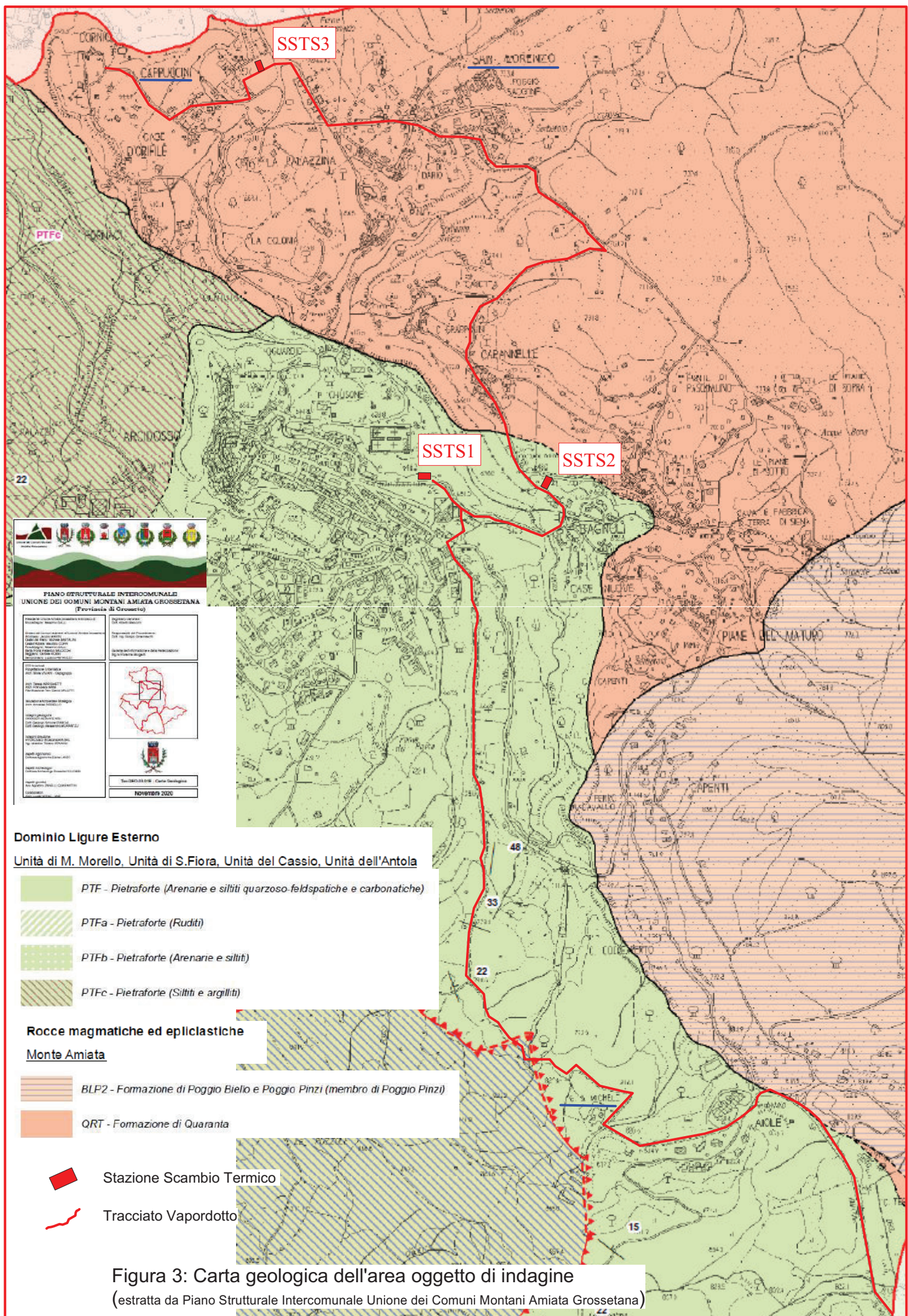
Alla luce di quanto esposto si ritiene pertanto l'intervento fattibile secondo le indicazioni riportate nella presente relazione.

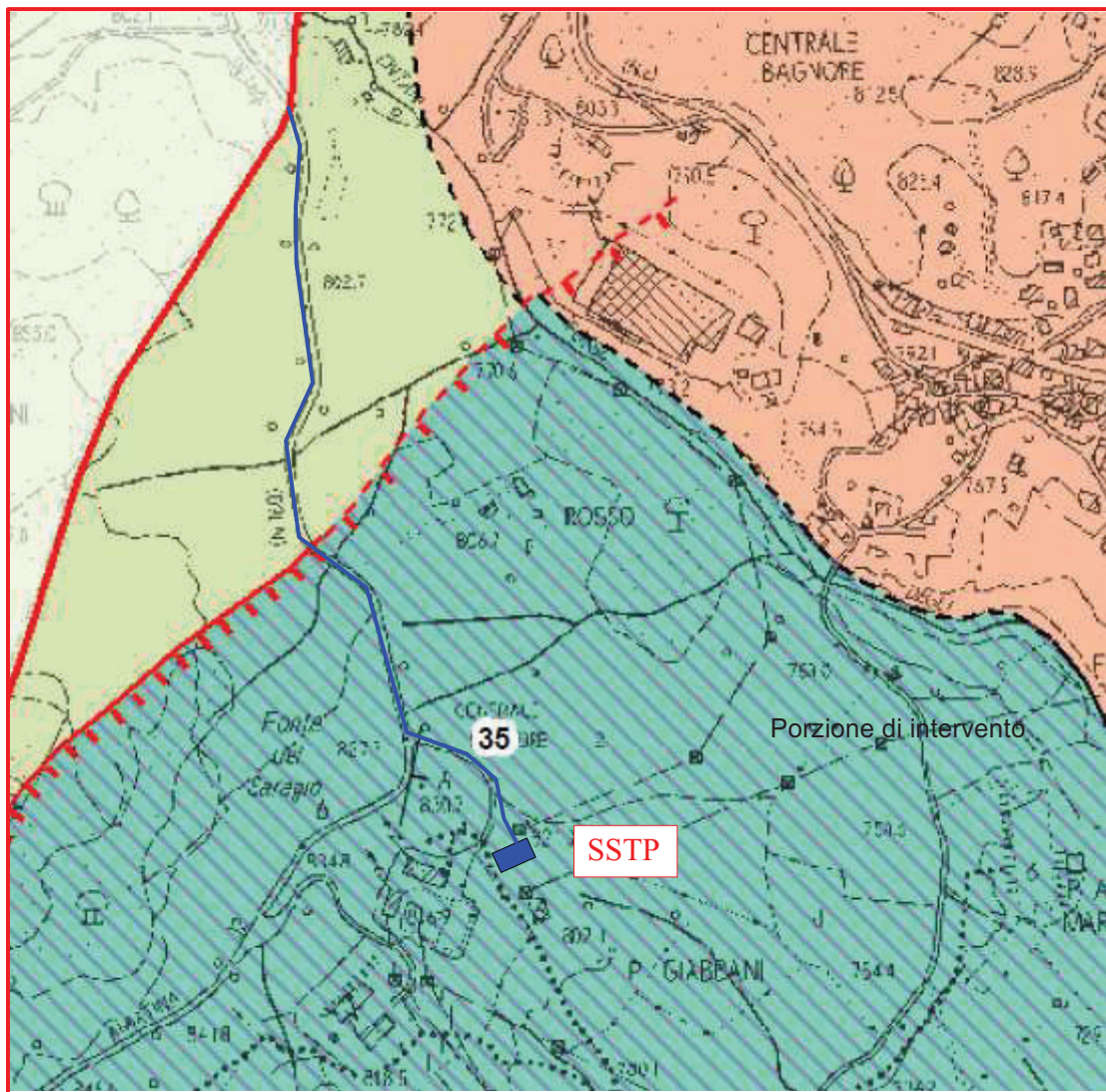
In fase esecutiva, al raggiungimento del piano di intervento, la direzione lavori verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche del terreno in posto, con quelle attese in seguito alla schematizzazione effettuata nel presente documento.



11. FIGURE E ALLEGATI







Dominio Ligure Interno

Unità di M. Gottero



APAa - Argille a Palombini (Calcari marnosi e marne. Litofacies calcareo-marnosa)

Dominio Ligure Esterno

Unità di M. Morello, Unità di S.Fiora, Unità del Cassio, Unità dell'Antola

PTF - Pietraforte (Arenarie e siltiti quarzoso-feldspatiche e carbonatiche)

Rocce magmatiche ed epliclastiche

Monte Amiata

QRT - Formazione di Quaranta

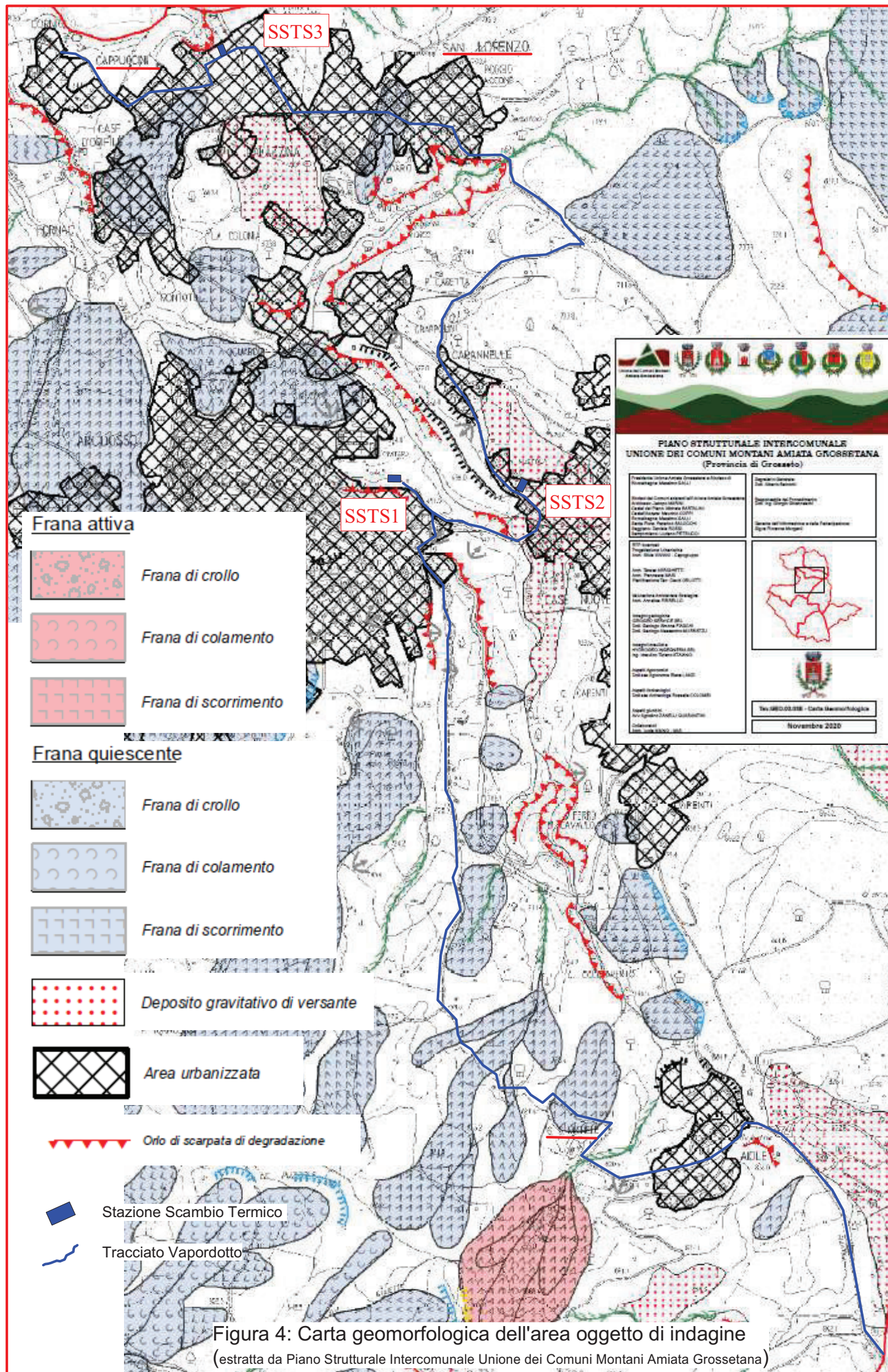


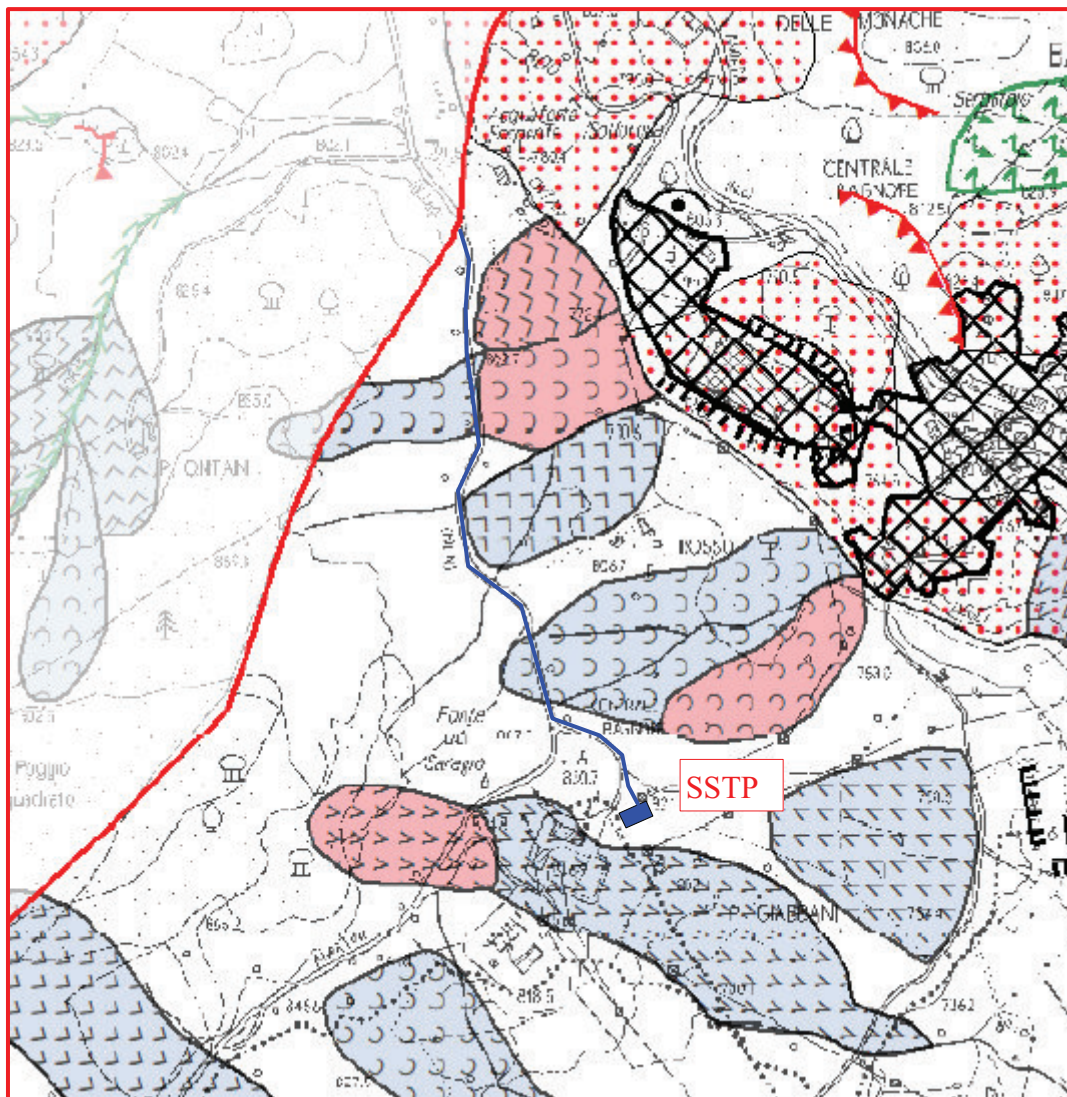
Faglia diretta - certa



Faglia diretta - fittizia/sepolta/incerta







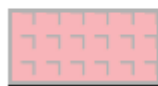
Frana attiva



Frana di crollo



Frana di colamento



Frana di scorrimento

Frana quiescente



Frana di crollo



Frana di colamento



Frana di scorrimento



Deposito gravitativo di versante



Stazione Scambio Termico



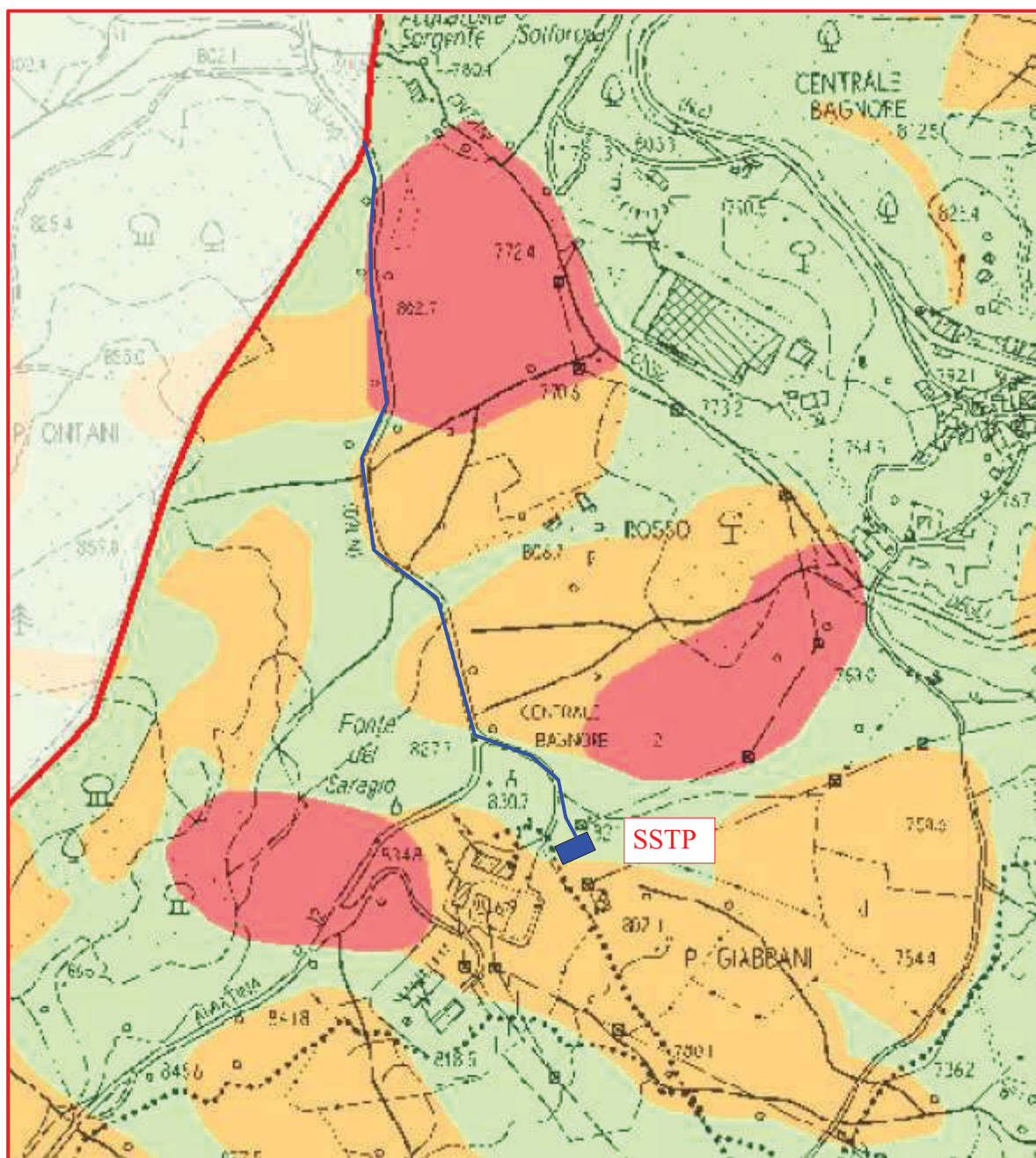
Tracciato Vapordotto



Area urbanizzata



Figura 4bis: Carta geomorfologica dell'area oggetto di indagine
(estratta da Piano Strutturale Intercomunale Unione dei Comuni Montani Amiata Grossetana)



Legenda

Classi di Pericolosità Geologica (D.P.G.R. 5/R/2020)

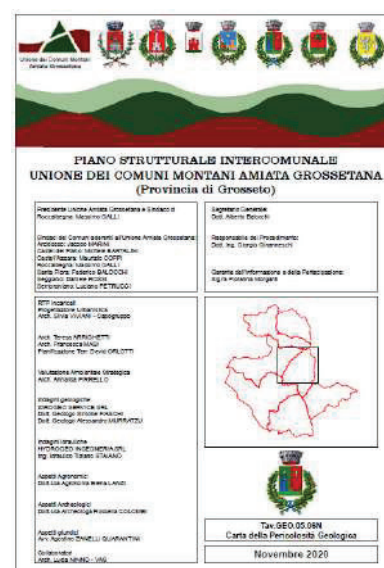
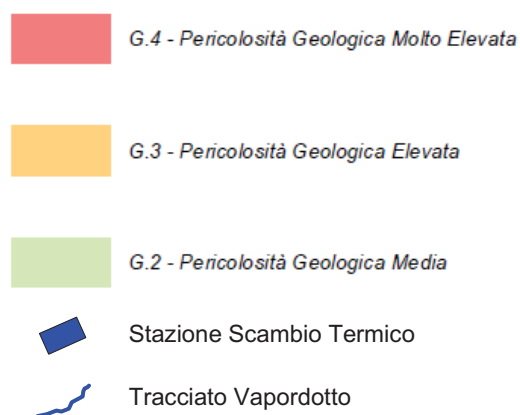
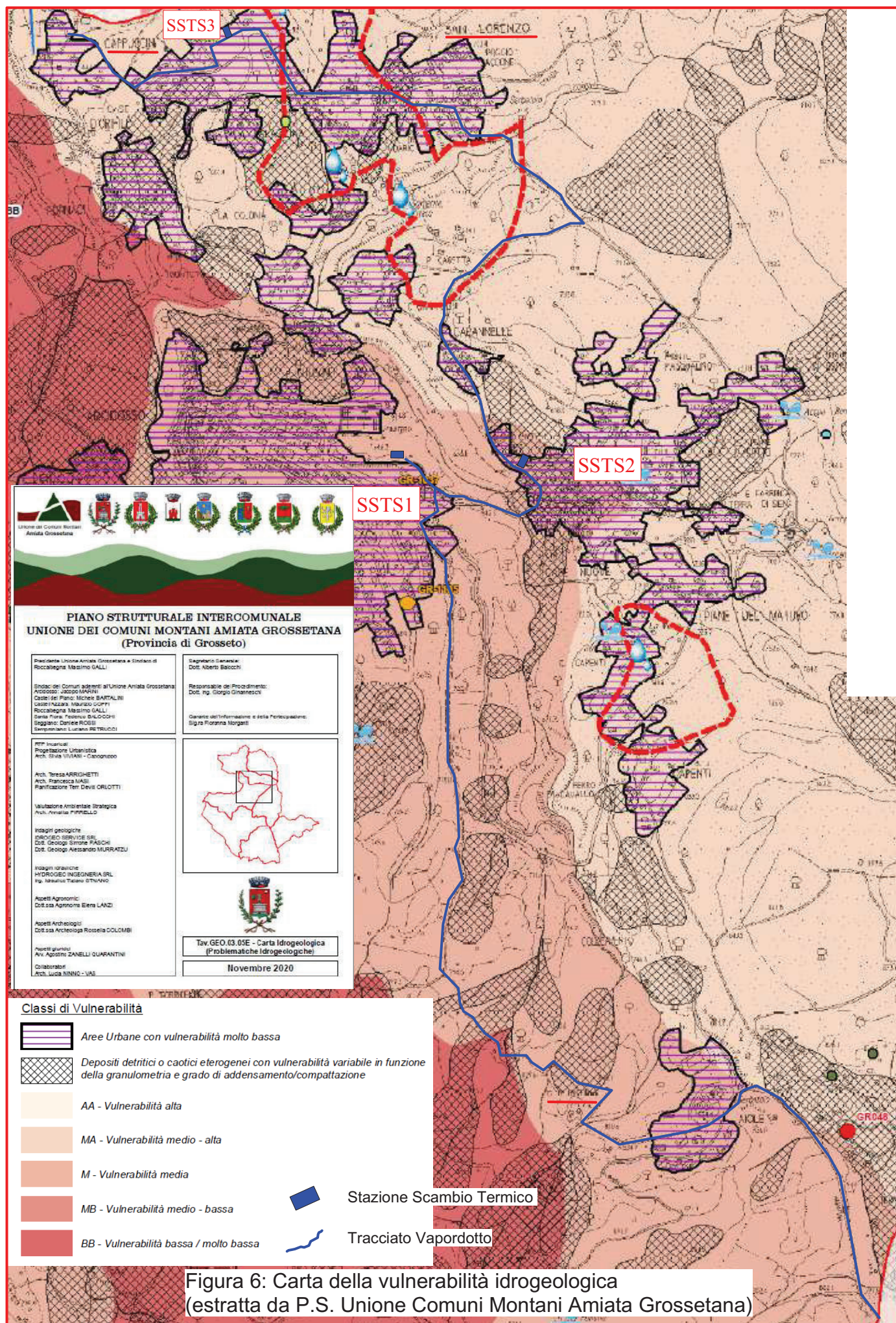
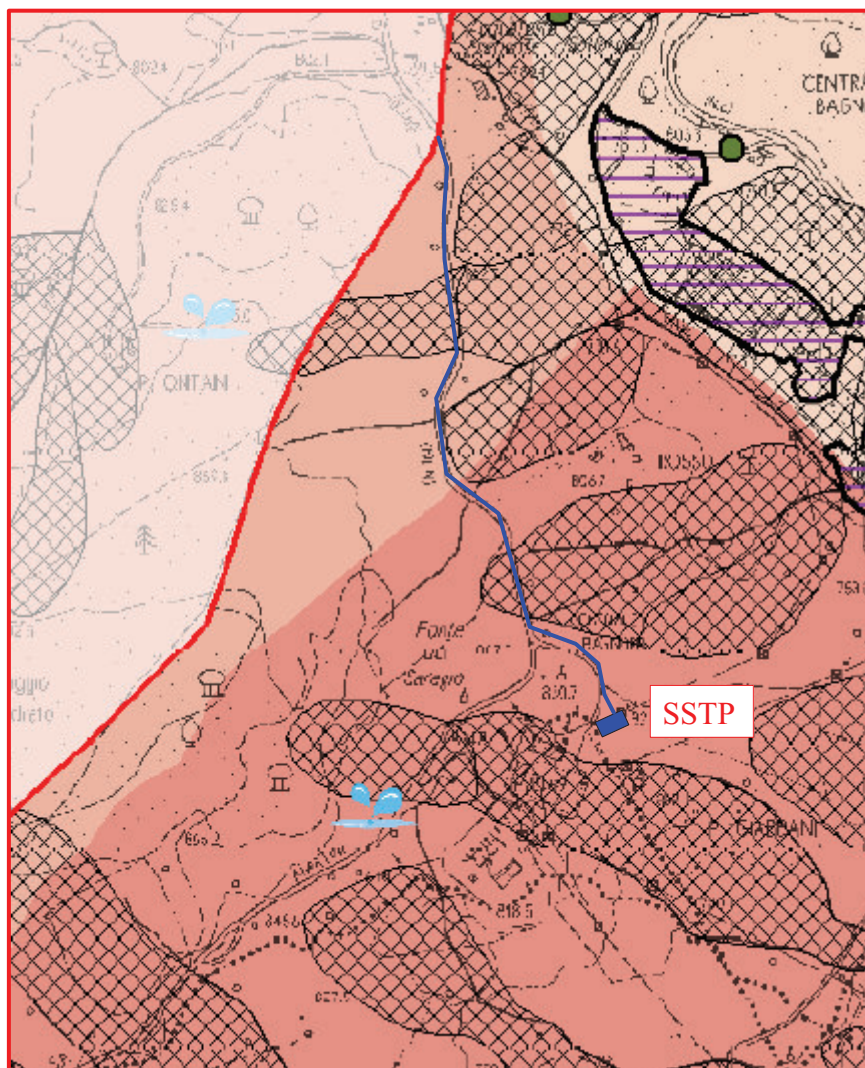


Figura 5bis: Carta della pericolosità geomorfologica
(estratta da P.S. Unione Comuni Montani Amiata Grossetana)





Stazione Scambio Termico



Tracciato Vapordotto

Classi di Vulnerabilità



Aree Urbane con vulnerabilità molto bassa



Depositi detritici o caotici eterogenei con vulnerabilità variabile in funzione della granulometria e grado di addensamento/compattazione



AA - Vulnerabilità alta



MA - Vulnerabilità medio - alta



M - Vulnerabilità media



MB - Vulnerabilità medio - bassa



BB - Vulnerabilità bassa / molto bassa

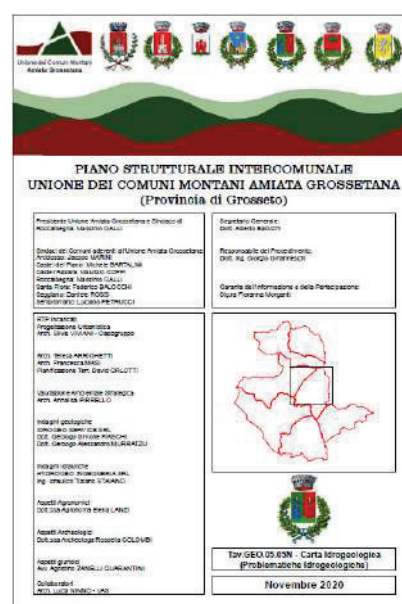
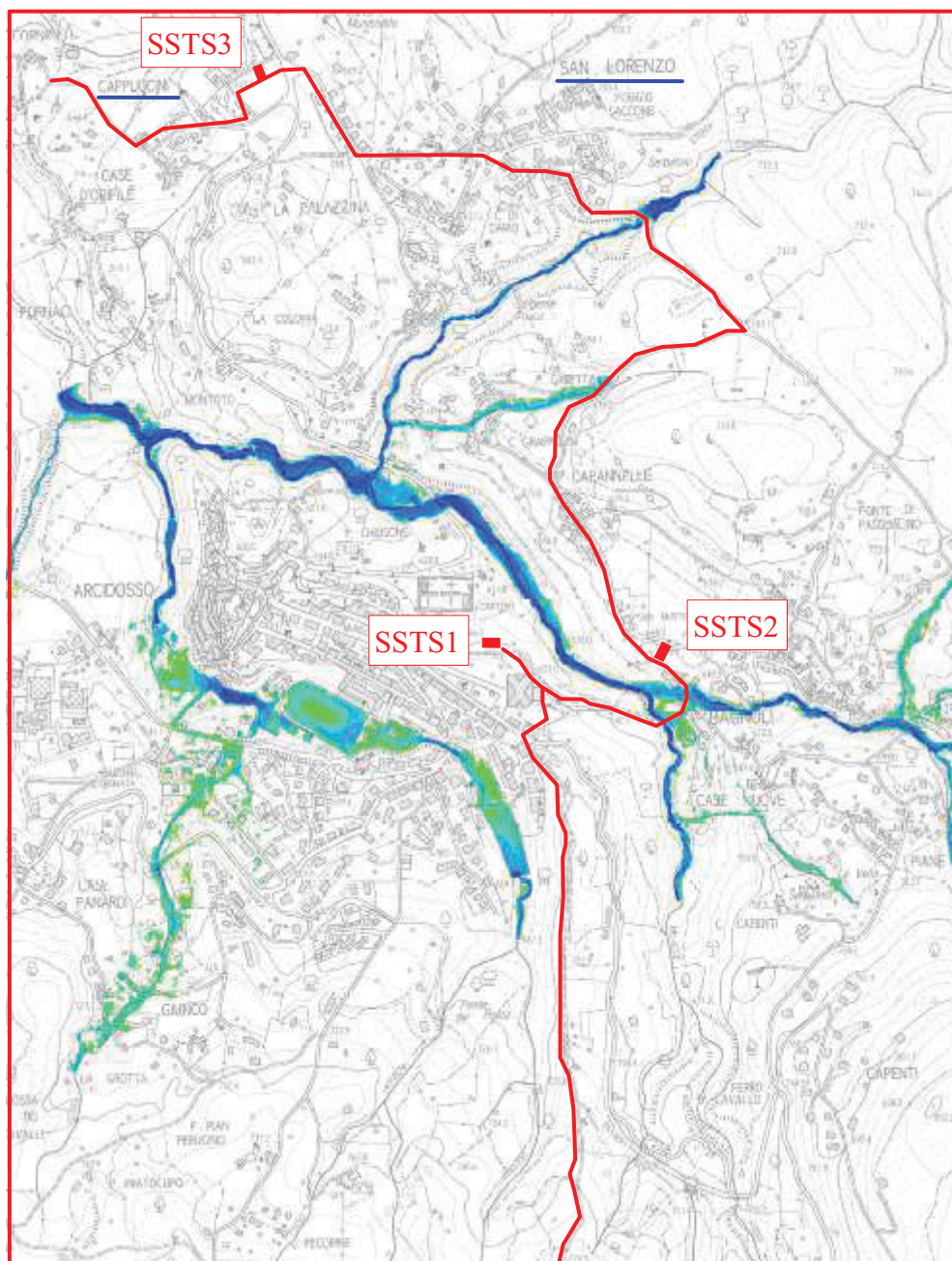



Figura 6bis: Carta della vulnerabilità idrogeologica (estratta da P.S. Unione Comuni Montani Amiata Grossetana)




LEGENDA

Battenti [m]



 Stazione Scambio Termico

 Tracciato Vapordotto

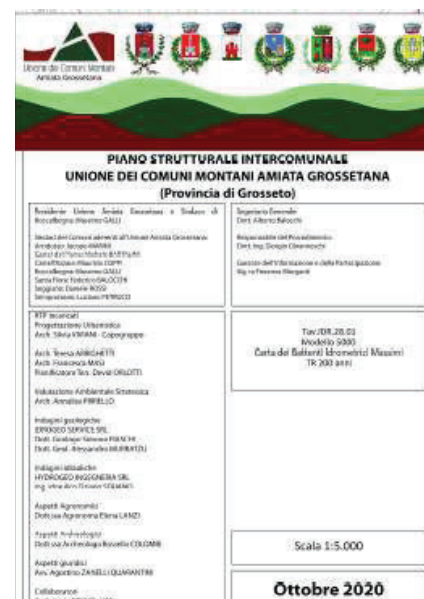
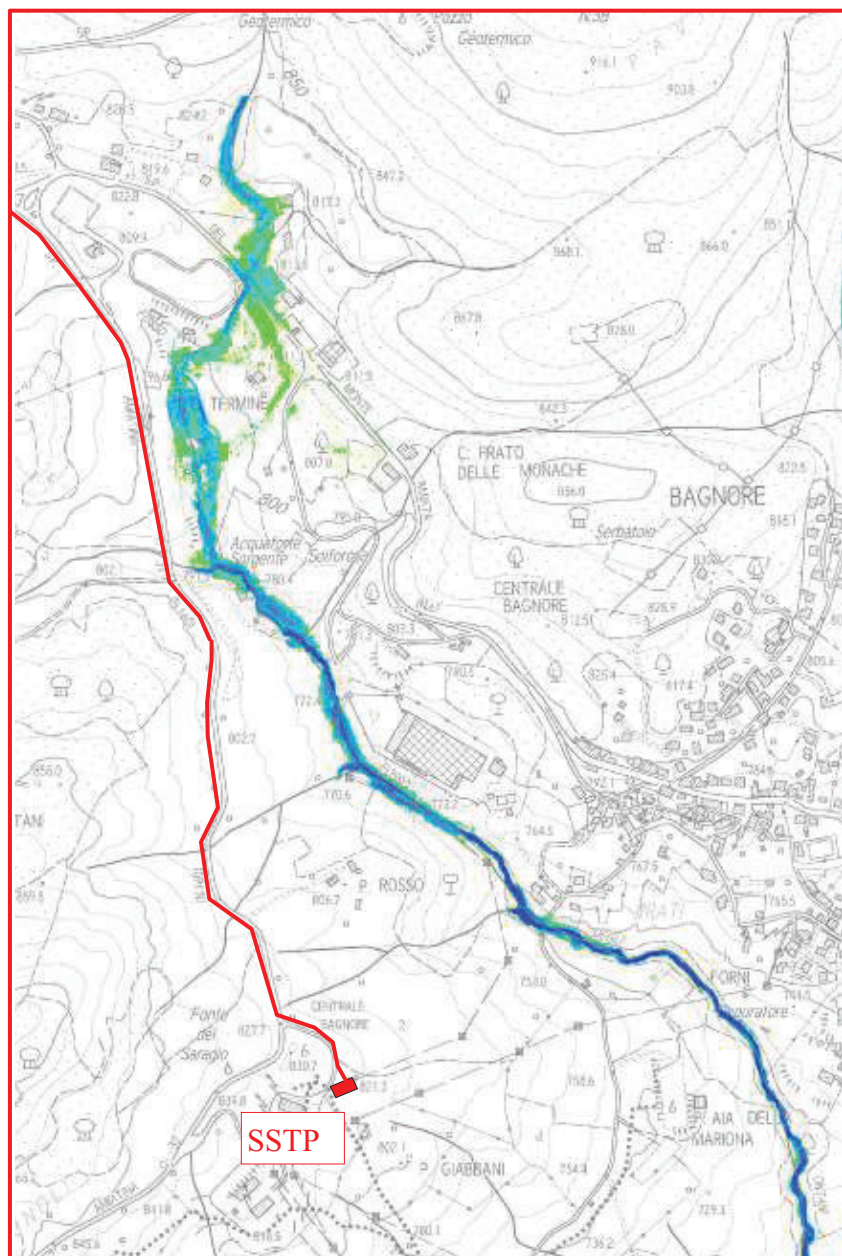
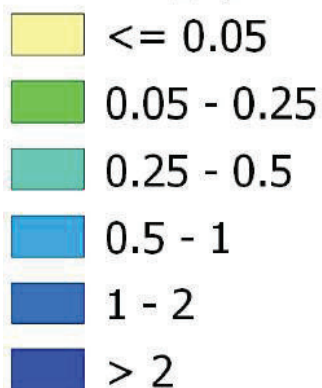


Figura 7: Carta dei battenti idrici TR200
(estratta da P.S. Unione Comuni Montani Amiata Grossetana)



LEGENDA

Battenti [m]

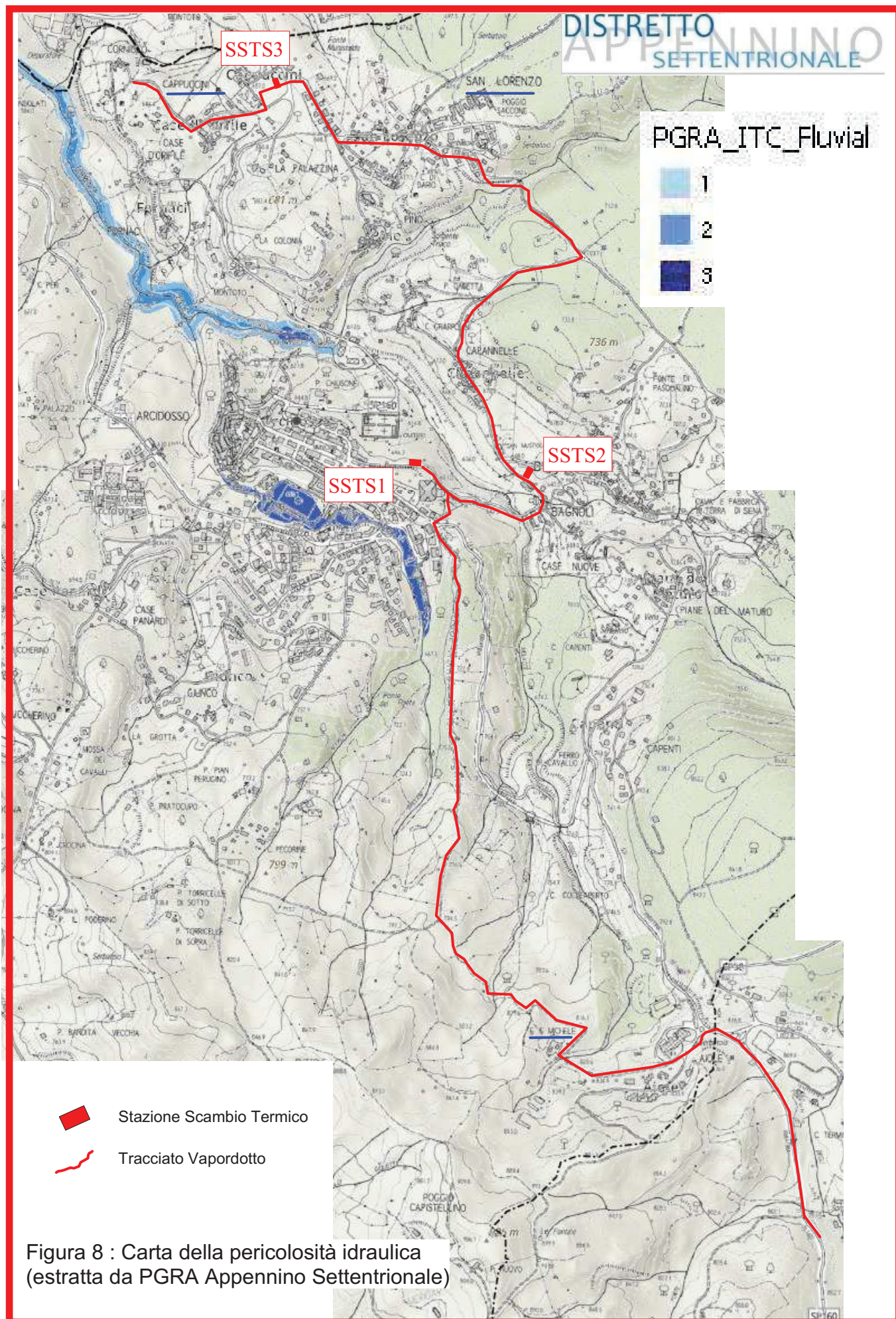


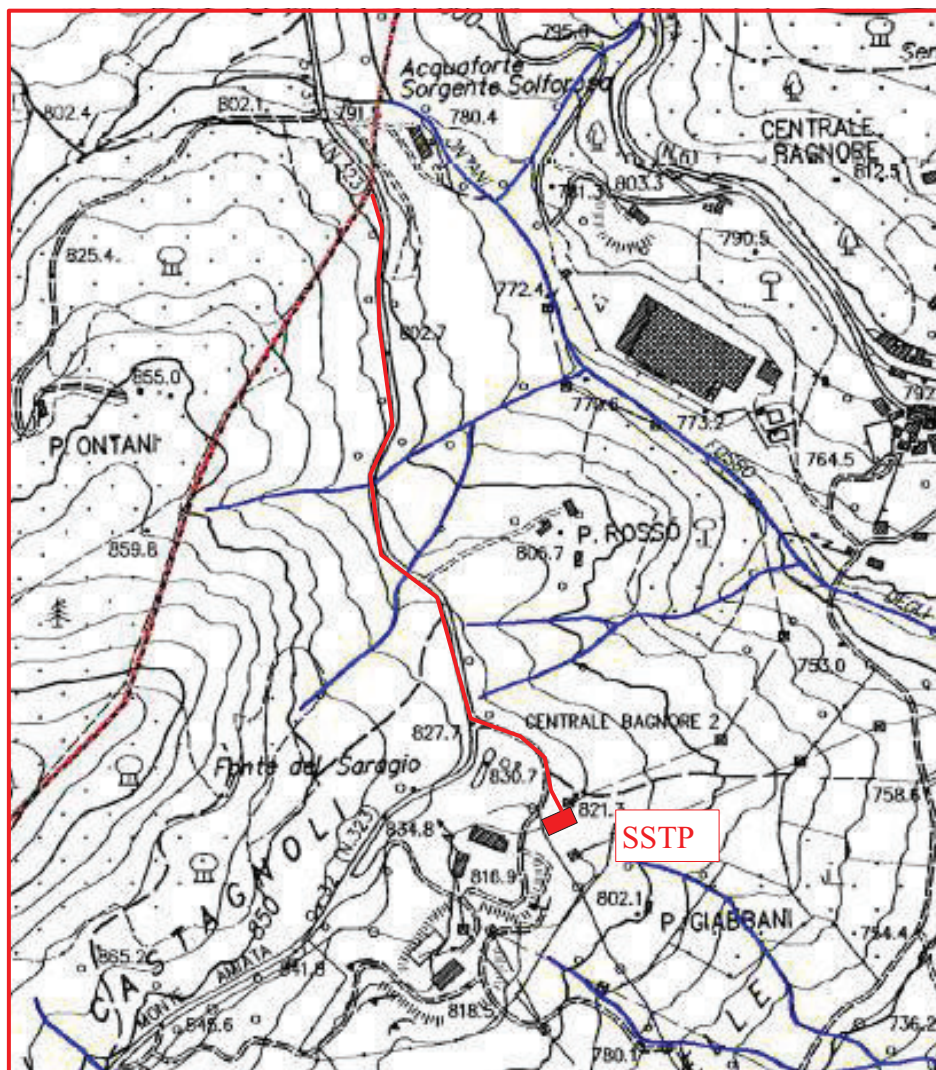
Stazione Scambio Termico

Tracciato Vapordotto



Figura 7bis: Carta dei battenti idrici TR200
(estratta da P.S. Unione Comuni Montani Amiata Grossetana)





Classi di Pericolosità (D.C.R.T. 230/94)

Classe 1: Pericolosità IRRILEVANTE

Classe 2: Pericolosità BASSA

Classe 3: Pericolosità MEDIA

Classe 4: Pericolosità ALTA

Limiti Ambito A

Limiti Ambito B

Alvei attivi

Stazione Scambio Termico

Tracciato Vapordotto

COMUNE DI SANTA FIORA <small>provincia di Grosseto</small>	
Piano Regolatore Generale	
PIANO STRUTTURALE	
CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA	
1:10.000	tav. 07
Marzo 2007	
<small>PROGETTISTI INCARICATI:</small>	
<small>Dott. Arch. Paolo Giannelli</small> <small>Dott. Geol. Daniele Nenci</small> <small>Dott. Agr. Fabio Menchetti</small>	<small>Il Sindaco</small> <small>Renzo Verdi</small> <small>L'Assessore all'urbanistica</small> <small>Renzo Verdi</small> <small>Il Garante dell'informazione</small> <small>Geom. Maurizio Marti</small> <small>Il Responsabile del Procedimento</small> <small>Geom. Maurizio Orfelli</small> <small>Ufficio Urbanistica</small> <small>Geom. Maurizio Orfelli</small>

Figura 8bis: Carta della pericolosità idraulica (estratta da P.S. Comune di Santa Fiora)

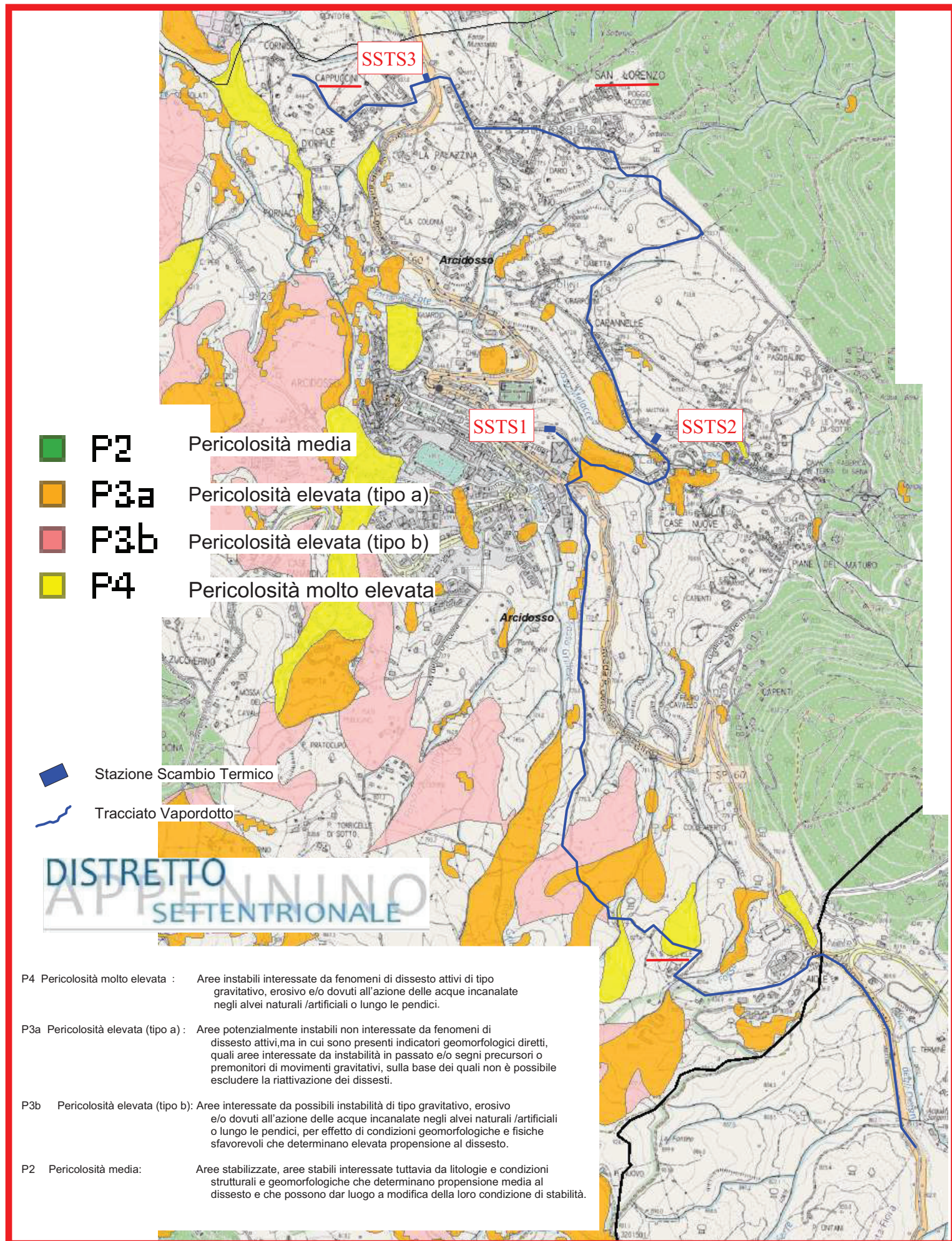


Figura 9: Carta della Pericolosità PAI Dissesti Geomorfologici e Rischio Alluvioni
Distretto Appennino Settentrionale

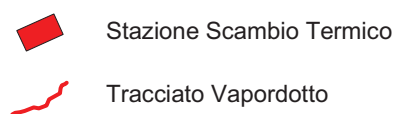
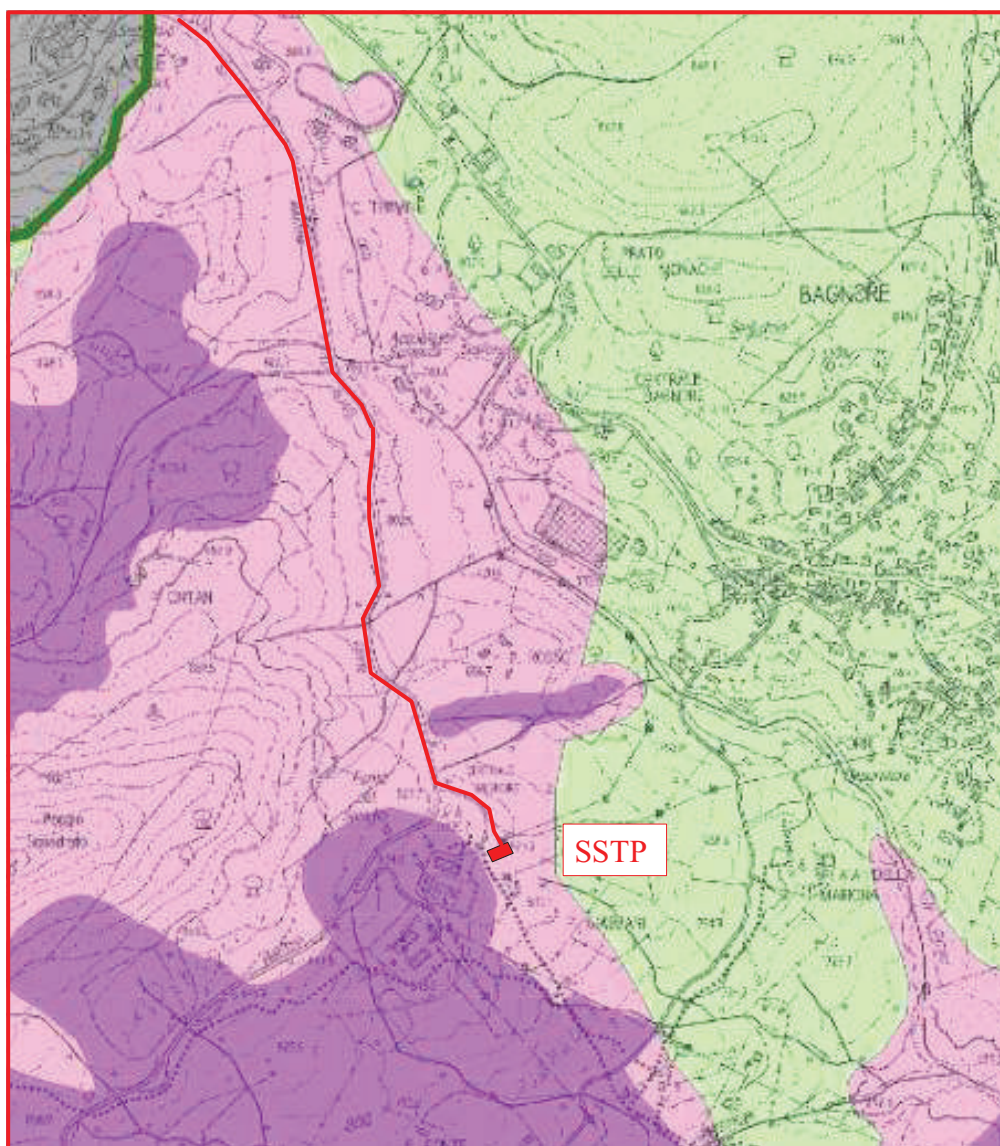


Figura 9bis: Carta della Pericolosità da Frana
(estratta da PAI Bacino Fiora)

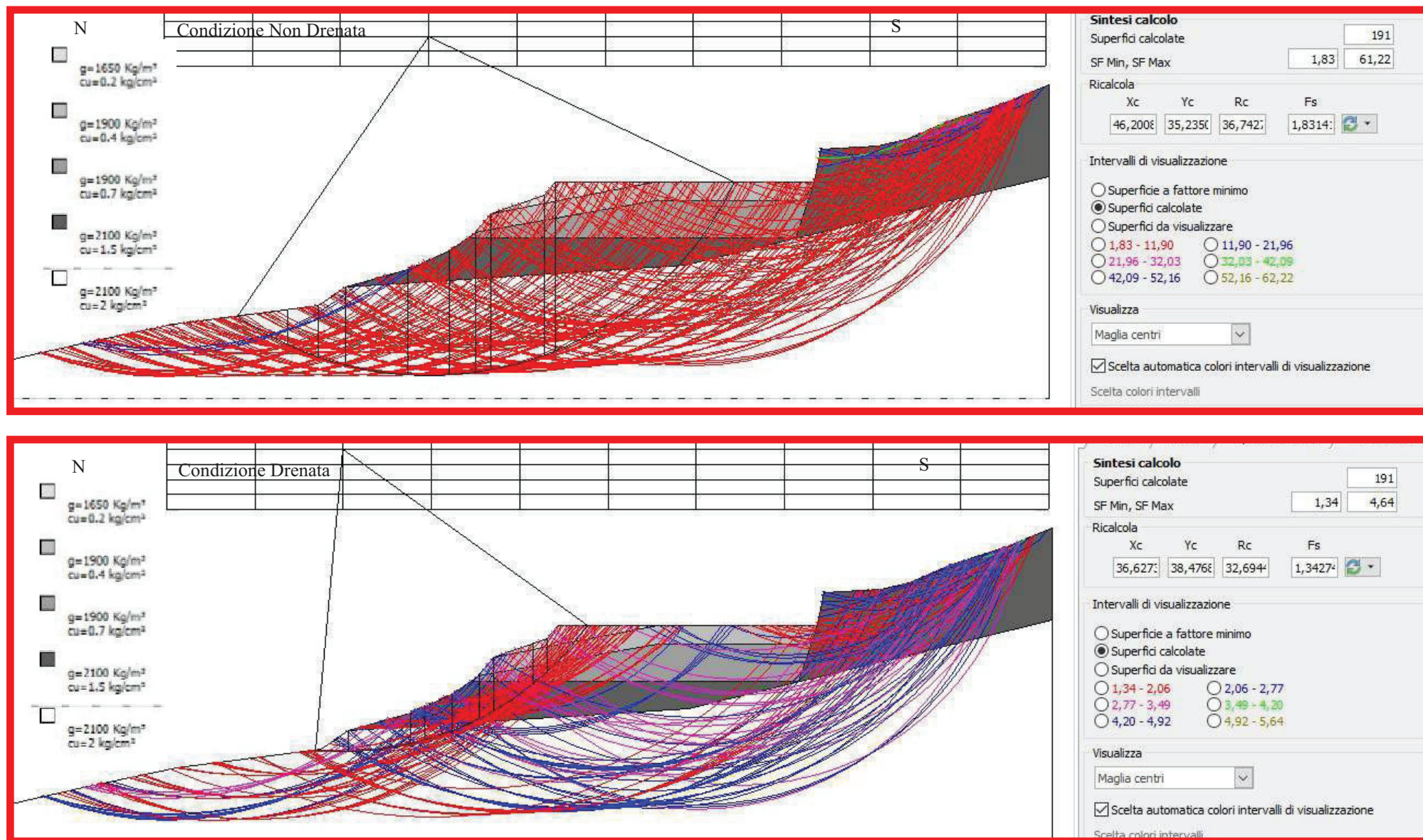


Figura 11: Risultati Fs min verifiche di stabilità condizione Anteoeram Sismica Stazione di Scambio Termico SSTS1

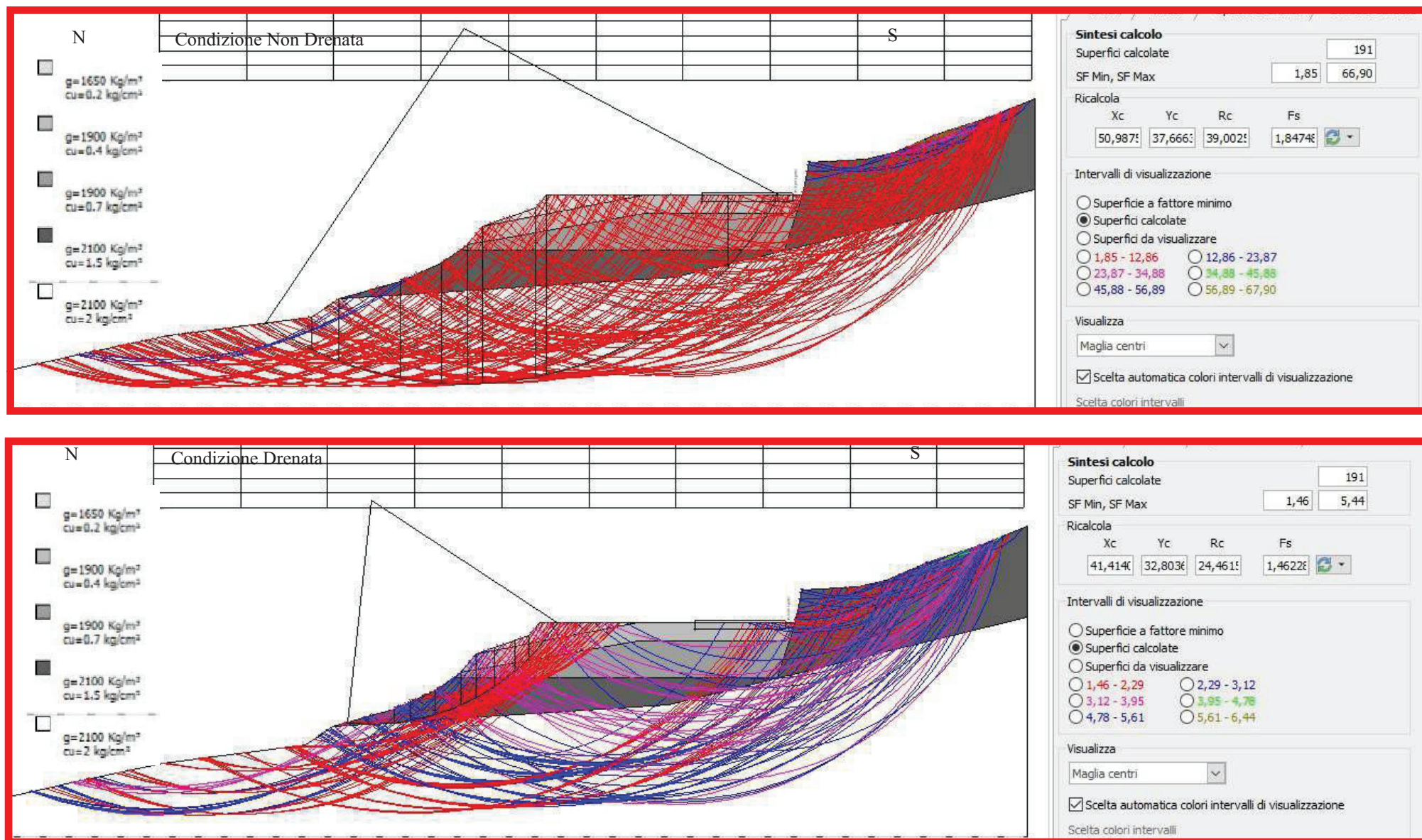


Figura 12: Risultati Fs min verifiche di stabilità condizione Postoperam Statica Stazione di Scambio Termico SSTs1

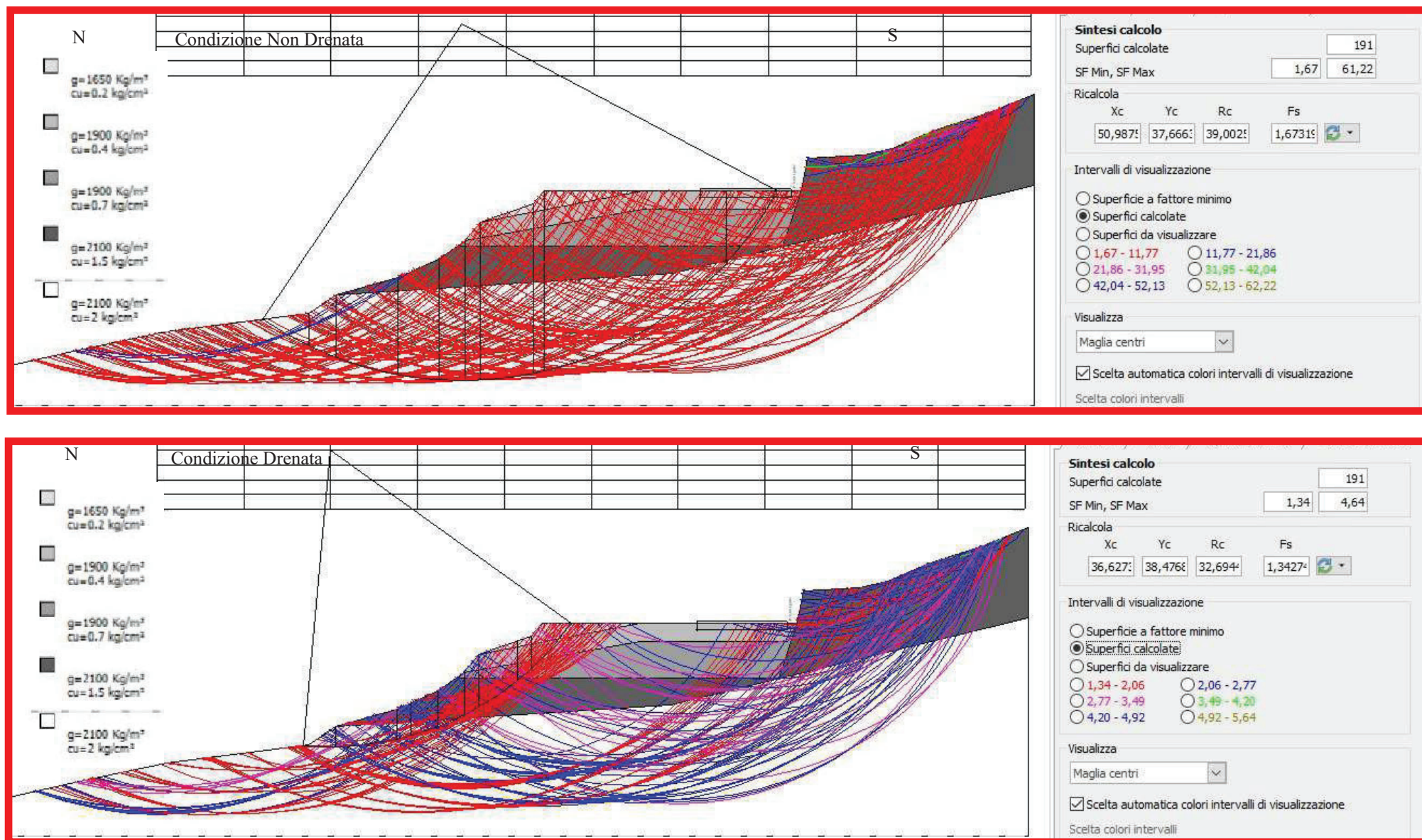


Figura 13: Risultati Fs min verifiche di stabilità condizione Postoperam Sismica Stazione di Scambio Termico SSTs1

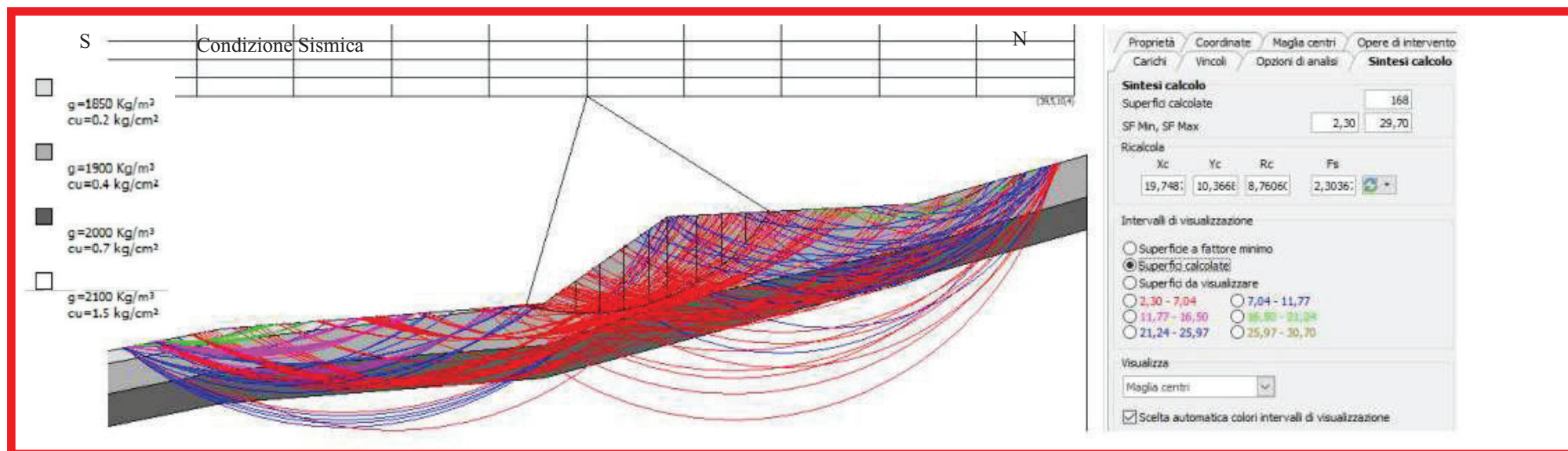
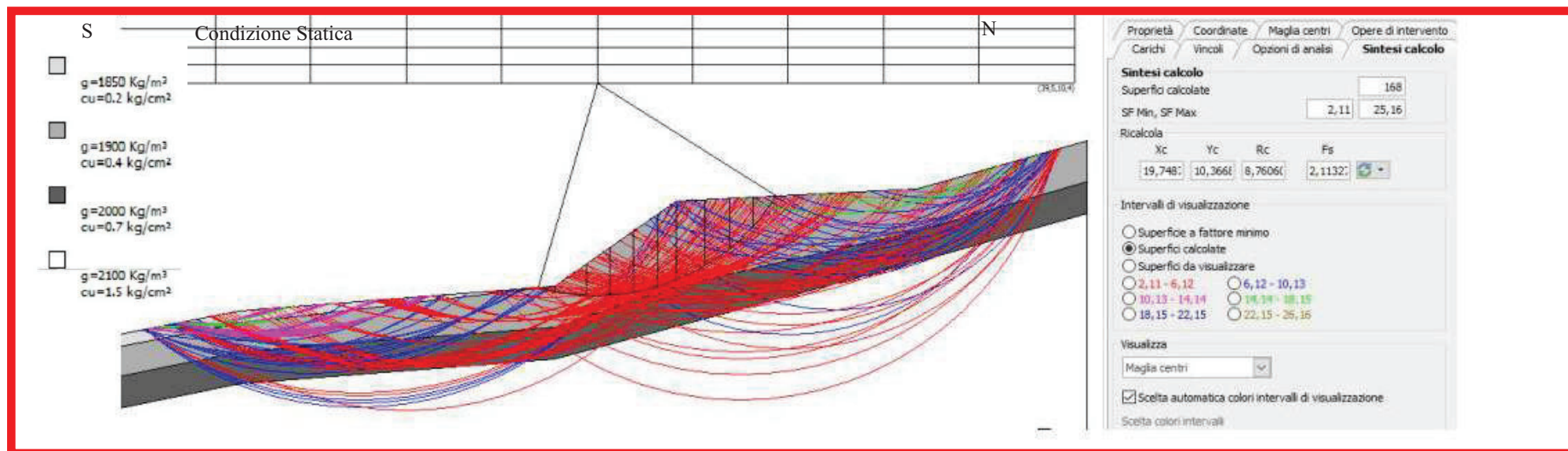


Figura 14: Risultati Fs min verifiche di stabilità condizione Anteoperam Stazione di Scambio Termico SSTP

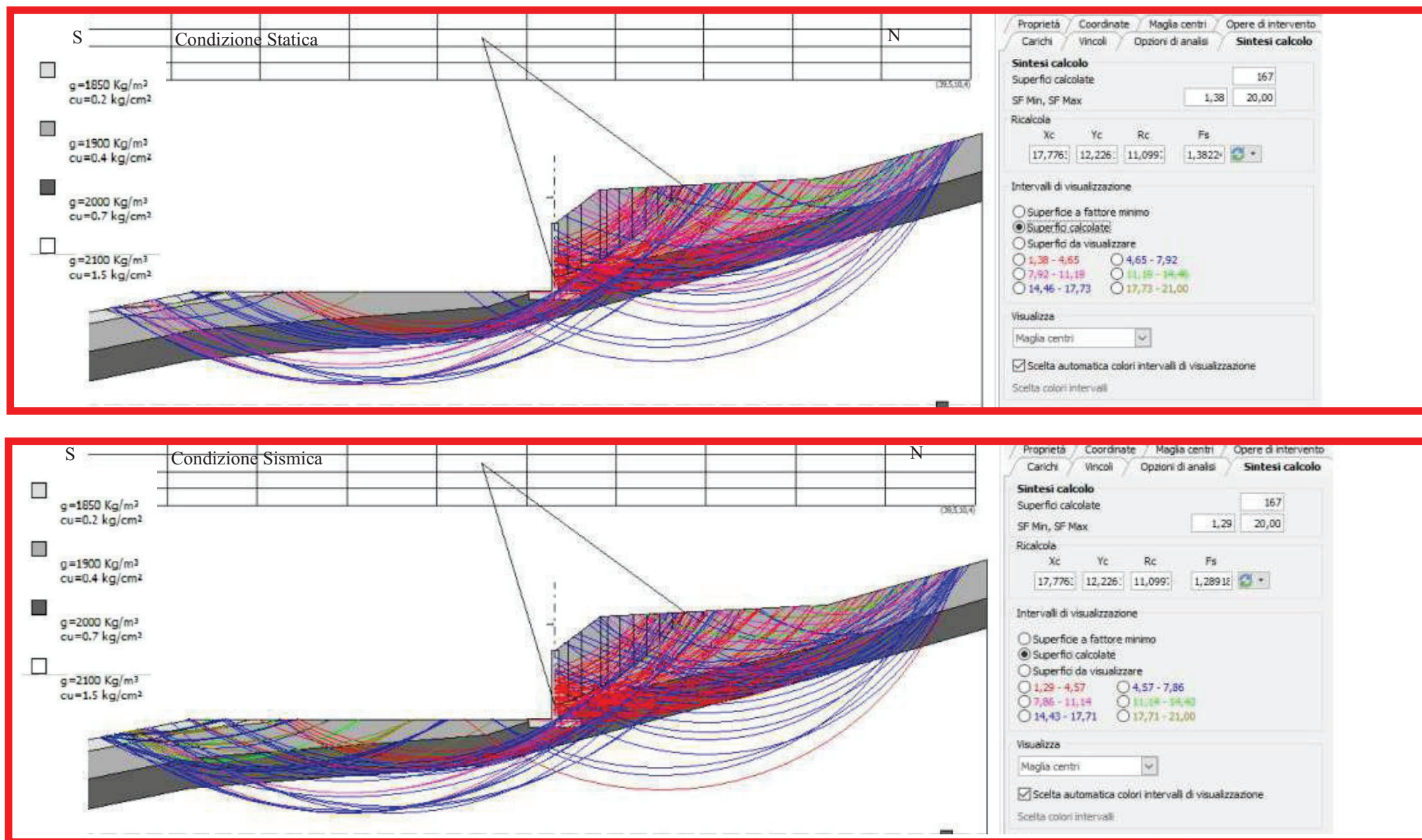


Figura 15: Risultati Fs min verifiche di stabilità condizione Postoperam Stazione di Scambio Termico SSTP

DATA: 10/03/2023 CANTIERE: Arcidosso (GR)							SOND. N°		S1					Geopiu'Studio Associato di Geologia						
I = CAMPIONE INDISTURBATO							R = CAMPIONE RIMANEGGIATO							S = CAMPIONATORE A PARETI SOTTILI						
METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI CORONA	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' DAL P.C (m).	COLONNA STRATIGRAFICA	LIVELLO FALDA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO %					N. SPT	CAMPIONI			STRUMENTAZIONE INSTALLATA				
							20	40	60	80	100		NUMERO	TIPO	PROFONDITA'					
CAROTAGGIO CONTINUO	WIDIA	CAROTIERE SEMPLICE				Terreno di riporto														
			1			Argilla nocciola medio-bassa consistenza con inclusi clasti centimetrici a spigoli vivi							CI1	2-3-3	1.5-2.0					
			2			Argilla nocciola con limo							SPT1							
			3			Argilla verdastra a medio bassa consistenza con pochi ciottoli a spigoli vivi														
			4			Argilla verdastra a medio bassa consistenza con pochi ciottoli a spigoli vivi														
			5			Argilla verdastra a medio bassa consistenza con pochi ciottoli a spigoli vivi														
			6			Argilla verdastra a medio bassa consistenza con pochi ciottoli a spigoli vivi														
			7			Argilla limosa grigiasta a media consistenza con conglomerati a spigoli vivi							CI2	12-14-10	6.5-6.8					
			8			Argilla limosa grigiasta a media consistenza con conglomerati a spigoli vivi							SPT2							
			9			Argilla consistente colore grigio														
			10			Argilla consistente colore grigio														
			11			Conglomerati in matrice argillosa														
			12			Conglomerati in matrice argillosa														
			13			Argille compatte con livelli di arenarie														
			14			Argille compatte con livelli di arenarie														
			15			Argille compatte con livelli di arenarie														
			16			Argille compatte con livelli di arenarie														
			17			Argille compatte con livelli di arenarie														
			18			Argille compatte con livelli di arenarie														
			19			Argille compatte con livelli di arenarie														
			20			Argille compatte con livelli di arenarie														

Figura 16: Stratigrafia Sondaggio

TABULATI VERIFICA DI STABILITA' CENTRALE SCAMBIO TERMICO SSTS1
ARCIDOSO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Anteoperam Statica Non Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,017
Coefficiente azione sismica verticale	0,0085

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

12	88,0	19,4
13	88,8	23,0
14	94,9	23,3
15	98,0	24,0
16	102,4	26,0
17	108,6	28,0
18	113,6	30,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	70,7	19,4
11	88,0	19,4
12	88,8	23,0
13	94,9	23,3
14	98,0	24,0
15	102,4	26,0
16	108,6	28,0
17	113,6	30,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	70,7	17,4
10	87,0	17,4
11	88,0	19,4
12	88,8	23,0
13	94,9	23,3
14	98,0	24,0
15	102,4	26,0
16	108,6	28,0
17	113,6	30,0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	50,5	13,4
9	70,7	13,4
10	86,0	13,4
11	88,0	19,4
12	88,8	23,0
13	94,9	23,3
14	98,0	24,0
15	102,4	26,0
16	108,6	28,0
17	113,6	30,0

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,99
Ascissa centro superficie	46,2 m
Ordinata centro superficie	31,99 m
Raggio superficie	33,5 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	9,41
2	22,3	32,8	32,1	11,22
3	27,1	32,0	31,2	7,21
4	31,8	32,8	32,0	3,68
5	36,6	32,0	33,5	2,45
6	41,4	32,8	34,3	2,25
7	46,2	32,0	33,5	1,99
8	51,0	32,8	31,8	2,23
9	55,8	32,0	33,2	2,35
10	60,6	32,8	30,3	3,27
11	65,3	32,0	28,8	3,90
12	70,1	32,8	29,6	4,15
13	74,9	32,0	32,5	2,95
14	79,7	32,8	30,7	3,51
15	84,5	32,0	26,6	3,29
16	89,3	32,8	19,9	3,74
17	94,1	32,0	15,8	3,84
18	98,9	32,8	13,6	5,63
19	103,6	32,0	8,4	9,11
20	108,4	32,8	5,5	23,55
21	17,5	33,6	32,9	18,42
22	22,3	34,4	36,1	6,87
23	27,1	33,6	32,8	5,65
24	31,8	34,4	36,0	2,72
25	36,6	33,6	32,7	2,74
26	41,4	34,4	31,0	2,33
27	46,2	33,6	32,6	2,41
28	51,0	34,4	33,3	2,24
29	55,8	33,6	34,7	2,36
30	60,6	34,4	35,1	2,90
31	65,3	33,6	34,0	2,95

32	70,1	34,4	34,8	2,94
33	74,9	33,6	33,9	2,80
34	79,7	34,4	27,5	4,02
35	84,5	33,6	24,0	3,86
36	89,3	34,4	22,4	3,50
37	94,1	33,6	18,0	3,64
38	98,9	34,4	13,9	6,20
39	103,6	33,6	8,6	15,05
40	17,5	35,2	34,5	17,80
41	22,3	36,0	37,7	6,20
42	27,1	35,2	36,8	3,80
43	31,8	36,0	37,6	2,54
44	36,6	35,2	36,8	2,46
45	41,4	36,0	37,6	2,25
46	46,2	35,2	36,7	1,99
47	51,0	36,0	34,8	2,27
48	55,8	35,2	33,3	2,75
49	60,6	36,0	36,7	2,61
50	65,3	35,2	31,8	3,70
51	70,1	36,0	32,2	4,08
52	74,9	35,2	35,2	2,69
53	79,7	36,0	31,0	3,63
54	84,5	35,2	26,8	3,40
55	89,3	36,0	22,8	3,61
56	94,1	35,2	16,7	5,13
57	98,9	36,0	14,5	7,37
58	103,6	35,2	9,2	29,57
59	17,5	36,9	38,4	8,64
60	22,3	37,7	39,3	5,46
61	27,1	36,9	38,5	3,59
62	31,8	37,7	36,8	3,38
63	36,6	36,9	36,0	2,77
64	41,4	37,7	36,7	2,31
65	46,2	36,9	38,4	2,00
66	51,0	37,7	39,0	2,08
67	55,8	36,9	34,8	2,78
68	60,6	37,7	34,8	3,33
69	65,3	36,9	37,1	2,87
70	70,1	37,7	37,5	2,91
71	74,9	36,9	31,4	4,56
72	79,7	37,7	31,4	3,89
73	84,5	36,9	26,9	3,51
74	89,3	37,7	20,8	4,22
75	94,1	36,9	18,8	4,46
76	98,9	37,7	13,9	13,95
77	103,6	36,9	10,9	24,85
78	17,5	38,5	39,9	8,63
79	22,3	39,3	38,5	10,23
80	27,1	38,5	40,1	3,41
81	31,8	39,3	40,9	2,29
82	36,6	38,5	40,0	2,30
83	41,4	39,3	38,3	2,30
84	46,2	38,5	40,0	2,01
85	51,0	39,3	40,6	2,10
86	55,8	38,5	36,3	2,81
87	60,6	39,3	36,3	3,36
88	65,3	38,5	38,7	2,78
89	70,1	39,3	34,8	3,89
90	74,9	38,5	31,9	5,03
91	79,7	39,3	28,5	5,11
92	84,5	38,5	27,4	3,80
93	89,3	39,3	21,0	5,42
94	94,1	38,5	17,4	10,14
95	98,9	39,3	14,8	20,66
96	103,6	38,5	11,9	50,99
97	17,5	40,1	41,4	8,56
98	22,3	40,9	40,2	9,25
99	27,1	40,1	39,3	4,57
100	31,8	40,9	42,5	2,26
101	36,6	40,1	39,2	2,69
102	41,4	40,9	42,4	2,28
103	46,2	40,1	26,6	2,37
104	51,0	40,9	39,3	2,35
105	55,8	40,1	41,0	2,11

106	60,6	40,9	41,4	2,38
107	65,3	40,1	36,3	3,69
108	70,1	40,9	40,5	2,51
109	74,9	40,1	36,2	3,03
110	79,7	40,9	28,7	5,50
111	84,5	40,1	27,8	3,95
112	89,3	40,9	21,4	7,03
113	94,1	40,1	17,9	17,10
114	98,9	40,9	15,6	60,64
115	17,5	41,7	40,6	17,19
116	22,3	42,5	44,2	4,38
117	27,1	41,7	43,3	3,14
118	31,8	42,5	41,7	3,23
119	36,6	41,7	40,8	2,66
120	41,4	42,5	41,6	2,29
121	46,2	41,7	43,2	2,02
122	51,0	42,5	43,7	2,13
123	55,8	41,7	42,5	2,12
124	60,6	42,5	42,9	2,41
125	65,3	41,7	37,8	3,66
126	70,1	42,5	41,0	2,62
127	74,9	41,7	32,6	5,64
128	79,7	42,5	28,9	4,89
129	84,5	41,7	28,4	3,82
130	89,3	42,5	24,6	4,86
131	94,1	41,7	20,6	9,27
132	98,9	42,5	17,8	24,15
133	17,5	43,3	44,4	8,50
134	22,3	44,1	43,4	6,77
135	27,1	43,3	42,5	4,04
136	31,8	44,1	45,7	2,48
137	36,6	43,3	44,9	2,24
138	41,4	44,1	43,2	2,28
139	46,2	43,3	44,8	2,03
140	51,0	44,1	42,3	2,41
141	55,8	43,3	44,1	2,13
142	60,6	44,1	44,5	2,44
143	65,3	43,3	39,3	3,65
144	70,1	44,1	41,6	2,80
145	74,9	43,3	36,8	3,73
146	79,7	44,1	33,2	4,86
147	84,5	43,3	29,1	4,05
148	89,3	44,1	25,4	5,36
149	94,1	43,3	21,3	13,54
150	17,5	45,0	46,0	8,96
151	22,3	45,8	45,0	6,43
152	27,1	45,0	44,2	3,89
153	31,8	45,8	47,3	2,47
154	36,6	45,0	46,5	2,48
155	41,4	45,8	44,8	2,28
156	46,2	45,0	46,4	2,05
157	51,0	45,8	46,8	2,19
158	55,8	45,0	45,6	2,16
159	60,6	45,8	46,1	2,44
160	65,3	45,0	40,8	3,60
161	70,1	45,8	42,1	2,97
162	74,9	45,0	37,4	4,13
163	79,7	45,8	33,9	5,23
164	84,5	45,0	29,6	4,49
165	89,3	45,8	23,7	48,93
166	17,5	46,6	45,2	16,79
167	22,3	47,4	49,0	4,05
168	27,1	46,6	48,2	2,94
169	31,8	47,4	46,5	3,11
170	36,6	46,6	45,7	2,60
171	41,4	47,4	46,5	2,28
172	46,2	46,6	48,0	2,07
173	51,0	47,4	48,4	2,19
174	55,8	46,6	47,2	2,17
175	60,6	47,4	47,6	2,40
176	65,3	46,6	46,5	2,54
177	70,1	47,4	38,7	5,35
178	74,9	46,6	38,1	4,36
179	79,7	47,4	30,7	7,68

180	84,5	46,6	27,0	10,87
181	89,3	47,4	27,3	7,93
182	94,1	46,6	23,1	28,19
183	17,5	48,2	46,8	16,91
184	27,1	48,2	47,4	3,95
185	36,6	48,2	49,8	2,46
186	46,2	48,2	49,5	2,08
187	55,8	48,2	48,8	2,19
188	65,3	48,2	43,3	3,65
189	74,9	48,2	38,8	4,46
190	84,5	48,2	27,5	18,43
191	94,1	48,2	24,1	66,90

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Anteoperam Statica Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,017
Coefficiente azione sismica verticale	0,0085

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

12	88,0	19,4
13	88,8	23,0
14	94,9	23,3
15	98,0	24,0
16	102,4	26,0
17	108,6	28,0
18	113,6	30,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	70,7	19,4
11	88,0	19,4
12	88,8	23,0
13	94,9	23,3
14	98,0	24,0
15	102,4	26,0
16	108,6	28,0
17	113,6	30,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	70,7	17,4
10	87,0	17,4
11	88,0	19,4
12	88,8	23,0
13	94,9	23,3
14	98,0	24,0
15	102,4	26,0
16	108,6	28,0
17	113,6	30,0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	50,5	13,4
9	70,7	13,4
10	86,0	13,4
11	88,0	19,4
12	88,8	23,0
13	94,9	23,3
14	98,0	24,0
15	102,4	26,0
16	108,6	28,0
17	113,6	30,0

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,46
Ascissa centro superficie	41,41 m
Ordinata centro superficie	32,8 m
Raggio superficie	24,46 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	3,18
2	22,3	32,8	32,1	3,01
3	27,1	32,0	31,2	2,26
4	31,8	32,8	29,5	1,76
5	36,6	32,0	26,2	1,54
6	41,4	32,8	24,5	1,46
7	46,2	32,0	21,0	1,55
8	51,0	32,8	21,7	1,87
9	55,8	32,0	21,9	2,51
10	60,6	32,8	30,3	3,27
11	65,3	32,0	28,8	3,45
12	70,1	32,8	29,6	3,82
13	74,9	32,0	32,5	3,18
14	79,7	32,8	30,7	3,37
15	84,5	32,0	13,8	2,45
16	89,3	32,8	15,4	2,08
17	94,1	32,0	15,8	2,10
18	98,9	32,8	10,9	2,18
19	103,6	32,0	8,4	2,26
20	108,4	32,8	5,5	2,75
21	17,5	33,6	32,9	3,88
22	22,3	34,4	36,1	2,63
23	27,1	33,6	32,8	2,09
24	31,8	34,4	31,2	1,71
25	36,6	33,6	30,3	1,52
26	41,4	34,4	28,6	1,49
27	46,2	33,6	22,7	1,57
28	51,0	34,4	23,2	1,93
29	55,8	33,6	26,1	2,55
30	60,6	34,4	35,1	2,90
31	65,3	33,6	34,0	3,04

32	70,1	34,4	34,8	3,18
33	74,9	33,6	33,9	3,04
34	79,7	34,4	27,5	3,56
35	84,5	33,6	13,4	1,79
36	89,3	34,4	15,6	2,06
37	94,1	33,6	18,0	2,05
38	98,9	34,4	12,3	2,16
39	103,6	33,6	8,6	2,52
40	17,5	35,2	34,5	3,77
41	22,3	36,0	37,7	2,48
42	27,1	35,2	36,8	1,94
43	31,8	36,0	32,8	1,62
44	36,6	35,2	29,5	1,48
45	41,4	36,0	27,7	1,49
46	46,2	35,2	24,3	1,60
47	51,0	36,0	24,4	1,99
48	55,8	35,2	27,4	2,59
49	60,6	36,0	36,7	2,65
50	65,3	35,2	31,8	3,29
51	70,1	36,0	32,2	3,62
52	74,9	35,2	35,2	2,93
53	79,7	36,0	31,0	3,37
54	84,5	35,2	15,5	1,75
55	89,3	36,0	18,2	2,05
56	94,1	35,2	16,7	2,20
57	98,9	36,0	13,0	2,15
58	103,6	35,2	9,2	3,25
59	17,5	36,9	38,4	3,04
60	22,3	37,7	39,3	2,30
61	27,1	36,9	38,5	1,90
62	31,8	37,7	34,4	1,59
63	36,6	36,9	31,1	1,47
64	41,4	37,7	29,3	1,50
65	46,2	36,9	25,9	1,63
66	51,0	37,7	25,7	2,05
67	55,8	36,9	28,8	2,60
68	60,6	37,7	34,8	2,79
69	65,3	36,9	37,1	2,92
70	70,1	37,7	37,5	3,05
71	74,9	36,9	31,4	3,81
72	79,7	37,7	31,4	3,37
73	84,5	36,9	20,9	2,55
74	89,3	37,7	20,8	2,07
75	94,1	36,9	18,8	2,02
76	98,9	37,7	13,9	2,27
77	103,6	36,9	10,9	2,96
78	17,5	38,5	39,9	2,99
79	22,3	39,3	38,5	2,69
80	27,1	38,5	40,1	1,86
81	31,8	39,3	36,0	1,57
82	36,6	38,5	32,7	1,47
83	41,4	39,3	30,9	1,51
84	46,2	38,5	27,5	1,69
85	51,0	39,3	29,7	2,09
86	55,8	38,5	30,2	2,66
87	60,6	39,3	36,3	2,81
88	65,3	38,5	38,7	2,84
89	70,1	39,3	34,8	3,40
90	74,9	38,5	31,9	3,84
91	79,7	39,3	28,5	3,49
92	84,5	38,5	18,5	2,01
93	89,3	39,3	21,0	2,07
94	94,1	38,5	17,4	2,65
95	98,9	39,3	14,8	2,62
96	103,6	38,5	11,9	4,29
97	17,5	40,1	41,4	2,92
98	22,3	40,9	40,2	2,54
99	27,1	40,1	39,3	1,97
100	31,8	40,9	37,6	1,61
101	36,6	40,1	34,3	1,49
102	41,4	40,9	32,6	1,56
103	46,2	40,1	29,1	1,72
104	51,0	40,9	31,0	2,12
105	55,8	40,1	41,0	2,12

106	60,6	40,9	41,4	2,43
107	65,3	40,1	36,3	3,19
108	70,1	40,9	40,5	2,77
109	74,9	40,1	36,2	3,07
110	79,7	40,9	28,7	3,36
111	84,5	40,1	24,7	2,56
112	89,3	40,9	21,4	2,08
113	94,1	40,1	17,9	2,87
114	98,9	40,9	15,6	4,77
115	17,5	41,7	40,6	3,43
116	22,3	42,5	44,2	2,20
117	27,1	41,7	43,3	1,82
118	31,8	42,5	39,3	1,60
119	36,6	41,7	35,9	1,50
120	41,4	42,5	34,2	1,58
121	46,2	41,7	30,8	1,77
122	51,0	42,5	32,3	2,16
123	55,8	41,7	42,5	2,13
124	60,6	42,5	42,9	2,44
125	65,3	41,7	37,8	3,13
126	70,1	42,5	41,0	2,79
127	74,9	41,7	32,6	3,86
128	79,7	42,5	28,9	3,38
129	84,5	41,7	25,5	2,48
130	89,3	42,5	24,6	2,03
131	94,1	41,7	20,6	2,50
132	98,9	42,5	17,8	2,84
133	17,5	43,3	44,4	2,80
134	22,3	44,1	43,4	2,27
135	27,1	43,3	40,1	1,81
136	31,8	44,1	38,5	1,53
137	36,6	43,3	37,6	1,50
138	41,4	44,1	35,8	1,62
139	46,2	43,3	32,3	1,80
140	51,0	44,1	42,3	2,20
141	55,8	43,3	44,1	2,14
142	60,6	44,1	44,5	2,45
143	65,3	43,3	39,3	3,08
144	70,1	44,1	41,6	2,81
145	74,9	43,3	36,8	3,18
146	79,7	44,1	33,2	3,29
147	84,5	43,3	23,3	2,31
148	89,3	44,1	25,4	2,04
149	94,1	43,3	21,3	2,67
150	17,5	45,0	46,0	2,78
151	22,3	45,8	45,0	2,22
152	27,1	45,0	44,2	1,83
153	31,8	45,8	40,1	1,52
154	36,6	45,0	39,2	1,51
155	41,4	45,8	37,4	1,64
156	46,2	45,0	33,6	1,85
157	51,0	45,8	46,8	2,06
158	55,8	45,0	45,6	2,16
159	60,6	45,8	46,1	2,44
160	65,3	45,0	40,8	3,03
161	70,1	45,8	42,1	2,84
162	74,9	45,0	37,4	3,22
163	79,7	45,8	33,9	3,28
164	84,5	45,0	29,6	2,49
165	89,3	45,8	23,7	5,44
166	17,5	46,6	45,2	3,31
167	22,3	47,4	49,0	1,98
168	27,1	46,6	45,8	1,78
169	31,8	47,4	41,7	1,52
170	36,6	46,6	40,8	1,51
171	41,4	47,4	39,0	1,67
172	46,2	46,6	37,5	1,89
173	51,0	47,4	48,4	2,06
174	55,8	46,6	47,2	2,18
175	60,6	47,4	47,6	2,42
176	65,3	46,6	46,5	2,59
177	70,1	47,4	38,7	3,69
178	74,9	46,6	38,1	3,25
179	79,7	47,4	30,7	3,51

180	84,5	46,6	27,0	2,22
181	89,3	47,4	27,3	2,19
182	94,1	46,6	23,1	2,92
183	17,5	48,2	46,8	3,27
184	27,1	48,2	45,0	1,72
185	36,6	48,2	40,0	1,57
186	46,2	48,2	49,5	1,91
187	55,8	48,2	48,8	2,20
188	65,3	48,2	43,3	2,95
189	74,9	48,2	38,8	3,21
190	84,5	48,2	27,5	2,98
191	94,1	48,2	24,1	4,94

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Anteoperam Sismica Non Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0483
Coefficiente azione sismica verticale	0,0241

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,83
Ascissa centro superficie	46,2 m
Ordinata centro superficie	35,24 m
Raggio superficie	36,74 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	8,16
2	22,3	32,8	32,1	9,82
3	27,1	32,0	31,2	6,51
4	31,8	32,8	32,0	3,38
5	36,6	32,0	33,5	2,25
6	41,4	32,8	34,3	2,06
7	46,2	32,0	33,5	1,83
8	51,0	32,8	31,8	2,02
9	55,8	32,0	33,2	2,09
10	60,6	32,8	30,3	2,84
11	65,3	32,0	28,8	3,39
12	70,1	32,8	29,6	3,55
13	74,9	32,0	32,5	2,61
14	79,7	32,8	30,7	3,09
15	84,5	32,0	26,6	2,94
16	89,3	32,8	19,9	3,38
17	94,1	32,0	15,8	3,51
18	98,9	32,8	13,6	5,11
19	103,6	32,0	8,4	8,32
20	108,4	32,8	5,5	21,59
21	17,5	33,6	32,9	15,66
22	22,3	34,4	36,1	6,10
23	27,1	33,6	32,8	5,14
24	31,8	34,4	36,0	2,50
25	36,6	33,6	32,7	2,53
26	41,4	34,4	33,5	2,16
27	46,2	33,6	32,6	2,20
28	51,0	34,4	33,3	2,03
29	55,8	33,6	34,7	2,09
30	60,6	34,4	35,1	2,56
31	65,3	33,6	34,0	2,59

32	70,1	34,4	34,8	2,58
33	74,9	33,6	33,9	2,48
34	79,7	34,4	27,5	3,49
35	84,5	33,6	24,0	3,42
36	89,3	34,4	22,4	3,16
37	94,1	33,6	18,0	3,33
38	98,9	34,4	13,9	5,65
39	103,6	33,6	8,6	13,67
40	17,5	35,2	34,5	15,18
41	22,3	36,0	37,7	5,54
42	27,1	35,2	36,8	3,47
43	31,8	36,0	37,6	2,34
44	36,6	35,2	36,8	2,26
45	41,4	36,0	37,6	2,05
46	46,2	35,2	36,7	1,83
47	51,0	36,0	34,8	2,05
48	55,8	35,2	33,3	2,44
49	60,6	36,0	36,7	2,32
50	65,3	35,2	31,8	3,21
51	70,1	36,0	32,2	3,50
52	74,9	35,2	35,2	2,39
53	79,7	36,0	31,0	3,17
54	84,5	35,2	26,8	3,03
55	89,3	36,0	22,8	3,26
56	94,1	35,2	16,7	4,65
57	98,9	36,0	14,5	6,71
58	103,6	35,2	9,2	26,80
59	17,5	36,9	38,4	7,52
60	22,3	37,7	39,3	4,92
61	27,1	36,9	38,5	3,29
62	31,8	37,7	36,8	3,12
63	36,6	36,9	36,0	2,56
64	41,4	37,7	36,7	2,12
65	46,2	36,9	38,4	1,83
66	51,0	37,7	39,0	1,87
67	55,8	36,9	34,8	2,46
68	60,6	37,7	34,8	2,93
69	65,3	36,9	37,1	2,52
70	70,1	37,7	37,5	2,56
71	74,9	36,9	31,4	3,89
72	79,7	37,7	31,4	3,38
73	84,5	36,9	26,9	3,13
74	89,3	37,7	20,8	3,83
75	94,1	36,9	18,8	4,06
76	98,9	37,7	13,9	12,74
77	103,6	36,9	10,9	22,57
78	17,5	38,5	39,9	7,53
79	22,3	39,3	38,5	9,08
80	27,1	38,5	40,1	3,13
81	31,8	39,3	40,9	2,11
82	36,6	38,5	40,0	2,11
83	41,4	39,3	38,3	2,11
84	46,2	38,5	40,0	1,84
85	51,0	39,3	40,6	1,89
86	55,8	38,5	36,3	2,48
87	60,6	39,3	36,3	2,96
88	65,3	38,5	38,7	2,45
89	70,1	39,3	34,8	3,35
90	74,9	38,5	31,9	4,27
91	79,7	39,3	28,5	4,38
92	84,5	38,5	27,4	3,38
93	89,3	39,3	21,0	4,94
94	94,1	38,5	17,4	9,07
95	98,9	39,3	14,8	18,84
96	103,6	38,5	11,9	46,31
97	17,5	40,1	41,4	7,48
98	22,3	40,9	40,2	8,25
99	27,1	40,1	39,3	4,18
100	31,8	40,9	42,5	2,09
101	36,6	40,1	39,2	2,48
102	41,4	40,9	42,4	2,07
103	46,2	40,1	39,1	2,17
104	51,0	40,9	39,3	2,11
105	55,8	40,1	41,0	1,91

106	60,6	40,9	41,4	2,12
107	65,3	40,1	36,3	3,20
108	70,1	40,9	40,5	2,22
109	74,9	40,1	36,2	2,65
110	79,7	40,9	28,7	4,73
111	84,5	40,1	27,8	3,51
112	89,3	40,9	21,4	6,37
113	94,1	40,1	17,9	15,34
114	98,9	40,9	15,6	55,06
115	17,5	41,7	40,6	14,86
116	22,3	42,5	44,2	3,96
117	27,1	41,7	43,3	2,88
118	31,8	42,5	41,7	2,96
119	36,6	41,7	40,8	2,45
120	41,4	42,5	44,1	2,07
121	46,2	41,7	43,2	1,85
122	51,0	42,5	43,7	1,92
123	55,8	41,7	42,5	1,91
124	60,6	42,5	42,9	2,15
125	65,3	41,7	37,8	3,18
126	70,1	42,5	41,0	2,32
127	74,9	41,7	32,6	4,75
128	79,7	42,5	28,9	4,19
129	84,5	41,7	28,4	3,40
130	89,3	42,5	24,6	4,42
131	94,1	41,7	20,6	8,31
132	98,9	42,5	17,8	21,97
133	17,5	43,3	44,4	7,47
134	22,3	44,1	43,4	6,11
135	27,1	43,3	42,5	3,70
136	31,8	44,1	45,7	2,29
137	36,6	43,3	44,9	2,05
138	41,4	44,1	45,7	2,08
139	46,2	43,3	44,8	1,86
140	51,0	44,1	42,3	2,16
141	55,8	43,3	44,1	1,92
142	60,6	44,1	44,5	2,17
143	65,3	43,3	39,3	3,17
144	70,1	44,1	41,6	2,47
145	74,9	43,3	36,8	3,24
146	79,7	44,1	33,2	4,18
147	84,5	43,3	29,1	3,60
148	89,3	44,1	25,4	4,88
149	94,1	43,3	21,3	12,15
150	17,5	45,0	46,0	7,89
151	22,3	45,8	45,0	5,81
152	27,1	45,0	44,2	3,57
153	31,8	45,8	47,3	2,27
154	36,6	45,0	46,5	2,26
155	41,4	45,8	44,8	2,09
156	46,2	45,0	46,4	1,87
157	51,0	45,8	46,8	1,98
158	55,8	45,0	45,6	1,94
159	60,6	45,8	46,1	2,17
160	65,3	45,0	40,8	3,13
161	70,1	45,8	42,1	2,61
162	74,9	45,0	37,4	3,57
163	79,7	45,8	33,9	4,50
164	84,5	45,0	29,6	4,00
165	89,3	45,8	23,7	41,90
166	17,5	46,6	45,2	14,58
167	22,3	47,4	49,0	3,68
168	27,1	46,6	48,2	2,68
169	31,8	47,4	46,5	2,85
170	36,6	46,6	45,7	2,39
171	41,4	47,4	46,5	2,09
172	46,2	46,6	48,0	1,88
173	51,0	47,4	48,4	1,98
174	55,8	46,6	47,2	1,95
175	60,6	47,4	47,6	2,14
176	65,3	46,6	46,5	2,25
177	70,1	47,4	38,7	4,52
178	74,9	46,6	38,1	3,76
179	79,7	47,4	30,7	6,63

180	84,5	46,6	27,0	9,85
181	89,3	47,4	27,3	7,16
182	94,1	46,6	23,1	25,82
183	17,5	48,2	46,8	14,72
184	27,1	48,2	47,4	3,63
185	36,6	48,2	49,8	2,25
186	46,2	48,2	49,5	1,89
187	55,8	48,2	48,8	1,97
188	65,3	48,2	43,3	3,17
189	74,9	48,2	38,8	3,85
190	84,5	48,2	27,5	16,40
191	94,1	48,2	24,1	61,22

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Anteoperam Sismica Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0483
Coefficiente azione sismica verticale	0,0241

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

	12	88,0	19,4
	13	88,8	23,0
	14	94,9	23,3
	15	98,0	24,0
	16	102,4	26,0
	17	108,6	28,0
	18	113,6	30,0
Vertici strato .....1			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0
	4	34,2	6,0
	5	37,2	8,0
	6	43,9	10,0
	7	48,4	12,0
	8	51,3	14,0
	9	52,9	16,0
	10	70,7	19,4
	11	88,0	19,4
	12	88,8	23,0
	13	94,9	23,3
	14	98,0	24,0
	15	102,4	26,0
	16	108,6	28,0
	17	113,6	30,0
Vertici strato .....2			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0
	4	34,2	6,0
	5	37,2	8,0
	6	43,9	10,0
	7	48,4	12,0
	8	51,3	14,0
	9	70,7	17,4
	10	87,0	17,4
	11	88,0	19,4
	12	88,8	23,0
	13	94,9	23,3
	14	98,0	24,0
	15	102,4	26,0
	16	108,6	28,0
	17	113,6	30,0
Vertici strato .....3			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0
	4	34,2	6,0
	5	37,2	8,0
	6	43,9	10,0
	7	48,4	12,0
	8	50,5	13,4
	9	70,7	13,4
	10	86,0	13,4
	11	88,0	19,4
	12	88,8	23,0
	13	94,9	23,3
	14	98,0	24,0
	15	102,4	26,0
	16	108,6	28,0
	17	113,6	30,0
Vertici strato .....4			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,34
Ascissa centro superficie	36,63 m
Ordinata centro superficie	38,48 m
Raggio superficie	32,69 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	2,74
2	22,3	32,8	32,1	2,62
3	27,1	32,0	31,2	2,02
4	31,8	32,8	29,5	1,61
5	36,6	32,0	26,2	1,41
6	41,4	32,8	24,5	1,35
7	46,2	32,0	21,0	1,43
8	51,0	32,8	21,7	1,69
9	55,8	32,0	21,9	2,21
10	60,6	32,8	30,3	2,81
11	65,3	32,0	28,8	2,97
12	70,1	32,8	29,6	3,26
13	74,9	32,0	32,5	2,80
14	79,7	32,8	30,7	2,96
15	84,5	32,0	13,8	2,23
16	89,3	32,8	15,4	1,88
17	94,1	32,0	15,8	1,89
18	98,9	32,8	10,9	1,97
19	103,6	32,0	8,4	2,04
20	108,4	32,8	5,5	2,50
21	17,5	33,6	32,9	3,28
22	22,3	34,4	36,1	2,31
23	27,1	33,6	32,8	1,88
24	31,8	34,4	33,6	1,56
25	36,6	33,6	30,3	1,39
26	41,4	34,4	28,6	1,36
27	46,2	33,6	22,7	1,44
28	51,0	34,4	23,2	1,74
29	55,8	33,6	26,1	2,25
30	60,6	34,4	35,1	2,53
31	65,3	33,6	34,0	2,65

32	70,1	34,4	34,8	2,77
33	74,9	33,6	33,9	2,68
34	79,7	34,4	27,5	3,10
35	84,5	33,6	13,4	1,64
36	89,3	34,4	15,6	1,86
37	94,1	33,6	18,0	1,86
38	98,9	34,4	12,3	1,95
39	103,6	33,6	8,6	2,27
40	17,5	35,2	34,5	3,20
41	22,3	36,0	37,7	2,19
42	27,1	35,2	36,8	1,75
43	31,8	36,0	32,8	1,48
44	36,6	35,2	29,5	1,35
45	41,4	36,0	27,7	1,37
46	46,2	35,2	24,3	1,47
47	51,0	36,0	24,4	1,79
48	55,8	35,2	27,4	2,27
49	60,6	36,0	36,7	2,33
50	65,3	35,2	31,8	2,84
51	70,1	36,0	32,2	3,10
52	74,9	35,2	35,2	2,59
53	79,7	36,0	31,0	2,94
54	84,5	35,2	15,5	1,59
55	89,3	36,0	18,2	1,85
56	94,1	35,2	16,7	1,97
57	98,9	36,0	14,5	1,94
58	103,6	35,2	9,2	2,93
59	17,5	36,9	38,4	2,63
60	22,3	37,7	39,3	2,05
61	27,1	36,9	38,5	1,71
62	31,8	37,7	34,4	1,45
63	36,6	36,9	31,1	1,35
64	41,4	37,7	29,3	1,38
65	46,2	36,9	25,9	1,49
66	51,0	37,7	28,3	1,84
67	55,8	36,9	28,8	2,28
68	60,6	37,7	34,8	2,44
69	65,3	36,9	37,1	2,55
70	70,1	37,7	37,5	2,66
71	74,9	36,9	31,4	3,26
72	79,7	37,7	31,4	2,93
73	84,5	36,9	20,9	2,27
74	89,3	37,7	20,8	1,87
75	94,1	36,9	18,8	1,81
76	98,9	37,7	13,9	2,05
77	103,6	36,9	10,9	2,67
78	17,5	38,5	39,9	2,59
79	22,3	39,3	38,5	2,36
80	27,1	38,5	40,1	1,69
81	31,8	39,3	36,0	1,43
82	36,6	38,5	32,7	1,34
83	41,4	39,3	30,9	1,38
84	46,2	38,5	27,5	1,54
85	51,0	39,3	29,7	1,86
86	55,8	38,5	30,2	2,32
87	60,6	39,3	36,3	2,45
88	65,3	38,5	38,7	2,49
89	70,1	39,3	34,8	2,93
90	74,9	38,5	31,9	3,27
91	79,7	39,3	28,5	3,02
92	84,5	38,5	18,5	1,82
93	89,3	39,3	21,0	1,86
94	94,1	38,5	17,4	2,35
95	98,9	39,3	14,8	2,37
96	103,6	38,5	11,9	3,87
97	17,5	40,1	41,4	2,54
98	22,3	40,9	40,2	2,25
99	27,1	40,1	39,3	1,77
100	31,8	40,9	37,6	1,47
101	36,6	40,1	34,3	1,36
102	41,4	40,9	32,6	1,42
103	46,2	40,1	29,1	1,57
104	51,0	40,9	31,0	1,89
105	55,8	40,1	41,0	1,89

106	60,6	40,9	41,4	2,14
107	65,3	40,1	36,3	2,75
108	70,1	40,9	40,5	2,44
109	74,9	40,1	36,2	2,68
110	79,7	40,9	28,7	2,91
111	84,5	40,1	24,7	2,27
112	89,3	40,9	21,4	1,87
113	94,1	40,1	17,9	2,56
114	98,9	40,9	15,6	4,32
115	17,5	41,7	40,6	2,95
116	22,3	42,5	44,2	1,97
117	27,1	41,7	43,3	1,64
118	31,8	42,5	39,3	1,46
119	36,6	41,7	35,9	1,37
120	41,4	42,5	34,2	1,45
121	46,2	41,7	30,8	1,60
122	51,0	42,5	32,3	1,93
123	55,8	41,7	42,5	1,90
124	60,6	42,5	42,9	2,15
125	65,3	41,7	37,8	2,70
126	70,1	42,5	41,0	2,45
127	74,9	41,7	32,6	3,27
128	79,7	42,5	28,9	2,92
129	84,5	41,7	25,5	2,21
130	89,3	42,5	24,6	1,83
131	94,1	41,7	20,6	2,22
132	98,9	42,5	17,8	2,57
133	17,5	43,3	44,4	2,44
134	22,3	44,1	43,4	2,03
135	27,1	43,3	40,1	1,64
136	31,8	44,1	38,5	1,41
137	36,6	43,3	37,6	1,37
138	41,4	44,1	35,8	1,47
139	46,2	43,3	32,3	1,64
140	51,0	44,1	42,3	1,95
141	55,8	43,3	44,1	1,90
142	60,6	44,1	44,5	2,16
143	65,3	43,3	39,3	2,66
144	70,1	44,1	41,6	2,46
145	74,9	43,3	36,8	2,76
146	79,7	44,1	33,2	2,85
147	84,5	43,3	23,3	2,07
148	89,3	44,1	25,4	1,84
149	94,1	43,3	21,3	2,38
150	17,5	45,0	46,0	2,43
151	22,3	45,8	45,0	1,99
152	27,1	45,0	44,2	1,66
153	31,8	45,8	40,1	1,40
154	36,6	45,0	39,2	1,37
155	41,4	45,8	37,4	1,50
156	46,2	45,0	36,1	1,68
157	51,0	45,8	46,8	1,84
158	55,8	45,0	45,6	1,93
159	60,6	45,8	46,1	2,15
160	65,3	45,0	40,8	2,62
161	70,1	45,8	42,1	2,48
162	74,9	45,0	37,4	2,78
163	79,7	45,8	33,9	2,83
164	84,5	45,0	29,6	2,21
165	89,3	45,8	23,7	4,64
166	17,5	46,6	45,2	2,86
167	22,3	47,4	49,0	1,78
168	27,1	46,6	45,8	1,61
169	31,8	47,4	41,7	1,39
170	36,6	46,6	40,8	1,37
171	41,4	47,4	39,0	1,52
172	46,2	46,6	37,5	1,70
173	51,0	47,4	48,4	1,84
174	55,8	46,6	47,2	1,94
175	60,6	47,4	47,6	2,14
176	65,3	46,6	46,5	2,28
177	70,1	47,4	38,7	3,11
178	74,9	46,6	38,1	2,81
179	79,7	47,4	30,7	3,04

180	84,5	46,6	27,0	1,99
181	89,3	47,4	27,3	1,96
182	94,1	46,6	23,1	2,65
183	17,5	48,2	46,8	2,83
184	27,1	48,2	45,0	1,56
185	36,6	48,2	40,0	1,44
186	46,2	48,2	49,5	1,71
187	55,8	48,2	48,8	1,95
188	65,3	48,2	43,3	2,55
189	74,9	48,2	38,8	2,77
190	84,5	48,2	27,5	2,64
191	94,1	48,2	24,1	4,50

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Postoperam Statica Non Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,017
Coefficiente azione sismica verticale	0,0085

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	77	18,7	87	18,7	0,6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,85
Ascissa centro superficie	50,99 m
Ordinata centro superficie	37,67 m
Raggio superficie	39,0 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	9,41
2	22,3	32,8	32,1	11,22
3	27,1	32,0	31,2	7,21
4	31,8	32,8	32,0	3,68
5	36,6	32,0	33,5	2,45
6	41,4	32,8	34,3	2,25
7	46,2	32,0	33,5	1,99
8	51,0	32,8	31,8	2,08
9	55,8	32,0	33,2	1,97
10	60,6	32,8	30,3	2,57
11	65,3	32,0	28,8	3,31
12	70,1	32,8	29,6	3,73
13	74,9	32,0	32,5	2,88
14	79,7	32,8	30,7	3,46
15	84,5	32,0	26,6	3,33
16	89,3	32,8	19,9	4,38
17	94,1	32,0	15,8	3,84
18	98,9	32,8	13,6	5,63
19	103,6	32,0	8,4	9,11
20	108,4	32,8	5,5	23,55
21	17,5	33,6	32,9	18,42
22	22,3	34,4	36,1	6,87
23	27,1	33,6	32,8	5,65
24	31,8	34,4	36,0	2,72
25	36,6	33,6	32,7	2,74
26	41,4	34,4	31,0	2,33

27	46,2	33,6	32,6	2,41
28	51,0	34,4	33,3	2,05
29	55,8	33,6	34,7	1,98
30	60,6	34,4	35,1	2,58
31	65,3	33,6	34,0	2,74
32	70,1	34,4	34,8	2,82
33	74,9	33,6	33,9	2,74
34	79,7	34,4	27,5	3,90
35	84,5	33,6	24,0	3,97
36	89,3	34,4	22,4	3,89
37	94,1	33,6	18,0	4,01
38	98,9	34,4	13,9	6,20
39	103,6	33,6	8,6	15,05
40	17,5	35,2	34,5	17,80
41	22,3	36,0	37,7	6,20
42	27,1	35,2	36,8	3,80
43	31,8	36,0	37,6	2,54
44	36,6	35,2	36,8	2,46
45	41,4	36,0	37,6	2,25
46	46,2	35,2	36,7	1,95
47	51,0	36,0	34,8	2,05
48	55,8	35,2	33,3	2,30
49	60,6	36,0	36,7	2,42
50	65,3	35,2	31,8	3,22
51	70,1	36,0	32,2	3,72
52	74,9	35,2	35,2	2,64
53	79,7	36,0	31,0	3,56
54	84,5	35,2	26,8	3,44
55	89,3	36,0	22,8	4,09
56	94,1	35,2	16,7	5,13
57	98,9	36,0	14,5	7,37
58	103,6	35,2	9,2	29,57
59	17,5	36,9	38,4	8,64
60	22,3	37,7	39,3	5,46
61	27,1	36,9	38,5	3,59
62	31,8	37,7	36,8	3,38
63	36,6	36,9	36,0	2,77
64	41,4	37,7	36,7	2,31
65	46,2	36,9	38,4	1,93
66	51,0	37,7	39,0	1,85
67	55,8	36,9	34,8	2,30
68	60,6	37,7	34,8	2,86
69	65,3	36,9	37,1	2,72
70	70,1	37,7	37,5	2,81
71	74,9	36,9	31,4	4,27
72	79,7	37,7	31,4	3,80
73	84,5	36,9	26,9	3,58
74	89,3	37,7	20,8	5,02
75	94,1	36,9	18,8	4,46
76	98,9	37,7	13,9	13,95
77	103,6	36,9	10,9	24,85
78	17,5	38,5	39,9	8,63
79	22,3	39,3	38,5	10,23
80	27,1	38,5	40,1	3,41
81	31,8	39,3	40,9	2,29
82	36,6	38,5	40,0	2,30
83	41,4	39,3	38,3	2,30
84	46,2	38,5	40,0	1,93
85	51,0	39,3	40,6	1,86
86	55,8	38,5	36,3	2,31
87	60,6	39,3	36,3	2,91
88	65,3	38,5	38,7	2,65
89	70,1	39,3	34,8	3,57
90	74,9	38,5	31,9	4,68
91	79,7	39,3	28,5	4,87
92	84,5	38,5	27,4	3,89
93	89,3	39,3	21,0	5,98
94	94,1	38,5	17,4	10,14
95	98,9	39,3	14,8	20,66
96	103,6	38,5	11,9	50,99
97	17,5	40,1	41,4	8,56
98	22,3	40,9	40,2	9,25
99	27,1	40,1	39,3	4,57
100	31,8	40,9	42,5	2,26

101	36,6	40,1	39,2	2,69
102	41,4	40,9	42,4	2,24
103	46,2	40,1	39,1	2,29
104	51,0	40,9	39,3	2,09
105	55,8	40,1	41,0	1,99
106	60,6	40,9	41,4	2,27
107	65,3	40,1	36,3	3,28
108	70,1	40,9	40,5	2,45
109	74,9	40,1	36,2	2,95
110	79,7	40,9	28,7	5,19
111	84,5	40,1	27,8	4,06
112	89,3	40,9	21,4	7,03
113	94,1	40,1	17,9	17,10
114	98,9	40,9	15,6	60,64
115	17,5	41,7	40,6	17,19
116	22,3	42,5	44,2	4,38
117	27,1	41,7	43,3	3,14
118	31,8	42,5	41,7	3,23
119	36,6	41,7	40,8	2,66
120	41,4	42,5	44,1	2,22
121	46,2	41,7	43,2	1,92
122	51,0	42,5	43,7	1,92
123	55,8	41,7	42,5	2,00
124	60,6	42,5	42,9	2,31
125	65,3	41,7	37,8	3,28
126	70,1	42,5	41,0	2,56
127	74,9	41,7	32,6	5,11
128	79,7	42,5	28,9	4,54
129	84,5	41,7	28,4	3,94
130	89,3	42,5	24,6	5,43
131	94,1	41,7	20,6	9,27
132	98,9	42,5	17,8	24,15
133	17,5	43,3	44,4	8,50
134	22,3	44,1	43,4	6,77
135	27,1	43,3	42,5	4,04
136	31,8	44,1	45,7	2,48
137	36,6	43,3	44,9	2,24
138	41,4	44,1	45,7	2,20
139	46,2	43,3	44,8	1,92
140	51,0	44,1	42,3	2,12
141	55,8	43,3	44,1	2,01
142	60,6	44,1	44,5	2,34
143	65,3	43,3	39,3	3,30
144	70,1	44,1	41,6	2,73
145	74,9	43,3	36,8	3,56
146	79,7	44,1	33,2	4,69
147	84,5	43,3	29,1	4,20
148	89,3	44,1	25,4	5,64
149	94,1	43,3	21,3	13,54
150	17,5	45,0	46,0	8,96
151	22,3	45,8	45,0	6,43
152	27,1	45,0	44,2	3,89
153	31,8	45,8	47,3	2,47
154	36,6	45,0	46,5	2,48
155	41,4	45,8	44,8	2,27
156	46,2	45,0	46,4	1,92
157	51,0	45,8	46,8	2,03
158	55,8	45,0	45,6	2,04
159	60,6	45,8	46,1	2,34
160	65,3	45,0	40,8	3,29
161	70,1	45,8	42,1	2,88
162	74,9	45,0	37,4	3,93
163	79,7	45,8	33,9	5,04
164	84,5	45,0	29,6	4,68
165	89,3	45,8	23,7	48,93
166	17,5	46,6	45,2	16,79
167	22,3	47,4	49,0	4,05
168	27,1	46,6	48,2	2,94
169	31,8	47,4	46,5	3,11
170	36,6	46,6	45,7	2,60
171	41,4	47,4	46,5	2,24
172	46,2	46,6	48,0	1,93
173	51,0	47,4	48,4	2,05
174	55,8	46,6	47,2	2,06

175	60,6	47,4	47,6	2,31
176	65,3	46,6	46,5	2,48
177	70,1	47,4	38,7	4,69
178	74,9	46,6	38,1	4,12
179	79,7	47,4	30,7	6,56
180	84,5	46,6	27,0	10,87
181	89,3	47,4	27,3	7,93
182	94,1	46,6	23,1	28,19
183	17,5	48,2	46,8	16,91
184	27,1	48,2	47,4	3,95
185	36,6	48,2	49,8	2,46
186	46,2	48,2	49,5	1,94
187	55,8	48,2	48,8	2,08
188	65,3	48,2	43,3	3,36
189	74,9	48,2	38,8	4,20
190	84,5	48,2	27,5	18,43
191	94,1	48,2	24,1	66,90

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Postoperam Statica Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,017
Coefficiente azione sismica verticale	0,0085

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	77	18,7	87	18,7	0,6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,46
Ascissa centro superficie	41,41 m
Ordinata centro superficie	32,8 m
Raggio superficie	24,46 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	3,18
2	22,3	32,8	32,1	3,01
3	27,1	32,0	31,2	2,26
4	31,8	32,8	29,5	1,76
5	36,6	32,0	26,2	1,54
6	41,4	32,8	24,5	1,46
7	46,2	32,0	21,0	1,55
8	51,0	32,8	21,7	1,87
9	55,8	32,0	27,5	2,36
10	60,6	32,8	30,3	2,73
11	65,3	32,0	28,8	3,05
12	70,1	32,8	29,6	3,57
13	74,9	32,0	32,5	3,17
14	79,7	32,8	30,7	3,40
15	84,5	32,0	26,6	3,12
16	89,3	32,8	13,1	2,37
17	94,1	32,0	15,8	2,10
18	98,9	32,8	10,9	2,18
19	103,6	32,0	8,4	2,26
20	108,4	32,8	5,5	2,75
21	17,5	33,6	32,9	3,88
22	22,3	34,4	36,1	2,63
23	27,1	33,6	32,8	2,09
24	31,8	34,4	31,2	1,71
25	36,6	33,6	30,3	1,52
26	41,4	34,4	28,6	1,49

27	46,2	33,6	22,7	1,57
28	51,0	34,4	23,2	1,93
29	55,8	33,6	31,8	2,34
30	60,6	34,4	35,1	2,67
31	65,3	33,6	34,0	2,91
32	70,1	34,4	34,8	3,13
33	74,9	33,6	33,9	3,04
34	79,7	34,4	27,5	3,60
35	84,5	33,6	13,4	1,79
36	89,3	34,4	15,6	2,39
37	94,1	33,6	16,1	2,09
38	98,9	34,4	12,3	2,16
39	103,6	33,6	8,6	2,52
40	17,5	35,2	34,5	3,77
41	22,3	36,0	37,7	2,48
42	27,1	35,2	36,8	1,94
43	31,8	36,0	32,8	1,62
44	36,6	35,2	29,5	1,48
45	41,4	36,0	27,7	1,49
46	46,2	35,2	24,3	1,60
47	51,0	36,0	24,4	1,99
48	55,8	35,2	33,3	2,33
49	60,6	36,0	33,3	2,48
50	65,3	35,2	31,8	2,99
51	70,1	36,0	32,2	3,42
52	74,9	35,2	35,2	2,93
53	79,7	36,0	31,0	3,41
54	84,5	35,2	15,5	1,75
55	89,3	36,0	16,0	2,49
56	94,1	35,2	16,7	2,20
57	98,9	36,0	13,0	2,15
58	103,6	35,2	9,2	3,25
59	17,5	36,9	38,4	3,04
60	22,3	37,7	39,3	2,30
61	27,1	36,9	38,5	1,90
62	31,8	37,7	34,4	1,59
63	36,6	36,9	31,1	1,47
64	41,4	37,7	29,3	1,50
65	46,2	36,9	25,9	1,63
66	51,0	37,7	36,3	1,99
67	55,8	36,9	34,8	2,33
68	60,6	37,7	34,8	2,51
69	65,3	36,9	37,1	2,85
70	70,1	37,7	37,5	3,02
71	74,9	36,9	31,4	3,72
72	79,7	37,7	31,4	3,42
73	84,5	36,9	26,9	2,95
74	89,3	37,7	18,5	2,08
75	94,1	36,9	18,8	2,02
76	98,9	37,7	13,9	2,27
77	103,6	36,9	10,9	2,96
78	17,5	38,5	39,9	2,99
79	22,3	39,3	38,5	2,69
80	27,1	38,5	40,1	1,86
81	31,8	39,3	36,0	1,57
82	36,6	38,5	32,7	1,47
83	41,4	39,3	30,9	1,51
84	46,2	38,5	27,5	1,69
85	51,0	39,3	37,8	2,00
86	55,8	38,5	36,3	2,33
87	60,6	39,3	36,3	2,55
88	65,3	38,5	38,7	2,79
89	70,1	39,3	34,8	3,24
90	74,9	38,5	31,9	3,74
91	79,7	39,3	28,5	3,58
92	84,5	38,5	18,5	2,01
93	89,3	39,3	21,0	2,53
94	94,1	38,5	17,4	2,65
95	98,9	39,3	14,8	2,62
96	103,6	38,5	11,9	4,29
97	17,5	40,1	41,4	2,92
98	22,3	40,9	40,2	2,54
99	27,1	40,1	39,3	1,97
100	31,8	40,9	37,6	1,61

101	36,6	40,1	34,3	1,49
102	41,4	40,9	32,6	1,56
103	46,2	40,1	29,1	1,72
104	51,0	40,9	39,3	2,01
105	55,8	40,1	41,0	2,06
106	60,6	40,9	41,4	2,38
107	65,3	40,1	36,3	2,95
108	70,1	40,9	40,5	2,77
109	74,9	40,1	36,2	3,08
110	79,7	40,9	28,7	3,48
111	84,5	40,1	27,8	2,90
112	89,3	40,9	21,4	2,08
113	94,1	40,1	17,9	2,87
114	98,9	40,9	15,6	4,77
115	17,5	41,7	40,6	3,43
116	22,3	42,5	44,2	2,20
117	27,1	41,7	43,3	1,82
118	31,8	42,5	39,3	1,60
119	36,6	41,7	35,9	1,50
120	41,4	42,5	34,2	1,58
121	46,2	41,7	30,8	1,77
122	51,0	42,5	40,8	2,02
123	55,8	41,7	42,5	2,07
124	60,6	42,5	42,9	2,40
125	65,3	41,7	37,8	2,93
126	70,1	42,5	41,0	2,79
127	74,9	41,7	32,6	3,72
128	79,7	42,5	28,9	3,54
129	84,5	41,7	28,4	2,88
130	89,3	42,5	21,9	2,55
131	94,1	41,7	20,6	2,50
132	98,9	42,5	17,8	2,84
133	17,5	43,3	44,4	2,80
134	22,3	44,1	43,4	2,27
135	27,1	43,3	40,1	1,81
136	31,8	44,1	38,5	1,53
137	36,6	43,3	37,6	1,50
138	41,4	44,1	35,8	1,62
139	46,2	43,3	44,8	1,80
140	51,0	44,1	42,3	2,03
141	55,8	43,3	44,1	2,08
142	60,6	44,1	44,5	2,41
143	65,3	43,3	39,3	2,91
144	70,1	44,1	41,6	2,82
145	74,9	43,3	36,8	3,16
146	79,7	44,1	33,2	3,40
147	84,5	43,3	23,3	2,31
148	89,3	44,1	25,4	2,33
149	94,1	43,3	21,3	2,67
150	17,5	45,0	46,0	2,78
151	22,3	45,8	45,0	2,22
152	27,1	45,0	44,2	1,83
153	31,8	45,8	40,1	1,52
154	36,6	45,0	39,2	1,51
155	41,4	45,8	37,4	1,64
156	46,2	45,0	46,4	1,81
157	51,0	45,8	46,8	1,97
158	55,8	45,0	45,6	2,11
159	60,6	45,8	46,1	2,41
160	65,3	45,0	40,8	2,88
161	70,1	45,8	42,1	2,85
162	74,9	45,0	37,4	3,20
163	79,7	45,8	33,9	3,41
164	84,5	45,0	29,6	3,00
165	89,3	45,8	23,7	5,44
166	17,5	46,6	45,2	3,31
167	22,3	47,4	49,0	1,98
168	27,1	46,6	45,8	1,78
169	31,8	47,4	41,7	1,52
170	36,6	46,6	40,8	1,51
171	41,4	47,4	39,0	1,67
172	46,2	46,6	48,0	1,82
173	51,0	47,4	48,4	1,99
174	55,8	46,6	47,2	2,13

175	60,6	47,4	47,6	2,39
176	65,3	46,6	46,5	2,59
177	70,1	47,4	38,7	3,43
178	74,9	46,6	38,1	3,23
179	79,7	47,4	30,7	3,76
180	84,5	46,6	27,0	2,22
181	89,3	47,4	27,3	2,19
182	94,1	46,6	23,1	2,92
183	17,5	48,2	46,8	3,27
184	27,1	48,2	45,0	1,72
185	36,6	48,2	40,0	1,57
186	46,2	48,2	49,5	1,83
187	55,8	48,2	48,8	2,15
188	65,3	48,2	43,3	2,84
189	74,9	48,2	38,8	3,19
190	84,5	48,2	27,5	2,98
191	94,1	48,2	24,1	4,94

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Postoperam Sismica Non Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0483
Coefficiente azione sismica verticale	0,0241

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

	12	88,0	19,4
	13	88,8	23,0
	14	94,9	23,3
	15	98,0	24,0
	16	102,4	26,0
	17	108,6	28,0
	18	113,6	30,0
Vertici strato .....1			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0
	4	34,2	6,0
	5	37,2	8,0
	6	43,9	10,0
	7	48,4	12,0
	8	51,3	14,0
	9	52,9	16,0
	10	70,7	19,4
	11	88,0	19,4
	12	88,8	23,0
	13	94,9	23,3
	14	98,0	24,0
	15	102,4	26,0
	16	108,6	28,0
	17	113,6	30,0
Vertici strato .....2			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0
	4	34,2	6,0
	5	37,2	8,0
	6	43,9	10,0
	7	48,4	12,0
	8	51,3	14,0
	9	70,7	17,4
	10	87,0	17,4
	11	88,0	19,4
	12	88,8	23,0
	13	94,9	23,3
	14	98,0	24,0
	15	102,4	26,0
	16	108,6	28,0
	17	113,6	30,0
Vertici strato .....3			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0
	4	34,2	6,0
	5	37,2	8,0
	6	43,9	10,0
	7	48,4	12,0
	8	50,5	13,4
	9	70,7	13,4
	10	86,0	13,4
	11	88,0	19,4
	12	88,8	23,0
	13	94,9	23,3
	14	98,0	24,0
	15	102,4	26,0
	16	108,6	28,0
	17	113,6	30,0
Vertici strato .....4			
	N	X (m)	y (m)
	1	0,0	0,0
	2	8,9	2,0
	3	18,5	4,0

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	77	18,7	87	18,7	0,6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,67
Ascissa centro superficie	50,99 m
Ordinata centro superficie	37,67 m
Raggio superficie	39,0 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	8,16
2	22,3	32,8	32,1	9,82
3	27,1	32,0	31,2	6,51
4	31,8	32,8	32,0	3,38
5	36,6	32,0	33,5	2,25
6	41,4	32,8	34,3	2,06
7	46,2	32,0	33,5	1,83
8	51,0	32,8	31,8	1,89
9	55,8	32,0	33,2	1,77
10	60,6	32,8	30,3	2,28
11	65,3	32,0	28,8	2,91
12	70,1	32,8	29,6	3,22
13	74,9	32,0	32,5	2,55
14	79,7	32,8	30,7	3,04
15	84,5	32,0	26,6	2,97
16	89,3	32,8	19,9	3,86
17	94,1	32,0	15,8	3,51
18	98,9	32,8	13,6	5,11
19	103,6	32,0	8,4	8,32
20	108,4	32,8	5,5	21,59
21	17,5	33,6	32,9	15,66
22	22,3	34,4	36,1	6,10
23	27,1	33,6	32,8	5,14
24	31,8	34,4	36,0	2,50
25	36,6	33,6	32,7	2,53
26	41,4	34,4	33,5	2,16

27	46,2	33,6	32,6	2,20
28	51,0	34,4	33,3	1,87
29	55,8	33,6	34,7	1,77
30	60,6	34,4	35,1	2,30
31	65,3	33,6	34,0	2,42
32	70,1	34,4	34,8	2,48
33	74,9	33,6	33,9	2,43
34	79,7	34,4	27,5	3,37
35	84,5	33,6	24,0	3,48
36	89,3	34,4	22,4	3,44
37	94,1	33,6	18,0	3,62
38	98,9	34,4	13,9	5,65
39	103,6	33,6	8,6	13,67
40	17,5	35,2	34,5	15,18
41	22,3	36,0	37,7	5,54
42	27,1	35,2	36,8	3,47
43	31,8	36,0	37,6	2,34
44	36,6	35,2	36,8	2,26
45	41,4	36,0	37,6	2,05
46	46,2	35,2	36,7	1,79
47	51,0	36,0	34,8	1,86
48	55,8	35,2	33,3	2,06
49	60,6	36,0	36,7	2,16
50	65,3	35,2	31,8	2,82
51	70,1	36,0	32,2	3,21
52	74,9	35,2	35,2	2,34
53	79,7	36,0	31,0	3,10
54	84,5	35,2	26,8	3,05
55	89,3	36,0	22,8	3,62
56	94,1	35,2	16,7	4,65
57	98,9	36,0	14,5	6,71
58	103,6	35,2	9,2	26,80
59	17,5	36,9	38,4	7,52
60	22,3	37,7	39,3	4,92
61	27,1	36,9	38,5	3,29
62	31,8	37,7	36,8	3,12
63	36,6	36,9	36,0	2,56
64	41,4	37,7	36,7	2,12
65	46,2	36,9	38,4	1,78
66	51,0	37,7	39,0	1,67
67	55,8	36,9	34,8	2,06
68	60,6	37,7	34,8	2,54
69	65,3	36,9	37,1	2,40
70	70,1	37,7	37,5	2,47
71	74,9	36,9	31,4	3,65
72	79,7	37,7	31,4	3,29
73	84,5	36,9	26,9	3,16
74	89,3	37,7	20,8	4,41
75	94,1	36,9	18,8	4,06
76	98,9	37,7	13,9	12,74
77	103,6	36,9	10,9	22,57
78	17,5	38,5	39,9	7,53
79	22,3	39,3	38,5	9,08
80	27,1	38,5	40,1	3,13
81	31,8	39,3	40,9	2,11
82	36,6	38,5	40,0	2,11
83	41,4	39,3	38,3	2,11
84	46,2	38,5	40,0	1,77
85	51,0	39,3	40,6	1,68
86	55,8	38,5	36,3	2,07
87	60,6	39,3	36,3	2,58
88	65,3	38,5	38,7	2,34
89	70,1	39,3	34,8	3,09
90	74,9	38,5	31,9	3,98
91	79,7	39,3	28,5	4,16
92	84,5	38,5	27,4	3,42
93	89,3	39,3	21,0	5,33
94	94,1	38,5	17,4	9,07
95	98,9	39,3	14,8	18,84
96	103,6	38,5	11,9	46,31
97	17,5	40,1	41,4	7,48
98	22,3	40,9	40,2	8,25
99	27,1	40,1	39,3	4,18
100	31,8	40,9	42,5	2,09

101	36,6	40,1	39,2	2,48
102	41,4	40,9	42,4	2,03
103	46,2	40,1	39,1	2,07
104	51,0	40,9	39,3	1,89
105	55,8	40,1	41,0	1,80
106	60,6	40,9	41,4	2,03
107	65,3	40,1	36,3	2,86
108	70,1	40,9	40,5	2,17
109	74,9	40,1	36,2	2,58
110	79,7	40,9	28,7	4,43
111	84,5	40,1	27,8	3,56
112	89,3	40,9	21,4	6,37
113	94,1	40,1	17,9	15,34
114	98,9	40,9	15,6	55,06
115	17,5	41,7	40,6	14,86
116	22,3	42,5	44,2	3,96
117	27,1	41,7	43,3	2,88
118	31,8	42,5	41,7	2,96
119	36,6	41,7	40,8	2,45
120	41,4	42,5	44,1	2,01
121	46,2	41,7	43,2	1,75
122	51,0	42,5	43,7	1,73
123	55,8	41,7	42,5	1,81
124	60,6	42,5	42,9	2,06
125	65,3	41,7	37,8	2,87
126	70,1	42,5	41,0	2,26
127	74,9	41,7	32,6	4,32
128	79,7	42,5	28,9	3,86
129	84,5	41,7	28,4	3,46
130	89,3	42,5	24,6	4,82
131	94,1	41,7	20,6	8,31
132	98,9	42,5	17,8	21,97
133	17,5	43,3	44,4	7,47
134	22,3	44,1	43,4	6,11
135	27,1	43,3	42,5	3,70
136	31,8	44,1	45,7	2,29
137	36,6	43,3	44,9	2,05
138	41,4	44,1	45,7	1,99
139	46,2	43,3	44,8	1,75
140	51,0	44,1	42,3	1,92
141	55,8	43,3	44,1	1,82
142	60,6	44,1	44,5	2,08
143	65,3	43,3	39,3	2,89
144	70,1	44,1	41,6	2,40
145	74,9	43,3	36,8	3,09
146	79,7	44,1	33,2	4,02
147	84,5	43,3	29,1	3,66
148	89,3	44,1	25,4	5,06
149	94,1	43,3	21,3	12,15
150	17,5	45,0	46,0	7,89
151	22,3	45,8	45,0	5,81
152	27,1	45,0	44,2	3,57
153	31,8	45,8	47,3	2,27
154	36,6	45,0	46,5	2,26
155	41,4	45,8	44,8	2,07
156	46,2	45,0	46,4	1,76
157	51,0	45,8	46,8	1,84
158	55,8	45,0	45,6	1,84
159	60,6	45,8	46,1	2,08
160	65,3	45,0	40,8	2,88
161	70,1	45,8	42,1	2,53
162	74,9	45,0	37,4	3,40
163	79,7	45,8	33,9	4,30
164	84,5	45,0	29,6	4,08
165	89,3	45,8	23,7	41,90
166	17,5	46,6	45,2	14,58
167	22,3	47,4	49,0	3,68
168	27,1	46,6	48,2	2,68
169	31,8	47,4	46,5	2,85
170	36,6	46,6	45,7	2,39
171	41,4	47,4	48,9	2,04
172	46,2	46,6	48,0	1,76
173	51,0	47,4	48,4	1,85
174	55,8	46,6	47,2	1,86

175	60,6	47,4	47,6	2,06
176	65,3	46,6	46,5	2,19
177	70,1	47,4	38,7	4,00
178	74,9	46,6	38,1	3,55
179	79,7	47,4	30,7	5,55
180	84,5	46,6	27,0	9,85
181	89,3	47,4	27,3	7,16
182	94,1	46,6	23,1	25,82
183	17,5	48,2	46,8	14,72
184	27,1	48,2	47,4	3,63
185	36,6	48,2	49,8	2,24
186	46,2	48,2	49,5	1,76
187	55,8	48,2	48,8	1,87
188	65,3	48,2	43,3	2,94
189	74,9	48,2	38,8	3,61
190	84,5	48,2	27,5	16,40
191	94,1	48,2	24,1	61,22

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Postoperam Sismica Drenata

Lat./Long.	42,871177/11,543077
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31,99 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113,22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	48,2 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,58	2,53	0,25
S.L.V.	475,0	1,37	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,53	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6768	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,8352	0,2	0,017	0,0085
S.L.V.	1,9728	0,24	0,0483	0,0241
S.L.C.	2,4768	0,24	0,0606	0,0303

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0483
Coefficiente azione sismica verticale	0,0241

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,9	2,0
3	18,5	4,0
4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	43,9	10,0
7	48,4	12,0
8	51,3	14,0
9	52,9	16,0
10	58,8	18,0
11	60,0	19,4

4	34,2	6,0
5	37,2	8,0
6	74,0	10,4
7	113,6	20,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	0.2	25	1650	2100,00	
2	0.2	0.4	25	1900	2100	
3	0.07	0.7	36	1900	2100	
4	0.07	1.5	36	2100	2100	
5	0.07	2	36	2100	2100	



Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	77	18,7	87	18,7	0,6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,34
Ascissa centro superficie	36,63 m
Ordinata centro superficie	38,48 m
Raggio superficie	32,69 m

Numero di superfici esaminate....(191)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	17,5	32,0	33,6	2,74
2	22,3	32,8	32,1	2,62
3	27,1	32,0	31,2	2,02
4	31,8	32,8	29,5	1,61
5	36,6	32,0	26,2	1,41
6	41,4	32,8	24,5	1,35
7	46,2	32,0	21,0	1,43
8	51,0	32,8	21,7	1,69
9	55,8	32,0	27,5	2,09
10	60,6	32,8	30,3	2,40
11	65,3	32,0	28,8	2,66
12	70,1	32,8	29,6	3,07
13	74,9	32,0	32,5	2,79
14	79,7	32,8	30,7	2,99
15	84,5	32,0	26,6	2,77
16	89,3	32,8	13,1	2,11
17	94,1	32,0	15,8	1,89
18	98,9	32,8	10,9	1,97
19	103,6	32,0	8,4	2,04
20	108,4	32,8	5,5	2,50
21	17,5	33,6	32,9	3,28
22	22,3	34,4	36,1	2,31
23	27,1	33,6	32,8	1,88
24	31,8	34,4	33,6	1,56
25	36,6	33,6	30,3	1,39
26	41,4	34,4	28,6	1,36

27	46,2	33,6	22,7	1,44
28	51,0	34,4	23,2	1,74
29	55,8	33,6	31,8	2,08
30	60,6	34,4	35,1	2,35
31	65,3	33,6	34,0	2,55
32	70,1	34,4	34,8	2,73
33	74,9	33,6	33,9	2,68
34	79,7	34,4	27,5	3,12
35	84,5	33,6	13,4	1,64
36	89,3	34,4	15,6	2,13
37	94,1	33,6	16,1	1,88
38	98,9	34,4	12,3	1,95
39	103,6	33,6	8,6	2,27
40	17,5	35,2	34,5	3,20
41	22,3	36,0	37,7	2,19
42	27,1	35,2	36,8	1,75
43	31,8	36,0	32,8	1,48
44	36,6	35,2	29,5	1,35
45	41,4	36,0	27,7	1,37
46	46,2	35,2	24,3	1,47
47	51,0	36,0	34,8	1,79
48	55,8	35,2	33,3	2,07
49	60,6	36,0	33,3	2,19
50	65,3	35,2	31,8	2,60
51	70,1	36,0	32,2	2,94
52	74,9	35,2	35,2	2,59
53	79,7	36,0	31,0	2,97
54	84,5	35,2	15,5	1,59
55	89,3	36,0	16,0	2,21
56	94,1	35,2	16,7	1,97
57	98,9	36,0	14,5	1,94
58	103,6	35,2	9,2	2,93
59	17,5	36,9	38,4	2,63
60	22,3	37,7	39,3	2,05
61	27,1	36,9	38,5	1,71
62	31,8	37,7	34,4	1,45
63	36,6	36,9	31,1	1,35
64	41,4	37,7	29,3	1,38
65	46,2	36,9	25,9	1,49
66	51,0	37,7	36,3	1,79
67	55,8	36,9	34,8	2,07
68	60,6	37,7	34,8	2,22
69	65,3	36,9	37,1	2,49
70	70,1	37,7	37,5	2,64
71	74,9	36,9	31,4	3,18
72	79,7	37,7	31,4	2,97
73	84,5	36,9	26,9	2,60
74	89,3	37,7	18,5	1,87
75	94,1	36,9	18,8	1,81
76	98,9	37,7	13,9	2,05
77	103,6	36,9	10,9	2,67
78	17,5	38,5	39,9	2,59
79	22,3	39,3	38,5	2,36
80	27,1	38,5	40,1	1,69
81	31,8	39,3	36,0	1,43
82	36,6	38,5	32,7	1,34
83	41,4	39,3	30,9	1,38
84	46,2	38,5	27,5	1,54
85	51,0	39,3	37,8	1,79
86	55,8	38,5	36,3	2,06
87	60,6	39,3	36,3	2,24
88	65,3	38,5	38,7	2,44
89	70,1	39,3	34,8	2,80
90	74,9	38,5	31,9	3,19
91	79,7	39,3	28,5	3,07
92	84,5	38,5	18,5	1,82
93	89,3	39,3	21,0	2,23
94	94,1	38,5	17,4	2,35
95	98,9	39,3	14,8	2,37
96	103,6	38,5	11,9	3,87
97	17,5	40,1	41,4	2,54
98	22,3	40,9	40,2	2,25
99	27,1	40,1	39,3	1,77
100	31,8	40,9	37,6	1,47

101	36,6	40,1	34,3	1,36
102	41,4	40,9	32,6	1,42
103	46,2	40,1	29,1	1,57
104	51,0	40,9	39,3	1,80
105	55,8	40,1	41,0	1,84
106	60,6	40,9	41,4	2,11
107	65,3	40,1	36,3	2,57
108	70,1	40,9	40,5	2,44
109	74,9	40,1	36,2	2,69
110	79,7	40,9	28,7	2,99
111	84,5	40,1	27,8	2,54
112	89,3	40,9	21,4	1,87
113	94,1	40,1	17,9	2,56
114	98,9	40,9	15,6	4,32
115	17,5	41,7	40,6	2,95
116	22,3	42,5	44,2	1,97
117	27,1	41,7	43,3	1,64
118	31,8	42,5	39,3	1,46
119	36,6	41,7	35,9	1,37
120	41,4	42,5	34,2	1,45
121	46,2	41,7	30,8	1,60
122	51,0	42,5	40,8	1,81
123	55,8	41,7	42,5	1,85
124	60,6	42,5	42,9	2,12
125	65,3	41,7	37,8	2,54
126	70,1	42,5	41,0	2,45
127	74,9	41,7	32,6	3,16
128	79,7	42,5	28,9	3,03
129	84,5	41,7	28,4	2,53
130	89,3	42,5	24,6	2,25
131	94,1	41,7	20,6	2,22
132	98,9	42,5	17,8	2,57
133	17,5	43,3	44,4	2,44
134	22,3	44,1	43,4	2,03
135	27,1	43,3	40,1	1,64
136	31,8	44,1	38,5	1,41
137	36,6	43,3	37,6	1,37
138	41,4	44,1	35,8	1,47
139	46,2	43,3	44,8	1,62
140	51,0	44,1	42,3	1,81
141	55,8	43,3	44,1	1,86
142	60,6	44,1	44,5	2,13
143	65,3	43,3	39,3	2,53
144	70,1	44,1	41,6	2,46
145	74,9	43,3	36,8	2,74
146	79,7	44,1	33,2	2,93
147	84,5	43,3	23,3	2,07
148	89,3	44,1	25,4	2,07
149	94,1	43,3	21,3	2,38
150	17,5	45,0	46,0	2,43
151	22,3	45,8	45,0	1,99
152	27,1	45,0	44,2	1,66
153	31,8	45,8	40,1	1,40
154	36,6	45,0	39,2	1,37
155	41,4	45,8	37,4	1,50
156	46,2	45,0	46,4	1,63
157	51,0	45,8	46,8	1,77
158	55,8	45,0	45,6	1,88
159	60,6	45,8	46,1	2,12
160	65,3	45,0	40,8	2,50
161	70,1	45,8	42,1	2,48
162	74,9	45,0	37,4	2,77
163	79,7	45,8	33,9	2,93
164	84,5	45,0	29,6	2,61
165	89,3	45,8	23,7	4,64
166	17,5	46,6	45,2	2,86
167	22,3	47,4	49,0	1,78
168	27,1	46,6	45,8	1,61
169	31,8	47,4	41,7	1,39
170	36,6	46,6	40,8	1,37
171	41,4	47,4	39,0	1,52
172	46,2	46,6	48,0	1,64
173	51,0	47,4	48,4	1,78
174	55,8	46,6	47,2	1,90

175	60,6	47,4	47,6	2,11
176	65,3	46,6	46,5	2,27
177	70,1	47,4	38,7	2,92
178	74,9	46,6	38,1	2,79
179	79,7	47,4	30,7	3,19
180	84,5	46,6	27,0	1,99
181	89,3	47,4	27,3	1,96
182	94,1	46,6	23,1	2,65
183	17,5	48,2	46,8	2,83
184	27,1	48,2	45,0	1,56
185	36,6	48,2	40,0	1,44
186	46,2	48,2	49,5	1,65
187	55,8	48,2	48,8	1,92
188	65,3	48,2	43,3	2,46
189	74,9	48,2	38,8	2,75
190	84,5	48,2	27,5	2,64
191	94,1	48,2	24,1	4,50

TABULATI VERIFICA DI STABILITA' CENTRALE SCAMBIO TERMICO SSTP BAGNORE

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Anteoperam Non Drenata Statica

Lat./Long.	42,84288/11,560504
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,37 m
Ascissa vertice destro superiore xs	39,47 m
Ordinata vertice destro superiore ys	17,8 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,46	2,48	0,24
S.L.D.	50,0	0,58	2,52	0,25
S.L.V.	475,0	1,36	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,71	2,52	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,69	0,2	0,0141	0,007
S.L.D.	0,87	0,2	0,0177	0,0089
S.L.V.	2,0291	0,24	0,0497	0,0248
S.L.C.	2,4561	0,24	0,0601	0,0301

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0177
Coefficiente azione sismica verticale	0,0089

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	5,0	1,0
3	18,0	2,0
4	23,0	5,5
5	33,0	6,0
6	40,0	8,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5

2	5,0	0,5
3	18,0	2,0
4	23,0	5,5
5	33,0	6,0
6	40,0	8,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,7
2	5,0	-0,7
3	18,0	0,3
4	23,0	2,0
5	33,0	4,3
6	40,0	6,3

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,0
2	5,0	-2,0
3	18,0	-1,0
4	33,0	3,0
5	40,0	5,0


Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia
1		0.2		1850	2100,00	
2		0.4		1900	2100	
3		0.7		2000	2100	
4		1.5		2100	2100	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,3
Ascissa centro superficie	19,75 m
Ordinata centro superficie	10,37 m
Raggio superficie	8,76 m

Numero di superfici esaminate....(168)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4,0	10,4	10,6	11,67
2	5,9	10,7	11,0	12,06
3	7,9	10,4	10,8	11,65
4	9,9	10,7	13,7	7,90
5	11,9	10,4	13,5	5,36
6	13,8	10,7	12,0	4,05
7	15,8	10,4	9,8	3,20
8	17,8	10,7	10,1	2,65
9	19,7	10,4	8,8	2,30
10	21,7	10,7	8,9	2,82
11	23,7	10,4	9,0	3,77
12	25,7	10,7	13,4	4,38
13	27,6	10,4	10,3	7,36
14	29,6	10,7	9,7	8,75

15	31,6	10,4	7,2	7,66
16	33,6	10,7	6,0	6,45
17	2,0	11,5	11,2	16,07
18	4,0	11,1	10,7	18,09
19	5,9	11,5	12,3	10,94
20	7,9	11,1	12,2	11,72
21	9,9	11,5	14,3	7,82
22	11,9	11,1	12,4	5,82
23	13,8	11,5	12,8	3,91
24	15,8	11,1	10,5	3,02
25	17,8	11,5	11,8	2,74
26	19,7	11,1	9,5	2,32
27	21,7	11,5	9,6	2,93
28	23,7	11,1	9,7	3,84
29	25,7	11,5	12,5	5,56
30	27,6	11,1	11,7	6,32
31	29,6	11,5	9,0	9,08
32	31,6	11,1	8,1	6,85
33	33,6	11,5	6,1	9,08
34	4,0	11,9	11,5	19,26
35	5,9	12,2	13,0	10,69
36	7,9	11,9	12,8	12,23
37	9,9	12,2	14,9	7,26
38	11,9	11,9	13,2	5,03
39	13,8	12,2	13,5	3,92
40	15,8	11,9	11,3	2,98
41	17,8	12,2	11,6	2,73
42	19,7	11,9	10,2	2,35
43	21,7	12,2	10,2	2,69
44	23,7	11,9	10,3	3,91
45	25,7	12,2	13,8	4,79
46	27,6	11,9	9,8	7,63
47	29,6	12,2	9,3	9,45
48	31,6	11,9	7,5	8,64
49	33,6	12,2	6,3	16,70
50	2,0	13,0	12,7	16,45
51	4,0	12,6	12,2	17,27
52	5,9	13,0	13,1	13,04
53	7,9	12,6	14,2	10,32
54	9,9	13,0	15,5	7,07
55	11,9	12,6	13,9	4,43
56	13,8	13,0	13,3	3,80
57	15,8	12,6	12,0	2,92
58	17,8	13,0	12,3	2,71
59	19,7	12,6	11,0	2,38
60	21,7	13,0	10,9	2,78
61	23,7	12,6	11,0	3,98
62	25,7	13,0	10,9	5,57
63	27,6	12,6	12,2	6,73
64	29,6	13,0	10,6	8,70
65	31,6	12,6	8,7	7,88
66	33,6	13,0	7,3	10,52
67	2,0	13,7	13,4	16,59
68	4,0	13,3	12,9	18,43
69	5,9	13,7	13,8	13,62
70	7,9	13,3	14,1	11,86
71	9,9	13,7	16,1	6,51
72	11,9	13,3	14,7	4,42
73	13,8	13,7	15,0	3,85
74	15,8	13,3	12,8	2,87
75	17,8	13,7	12,2	2,75
76	19,7	13,3	11,7	2,40
77	21,7	13,7	11,6	2,87
78	23,7	13,3	11,6	4,01
79	25,7	13,7	14,4	5,22
80	27,6	13,3	12,5	6,59
81	29,6	13,7	10,1	9,59
82	31,6	13,3	9,1	7,88
83	33,6	13,7	7,8	13,65
84	2,0	14,5	14,1	16,70
85	4,0	14,1	13,6	16,29
86	5,9	14,5	14,5	14,20
87	7,9	14,1	14,8	12,31
88	9,9	14,5	15,9	6,62

89	11,9	14,1	15,4	4,25
90	13,8	14,5	14,8	3,73
91	15,8	14,1	13,5	2,83
92	17,8	14,5	12,9	2,77
93	19,7	14,1	12,5	2,43
94	21,7	14,5	12,2	2,97
95	23,7	14,1	13,1	3,70
96	25,7	14,5	12,7	4,94
97	27,6	14,1	11,9	6,86
98	29,6	14,5	11,4	8,40
99	31,6	14,1	9,6	8,11
100	2,0	15,2	14,9	16,84
101	4,0	14,8	14,3	17,09
102	5,9	15,2	15,2	14,77
103	7,9	14,8	16,1	10,50
104	9,9	15,2	16,6	6,48
105	11,9	14,8	16,1	4,09
106	13,8	15,2	16,5	3,73
107	15,8	14,8	14,3	2,79
108	17,8	15,2	13,7	2,77
109	19,7	14,8	13,2	2,46
110	21,7	15,2	12,9	3,08
111	23,7	14,8	13,5	3,78
112	25,7	15,2	15,1	5,24
113	27,6	14,8	12,3	6,95
114	29,6	15,2	11,8	8,68
115	31,6	14,8	9,2	29,70
116	2,0	15,9	15,6	16,95
117	4,0	15,6	15,6	13,87
118	5,9	15,9	15,9	15,34
119	7,9	15,6	16,8	10,79
120	9,9	15,9	17,2	6,17
121	11,9	15,6	16,9	3,93
122	13,8	15,9	15,4	3,68
123	15,8	15,6	15,0	2,79
124	17,8	15,9	14,4	2,78
125	19,7	15,6	13,9	2,50
126	21,7	15,9	13,5	3,21
127	23,7	15,6	12,9	4,07
128	25,7	15,9	14,5	5,53
129	27,6	15,6	13,6	6,88
130	29,6	15,9	11,4	14,04
131	31,6	15,6	10,5	11,21
132	4,0	16,3	16,3	14,20
133	5,9	16,7	16,6	15,95
134	7,9	16,3	17,5	10,67
135	9,9	16,7	17,9	5,90
136	11,9	16,3	17,5	3,92
137	13,8	16,7	16,2	3,61
138	15,8	16,3	15,7	2,78
139	17,8	16,7	15,1	2,80
140	19,7	16,3	14,6	2,55
141	21,7	16,7	16,1	3,34
142	23,7	16,3	15,4	3,92
143	25,7	16,7	14,9	4,94
144	27,6	16,3	13,2	8,33
145	29,6	16,7	12,7	8,51
146	2,0	17,4	17,1	17,12
147	4,0	17,1	17,0	14,51
148	5,9	17,4	17,3	16,49
149	7,9	17,1	17,5	11,61
150	9,9	17,4	18,5	5,68
151	11,9	17,1	18,2	3,94
152	13,8	17,4	16,9	3,51
153	15,8	17,1	16,5	2,77
154	17,8	17,4	15,9	2,81
155	19,7	17,1	15,2	2,61
156	21,7	17,4	16,5	3,30
157	23,7	17,1	15,8	3,82
158	25,7	17,4	15,4	5,49
159	27,6	17,1	14,5	6,23
160	29,6	17,4	12,4	23,23
161	31,6	17,1	11,6	17,26
162	4,0	17,8	17,7	14,81

163	7,9	17,8	18,2	11,14
164	11,9	17,8	18,8	3,96
165	15,8	17,8	17,2	2,76
166	19,7	17,8	15,9	2,64
167	23,7	17,8	16,2	4,18
168	27,6	17,8	14,1	9,25

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) Condizione Anteoperam Non Drenata Sismica

Lat./Long.	42,84288/11,560504
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,37 m
Ascissa vertice destro superiore xs	39,47 m
Ordinata vertice destro superiore ys	17,8 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,46	2,48	0,24
S.L.D.	50,0	0,58	2,52	0,25
S.L.V.	475,0	1,36	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,71	2,52	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,69	0,2	0,0141	0,007
S.L.D.	0,87	0,2	0,0177	0,0089
S.L.V.	2,0291	0,24	0,0497	0,0248
S.L.C.	2,4561	0,24	0,0601	0,0301

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0497
Coefficiente azione sismica verticale	0,0248

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	5,0	1,0
3	18,0	2,0
4	23,0	5,5
5	33,0	6,0
6	40,0	8,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5

2	5,0	0,5
3	18,0	2,0
4	23,0	5,5
5	33,0	6,0
6	40,0	8,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,7
2	5,0	-0,7
3	18,0	0,3
4	23,0	2,0
5	33,0	4,3
6	40,0	6,3

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,0
2	5,0	-2,0
3	18,0	-1,0
4	33,0	3,0
5	40,0	5,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia
1		0.2		1850	2100,00	
2		0.4		1900	2100	
3		0.7		2000	2100	
4		1.5		2100	2100	



Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,11
Ascissa centro superficie	19,75 m
Ordinata centro superficie	10,37 m
Raggio superficie	8,76 m

Numero di superfici esaminate....(168)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4,0	10,4	10,6	9,53
2	5,9	10,7	11,0	9,47
3	7,9	10,4	10,8	8,84
4	9,9	10,7	13,7	6,67
5	11,9	10,4	13,5	4,71
6	13,8	10,7	12,0	3,63
7	15,8	10,4	9,8	2,94
8	17,8	10,7	10,1	2,43
9	19,7	10,4	8,8	2,11
10	21,7	10,7	8,9	2,53
11	23,7	10,4	7,9	3,27
12	25,7	10,7	13,4	3,86
13	27,6	10,4	10,3	6,21
14	29,6	10,7	9,7	7,23

15	31,6	10,4	7,2	6,41
16	33,6	10,7	6,0	5,66
17	2,0	11,5	11,2	13,66
18	4,0	11,1	10,7	14,70
19	5,9	11,5	12,3	8,65
20	7,9	11,1	12,2	9,01
21	9,9	11,5	14,3	6,64
22	11,9	11,1	12,4	5,00
23	13,8	11,5	12,8	3,50
24	15,8	11,1	10,5	2,78
25	17,8	11,5	11,8	2,48
26	19,7	11,1	9,5	2,12
27	21,7	11,5	9,6	2,62
28	23,7	11,1	9,7	3,33
29	25,7	11,5	12,5	4,83
30	27,6	11,1	11,7	5,41
31	29,6	11,5	9,0	7,13
32	31,6	11,1	8,1	5,76
33	33,6	11,5	6,1	8,03
34	4,0	11,9	11,5	15,61
35	5,9	12,2	13,0	8,44
36	7,9	11,9	12,8	9,39
37	9,9	12,2	14,9	6,20
38	11,9	11,9	13,2	4,37
39	13,8	12,2	13,5	3,51
40	15,8	11,9	11,3	2,74
41	17,8	12,2	11,6	2,49
42	19,7	11,9	10,2	2,14
43	21,7	12,2	10,2	2,40
44	23,7	11,9	10,3	3,38
45	25,7	12,2	13,8	4,19
46	27,6	11,9	9,8	6,08
47	29,6	12,2	9,3	7,52
48	31,6	11,9	7,5	7,22
49	33,6	12,2	6,3	14,92
50	2,0	13,0	12,7	13,91
51	4,0	12,6	12,2	13,96
52	5,9	13,0	13,1	10,19
53	7,9	12,6	14,2	7,99
54	9,9	13,0	15,5	6,08
55	11,9	12,6	13,9	3,89
56	13,8	13,0	13,3	3,42
57	15,8	12,6	12,0	2,67
58	17,8	13,0	12,3	2,47
59	19,7	12,6	11,0	2,16
60	21,7	13,0	10,9	2,47
61	23,7	12,6	11,0	3,44
62	25,7	13,0	10,9	4,59
63	27,6	12,6	12,2	5,70
64	29,6	13,0	10,6	7,05
65	31,6	12,6	8,7	6,63
66	33,6	13,0	7,3	9,35
67	2,0	13,7	13,4	13,99
68	4,0	13,3	12,9	14,86
69	5,9	13,7	13,8	10,62
70	7,9	13,3	14,1	9,10
71	9,9	13,7	16,1	5,61
72	11,9	13,3	14,7	3,89
73	13,8	13,7	15,0	3,43
74	15,8	13,3	12,8	2,62
75	17,8	13,7	12,2	2,53
76	19,7	13,3	11,7	2,18
77	21,7	13,7	11,6	2,54
78	23,7	13,3	11,6	3,45
79	25,7	13,7	14,4	4,53
80	27,6	13,3	12,5	5,55
81	29,6	13,7	10,1	7,60
82	31,6	13,3	9,1	6,64
83	33,6	13,7	7,8	12,19
84	2,0	14,5	14,1	14,06
85	4,0	14,1	13,6	13,11
86	5,9	14,5	14,5	11,06
87	7,9	14,1	14,8	9,43
88	9,9	14,5	15,9	5,59

89	11,9	14,1	15,4	3,74
90	13,8	14,5	14,8	3,35
91	15,8	14,1	13,5	2,58
92	17,8	14,5	12,9	2,54
93	19,7	14,1	12,5	2,20
94	21,7	14,5	12,2	2,62
95	23,7	14,1	13,1	3,21
96	25,7	14,5	12,7	4,14
97	27,6	14,1	11,9	5,58
98	29,6	14,5	11,4	6,74
99	31,6	14,1	9,6	6,85
100	2,0	15,2	14,9	14,13
101	4,0	14,8	14,3	13,72
102	5,9	15,2	15,2	11,49
103	7,9	14,8	16,1	8,11
104	9,9	15,2	16,6	5,51
105	11,9	14,8	16,1	3,60
106	13,8	15,2	16,5	3,32
107	15,8	14,8	14,3	2,54
108	17,8	15,2	13,7	2,54
109	19,7	14,8	13,2	2,22
110	21,7	15,2	12,9	2,71
111	23,7	14,8	13,5	3,27
112	25,7	15,2	15,1	4,52
113	27,6	14,8	12,3	5,61
114	29,6	15,2	11,8	7,01
115	31,6	14,8	9,2	25,16
116	2,0	15,9	15,6	14,19
117	4,0	15,6	15,6	11,18
118	5,9	15,9	15,9	11,92
119	7,9	15,6	16,8	8,33
120	9,9	15,9	17,2	5,29
121	11,9	15,6	16,9	3,46
122	13,8	15,9	16,3	3,33
123	15,8	15,6	15,0	2,54
124	17,8	15,9	14,4	2,54
125	19,7	15,6	13,9	2,26
126	21,7	15,9	13,5	2,82
127	23,7	15,6	12,9	3,46
128	25,7	15,9	14,5	4,69
129	27,6	15,6	13,6	5,70
130	29,6	15,9	11,4	11,04
131	31,6	15,6	10,5	9,53
132	4,0	16,3	16,3	11,43
133	5,9	16,7	16,6	12,37
134	7,9	16,3	17,5	8,24
135	9,9	16,7	17,9	5,09
136	11,9	16,3	17,5	3,47
137	13,8	16,7	16,2	3,27
138	15,8	16,3	15,7	2,52
139	17,8	16,7	15,1	2,55
140	19,7	16,3	14,6	2,30
141	21,7	16,7	16,1	2,93
142	23,7	16,3	15,4	3,40
143	25,7	16,7	14,9	4,17
144	27,6	16,3	13,2	6,62
145	29,6	16,7	12,7	6,88
146	2,0	17,4	17,1	14,27
147	4,0	17,1	17,0	11,67
148	5,9	17,4	17,3	12,77
149	7,9	17,1	17,5	8,87
150	9,9	17,4	18,5	4,93
151	11,9	17,1	18,2	3,48
152	13,8	17,4	16,9	3,18
153	15,8	17,1	16,5	2,51
154	17,8	17,4	15,9	2,55
155	19,7	17,1	15,2	2,34
156	21,7	17,4	16,5	2,90
157	23,7	17,1	15,8	3,30
158	25,7	17,4	15,4	4,61
159	27,6	17,1	14,5	5,12
160	29,6	17,4	12,4	18,03
161	31,6	17,1	11,6	14,83
162	4,0	17,8	17,7	11,89

163	7,9	17,8	18,2	8,50
164	11,9	17,8	18,8	3,50
165	15,8	17,8	17,2	2,50
166	19,7	17,8	15,9	2,37
167	23,7	17,8	16,2	3,60
168	27,6	17,8	14,1	7,20

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955) Condizione Postoperam Non Drenata Statica

Lat./Long.	42,84288/11,560504
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,37 m
Ascissa vertice destro superiore xs	39,47 m
Ordinata vertice destro superiore ys	17,8 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,46	2,48	0,24
S.L.D.	50,0	0,58	2,52	0,25
S.L.V.	475,0	1,36	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,71	2,52	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,69	0,2	0,0141	0,007
S.L.D.	0,87	0,2	0,0177	0,0089
S.L.V.	2,0291	0,24	0,0497	0,0248
S.L.C.	2,4561	0,24	0,0601	0,0301

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0177
Coefficiente azione sismica verticale	0,0089

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	5,0	1,0
3	18,0	1,0
4	21,0	1,0
5	21,0	4,0
6	23,0	5,5
7	33,0	6,0
8	40,0	8,0

Vertici strato1

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-0,5
2	5,0	0,5
3	9,3	1,0
4	21,0	1,0
5	21,0	4,0
6	23,0	5,5
7	33,0	6,0
8	40,0	8,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,7
2	5,0	-0,7
3	18,0	0,3
4	20,1	1,0
5	21,0	1,0
6	21,0	1,3
7	23,0	2,0
8	33,0	4,3
9	40,0	6,3

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,0
2	5,0	-2,0
3	18,0	-1,0
4	33,0	3,0
5	40,0	5,0


Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1		0.2		1850	2100,00	
2		0.4		1900	2100	
3		0.7		2000	2100	
4		1.5		2100	2100	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	21,16	1,03	1	1	3	0,3	0,3	2600

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,38
Ascissa centro superficie	17,78 m
Ordinata centro superficie	12,23 m
Raggio superficie	11,1 m

Numero di superfici esaminate....(167)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4,0	10,4	10,6	16,39

2	5,9	10,7	10,4	20,00
3	7,9	10,4	10,1	20,00
4	9,9	10,7	11,1	20,00
5	11,9	10,4	13,5	11,09
6	13,8	10,7	13,8	7,19
7	15,8	10,4	11,6	5,49
8	17,8	10,7	9,1	1,96
9	19,7	10,4	9,2	1,80
10	21,7	10,7	9,1	2,46
11	23,7	10,4	8,5	3,55
12	25,7	10,7	12,2	5,75
13	27,6	10,4	10,3	8,35
14	29,6	10,7	7,6	12,44
15	31,6	10,4	7,3	8,69
16	33,6	10,7	6,1	7,50
17	2,0	11,5	11,2	16,57
18	4,0	11,1	10,7	20,00
19	5,9	11,5	12,3	19,85
20	7,9	11,1	10,7	20,00
21	9,9	11,5	11,7	20,00
22	11,9	11,1	12,4	20,00
23	13,8	11,5	12,8	6,64
24	15,8	11,1	12,2	4,16
25	17,8	11,5	9,4	2,31
26	19,7	11,1	9,6	1,49
27	21,7	11,5	9,5	2,06
28	23,7	11,1	10,1	3,14
29	25,7	11,5	13,6	5,22
30	27,6	11,1	11,6	7,54
31	29,6	11,5	8,9	10,10
32	31,6	11,1	8,2	7,81
33	33,6	11,5	6,8	6,42
34	4,0	11,9	11,5	20,00
35	5,9	12,2	11,8	20,00
36	7,9	11,9	11,4	20,00
37	9,9	12,2	12,4	20,00
38	11,9	11,9	15,0	9,12
39	13,8	12,2	13,5	6,36
40	15,8	11,9	12,7	4,25
41	17,8	12,2	11,1	1,38
42	19,7	11,9	10,1	1,76
43	21,7	12,2	9,9	2,34
44	23,7	11,9	10,5	3,16
45	25,7	12,2	10,4	5,35
46	27,6	11,9	10,8	9,01
47	29,6	12,2	9,2	11,06
48	31,6	11,9	7,4	9,37
49	33,6	12,2	6,4	14,40
50	2,0	13,0	12,7	17,12
51	4,0	12,6	12,2	20,00
52	5,9	13,0	12,5	20,00
53	7,9	12,6	12,1	20,00
54	9,9	13,0	13,0	20,00
55	11,9	12,6	15,7	8,24
56	13,8	13,0	14,1	5,66
57	15,8	12,6	13,2	3,86
58	17,8	13,0	11,6	1,71
59	19,7	12,6	10,5	1,99
60	21,7	13,0	10,4	2,69
61	23,7	12,6	11,0	3,53
62	25,7	13,0	14,1	5,66
63	27,6	12,6	12,2	7,65
64	29,6	13,0	10,6	9,80
65	31,6	12,6	7,8	12,06
66	33,6	13,0	7,4	10,37
67	2,0	13,7	13,4	17,45
68	4,0	13,3	12,9	20,00
69	5,9	13,7	13,2	20,00
70	7,9	13,3	12,7	20,00
71	9,9	13,7	13,7	20,00
72	11,9	13,3	15,6	10,35
73	13,8	13,7	14,6	5,83
74	15,8	13,3	13,8	4,02
75	17,8	13,7	12,0	1,92

76	19,7	13,3	11,0	2,28
77	21,7	13,7	12,6	2,45
78	23,7	13,3	11,3	3,77
79	25,7	13,7	12,1	4,62
80	27,6	13,3	12,5	7,31
81	29,6	13,7	10,9	9,15
82	31,6	13,3	9,1	7,78
83	2,0	14,5	14,1	17,72
84	4,0	14,1	13,6	20,00
85	5,9	14,5	13,9	20,00
86	7,9	14,1	13,4	20,00
87	9,9	14,5	14,3	20,00
88	11,9	14,1	16,3	9,40
89	13,8	14,5	17,4	6,06
90	15,8	14,1	13,0	1,90
91	17,8	14,5	12,5	2,19
92	19,7	14,1	11,4	2,66
93	21,7	14,5	13,1	2,65
94	23,7	14,1	12,9	3,30
95	25,7	14,5	13,5	5,66
96	27,6	14,1	12,8	8,18
97	29,6	14,5	11,3	9,57
98	31,6	14,1	8,6	20,00
99	2,0	15,2	14,9	17,99
100	4,0	14,8	14,3	20,00
101	5,9	15,2	14,6	20,00
102	7,9	14,8	14,8	20,00
103	9,9	15,2	15,8	20,00
104	11,9	14,8	17,9	7,04
105	13,8	15,2	18,0	5,97
106	15,8	14,8	13,5	2,14
107	17,8	15,2	12,9	2,54
108	19,7	14,8	13,6	2,03
109	21,7	15,2	13,6	2,79
110	23,7	14,8	13,1	3,70
111	25,7	15,2	13,7	4,94
112	27,6	14,8	13,2	7,36
113	29,6	15,2	10,8	13,28
114	31,6	14,8	9,1	20,00
115	2,0	15,9	15,6	18,25
116	4,0	15,6	15,1	20,00
117	5,9	15,9	15,3	20,00
118	7,9	15,6	15,5	20,00
119	9,9	15,9	16,5	20,00
120	11,9	15,6	18,6	7,21
121	13,8	15,9	17,4	6,17
122	15,8	15,6	13,9	2,45
123	17,8	15,9	13,4	3,02
124	19,7	15,6	14,1	2,09
125	21,7	15,9	14,1	2,77
126	23,7	15,6	13,3	3,88
127	25,7	15,9	14,0	4,95
128	27,6	15,6	13,6	6,87
129	29,6	15,9	11,3	16,29
130	31,6	15,6	10,5	12,33
131	4,0	16,3	15,8	20,00
132	5,9	16,7	16,0	20,00
133	7,9	16,3	16,2	20,00
134	9,9	16,7	17,0	20,00
135	11,9	16,3	18,0	8,14
136	13,8	16,7	18,0	5,28
137	15,8	16,3	14,4	2,87
138	17,8	16,7	15,5	1,51
139	19,7	16,3	14,7	1,85
140	21,7	16,7	14,3	2,67
141	23,7	16,3	15,1	3,38
142	25,7	16,7	14,3	5,65
143	27,6	16,3	13,1	9,41
144	29,6	16,7	12,7	9,28
145	2,0	17,4	17,1	18,74
146	4,0	17,1	16,5	20,00
147	5,9	17,4	16,7	20,00
148	7,9	17,1	16,9	20,00
149	9,9	17,4	17,4	20,00

150	11,9	17,1	18,5	7,18
151	13,8	17,4	18,6	4,82
152	15,8	17,1	14,8	3,45
153	17,8	17,4	16,1	1,76
154	19,7	17,1	15,2	2,03
155	21,7	17,4	16,5	3,28
156	23,7	17,1	15,4	3,60
157	25,7	17,4	15,9	5,27
158	27,6	17,1	13,5	8,82
159	29,6	17,4	12,3	20,00
160	4,0	17,8	17,2	20,00
161	7,9	17,8	17,6	20,00
162	11,9	17,8	20,2	7,45
163	15,8	17,8	18,5	3,86
164	19,7	17,8	15,7	2,24
165	23,7	17,8	15,7	3,99
166	27,6	17,8	14,8	7,81
167	31,6	17,8	12,1	20,00

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955) Condizione Postoperam Non Drenata Sismica

Lat./Long.	42,84288/11,560504
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,37 m
Ascissa vertice destro superiore xs	39,47 m
Ordinata vertice destro superiore ys	17,8 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,46	2,48	0,24
S.L.D.	50,0	0,58	2,52	0,25
S.L.V.	475,0	1,36	2,5	0,28
S.L.C.	975,0	1,71	2,52	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,69	0,2	0,0141	0,007
S.L.D.	0,87	0,2	0,0177	0,0089
S.L.V.	2,0291	0,24	0,0497	0,0248
S.L.C.	2,4561	0,24	0,0601	0,0301

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0497
Coefficiente azione sismica verticale	0,0248

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	5,0	1,0
3	18,0	1,0
4	21,0	1,0
5	21,0	4,0
6	23,0	5,5
7	33,0	6,0
8	40,0	8,0

Vertici strato1

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-0,5
2	5,0	0,5
3	9,3	1,0
4	21,0	1,0
5	21,0	4,0
6	23,0	5,5
7	33,0	6,0
8	40,0	8,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,7
2	5,0	-0,7
3	18,0	0,3
4	20,1	1,0
5	21,0	1,0
6	21,0	1,3
7	23,0	2,0
8	33,0	4,3
9	40,0	6,3

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,0
2	5,0	-2,0
3	18,0	-1,0
4	33,0	3,0
5	40,0	5,0


Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1		0.2		1850	2100,00	
2		0.4		1900	2100	
3		0.7		2000	2100	
4		1.5		2100	2100	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	21,16	1,03	1	1	3	0,3	0,3	2600

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,29
Ascissa centro superficie	17,78 m
Ordinata centro superficie	12,23 m
Raggio superficie	11,1 m

Numero di superfici esaminate....(167)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4,0	10,4	10,6	12,72

2	5,9	10,7	11,0	15,50
3	7,9	10,4	11,6	18,09
4	9,9	10,7	11,1	20,00
5	11,9	10,4	13,5	9,01
6	13,8	10,7	13,8	6,13
7	15,8	10,4	11,6	4,90
8	17,8	10,7	9,1	1,85
9	19,7	10,4	9,2	1,66
10	21,7	10,7	9,1	2,22
11	23,7	10,4	8,5	3,08
12	25,7	10,7	12,2	4,89
13	27,6	10,4	10,3	6,74
14	29,6	10,7	7,6	9,20
15	31,6	10,4	7,3	6,99
16	33,6	10,7	6,1	6,46
17	2,0	11,5	11,2	14,00
18	4,0	11,1	10,7	18,50
19	5,9	11,5	12,3	13,76
20	7,9	11,1	12,2	17,95
21	9,9	11,5	11,7	20,00
22	11,9	11,1	12,4	20,00
23	13,8	11,5	12,8	5,76
24	15,8	11,1	12,2	3,72
25	17,8	11,5	9,4	2,17
26	19,7	11,1	9,6	1,37
27	21,7	11,5	9,5	1,86
28	23,7	11,1	10,1	2,73
29	25,7	11,5	13,6	4,47
30	27,6	11,1	11,6	6,17
31	29,6	11,5	8,9	7,68
32	31,6	11,1	8,2	6,33
33	33,6	11,5	6,8	5,55
34	4,0	11,9	11,5	19,86
35	5,9	12,2	13,0	14,00
36	7,9	11,9	12,8	18,83
37	9,9	12,2	12,4	20,00
38	11,9	11,9	15,0	7,55
39	13,8	12,2	13,5	5,55
40	15,8	11,9	12,7	3,81
41	17,8	12,2	11,1	1,29
42	19,7	11,9	10,1	1,63
43	21,7	12,2	9,9	2,10
44	23,7	11,9	10,5	2,76
45	25,7	12,2	10,4	4,39
46	27,6	11,9	9,7	6,88
47	29,6	12,2	9,2	8,45
48	31,6	11,9	7,4	7,67
49	33,6	12,2	6,4	12,80
50	2,0	13,0	12,7	14,37
51	4,0	12,6	12,2	19,70
52	5,9	13,0	13,1	18,31
53	7,9	12,6	14,2	14,85
54	9,9	13,0	13,0	20,00
55	11,9	12,6	15,7	6,89
56	13,8	13,0	14,1	4,96
57	15,8	12,6	13,2	3,47
58	17,8	13,0	11,6	1,60
59	19,7	12,6	10,5	1,83
60	21,7	13,0	10,4	2,40
61	23,7	12,6	11,0	3,07
62	25,7	13,0	14,1	4,84
63	27,6	12,6	12,2	6,31
64	29,6	13,0	10,6	7,63
65	31,6	12,6	7,8	9,94
66	33,6	13,0	7,4	9,15
67	2,0	13,7	13,4	14,58
68	4,0	13,3	12,9	19,87
69	5,9	13,7	13,8	19,29
70	7,9	13,3	14,1	19,83
71	9,9	13,7	13,7	20,00
72	11,9	13,3	15,6	8,60
73	13,8	13,7	14,6	5,10
74	15,8	13,3	13,8	3,62
75	17,8	13,7	12,0	1,79

76	19,7	13,3	11,0	2,09
77	21,7	13,7	12,6	2,19
78	23,7	13,3	11,3	3,25
79	25,7	13,7	12,1	3,86
80	27,6	13,3	12,5	6,00
81	29,6	13,7	10,9	7,13
82	31,6	13,3	9,1	6,44
83	2,0	14,5	14,1	14,76
84	4,0	14,1	13,6	17,16
85	5,9	14,5	13,9	20,00
86	7,9	14,1	13,4	20,00
87	9,9	14,5	15,9	19,74
88	11,9	14,1	16,3	7,89
89	13,8	14,5	17,4	5,22
90	15,8	14,1	13,0	1,79
91	17,8	14,5	12,5	2,04
92	19,7	14,1	11,4	2,43
93	21,7	14,5	13,1	2,37
94	23,7	14,1	12,9	2,85
95	25,7	14,5	12,3	4,68
96	27,6	14,1	12,8	6,69
97	29,6	14,5	11,3	7,47
98	31,6	14,1	8,6	19,41
99	2,0	15,2	14,9	14,94
100	4,0	14,8	14,3	18,17
101	5,9	15,2	14,6	20,00
102	7,9	14,8	16,1	15,82
103	9,9	15,2	15,8	20,00
104	11,9	14,8	17,9	5,99
105	13,8	15,2	18,0	5,15
106	15,8	14,8	13,5	2,01
107	17,8	15,2	12,9	2,35
108	19,7	14,8	13,6	1,85
109	21,7	15,2	13,6	2,47
110	23,7	14,8	13,1	3,20
111	25,7	15,2	13,7	4,16
112	27,6	14,8	13,2	5,99
113	29,6	15,2	10,8	10,25
114	31,6	14,8	9,1	20,00
115	2,0	15,9	15,6	15,10
116	4,0	15,6	15,6	15,64
117	5,9	15,9	15,3	20,00
118	7,9	15,6	16,8	16,31
119	9,9	15,9	16,5	20,00
120	11,9	15,6	18,6	6,15
121	13,8	15,9	17,4	5,37
122	15,8	15,6	13,9	2,29
123	17,8	15,9	13,4	2,79
124	19,7	15,6	14,1	1,90
125	21,7	15,9	14,1	2,47
126	23,7	15,6	13,3	3,33
127	25,7	15,9	14,0	4,13
128	27,6	15,6	13,6	5,57
129	29,6	15,9	11,3	12,56
130	31,6	15,6	10,5	10,40
131	4,0	16,3	16,3	16,11
132	5,9	16,7	16,0	20,00
133	7,9	16,3	17,5	16,80
134	9,9	16,7	17,0	20,00
135	11,9	16,3	18,0	6,93
136	13,8	16,7	18,0	4,62
137	15,8	16,3	14,4	2,68
138	17,8	16,7	15,5	1,39
139	19,7	16,3	14,7	1,68
140	21,7	16,7	14,3	2,36
141	23,7	16,3	15,1	2,92
142	25,7	16,7	14,3	4,65
143	27,6	16,3	13,1	7,29
144	29,6	16,7	12,7	7,37
145	2,0	17,4	17,1	15,40
146	4,0	17,1	17,0	16,61
147	5,9	17,4	16,7	20,00
148	7,9	17,1	18,2	17,29
149	9,9	17,4	17,4	20,00

150	11,9	17,1	18,5	6,12
151	13,8	17,4	18,6	4,22
152	15,8	17,1	14,8	3,22
153	17,8	17,4	16,1	1,62
154	19,7	17,1	15,2	1,84
155	21,7	17,4	16,5	2,87
156	23,7	17,1	15,4	3,12
157	25,7	17,4	15,9	4,47
158	27,6	17,1	13,5	6,78
159	29,6	17,4	12,3	20,00
160	4,0	17,8	17,7	17,05
161	7,9	17,8	18,2	18,22
162	11,9	17,8	20,2	6,35
163	15,8	17,8	18,5	3,43
164	19,7	17,8	15,7	2,02
165	23,7	17,8	15,7	3,43
166	27,6	17,8	14,8	6,25
167	31,6	17,8	12,1	20,00

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Localita':	
--	--

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

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1.8
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ...DP1SSTS1

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 8.40 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	1	0.853	6.96	8.16	0.35	0.41
0.60	1	0.847	6.40	7.56	0.32	0.38
0.90	1	0.842	6.36	7.56	0.32	0.38
1.20	5	0.836	31.61	37.80	1.58	1.89
1.50	1	0.831	5.86	7.05	0.29	0.35
1.80	3	0.826	17.46	21.14	0.87	1.06
2.10	2	0.822	11.58	14.09	0.58	0.70
2.40	1	0.817	5.76	7.05	0.29	0.35
2.70	4	0.813	21.44	26.38	1.07	1.32
3.00	3	0.809	16.00	19.79	0.80	0.99
3.30	2	0.805	10.61	13.19	0.53	0.66
3.60	4	0.801	19.86	24.80	0.99	1.24
3.90	3	0.797	14.83	18.60	0.74	0.93
4.20	3	0.794	14.76	18.60	0.74	0.93
4.50	4	0.790	18.49	23.40	0.92	1.17
4.80	3	0.787	13.81	17.55	0.69	0.88
5.10	3	0.784	13.76	17.55	0.69	0.88
5.40	5	0.781	22.84	29.24	1.14	1.46
5.70	5	0.778	21.54	27.68	1.08	1.38
6.00	7	0.775	30.05	38.75	1.50	1.94
6.30	11	0.773	47.06	60.89	2.35	3.04
6.60	12	0.770	48.57	63.05	2.43	3.15
6.90	12	0.768	48.42	63.05	2.42	3.15
7.20	12	0.766	48.27	63.05	2.41	3.15
7.50	15	0.713	53.51	75.00	2.68	3.75
7.80	12	0.761	45.68	60.00	2.28	3.00
8.10	50	0.559	139.81	250.00	6.99	12.50
8.40	50	0.557	139.31	250.00	6.97	12.50

Prof. Strato	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction	Peso unita' di	Peso unita' di	Tensione	Coeff. di	NSPT	Descrizione
--------------	------	--------------------------	------	---------------	----------------	----------------	----------	-----------	------	-------------

(m)		)		(%)	volume (t/m ³)	volume satur (t/m ³)	efficace (Kg/cm ²)	correlaz . con Nspt		
2.4	1.88	13.8	Coesivo	0	1.66	1.86	0.2	1.8	3.38	
5.1	3.22	19.98	Coesivo	0	1.8	1.89	0.64	1.8	5.8	
6	5.67	31.89	Coesivo	0	1.97	2.17	0.93	1.8	10.21	
7.8	12.33	64.17	Coesivo	0	2.11	2.15	1.08	1.8	22.19	
8.4	50	250	Coesivo	0	2.5	2.5	1.54	1.8	90	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPISSTSI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi- Peck	Sangl erat	Terza ghi- Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schm ertma nn 1975	SUN DA (1983) Benas si e Vanne lli	Fletch er (1965) Argill a di Chica go	Houst on (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	3.38	2.40	0.21	0.42	0.15 - 0.25	0.14	0.33	0.41	0.31	0.69	0.17	0.32	0.42
[2] -	5.8	5.10	0.36	0.73	0.25 - 0.50	0.24	0.57	0.60	0.52	0.87	0.29	0.38	0.73
[3] -	10.21	6.00	0.69	1.28	0.50 - 1.00	0.41	1.00	0.96	0.90	1.22	0.51	0.98	1.28
[4] -	22.19	7.80	1.50	2.77	1.00 - 2.00	0.85	2.20	1.93	1.86	2.29	1.11	2.79	2.77
[5] -	90	8.40	6.08	11.25	0.00	2.70	9.07	7.50	5.30	11.79	4.50	14.57	11.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	3.38	2.40	Robertson (1983)	6.76
[2] -	5.8	5.10	Robertson (1983)	11.60
[3] -	10.21	6.00	Robertson (1983)	20.42
[4] -	22.19	7.80	Robertson (1983)	44.38
[5] -	90	8.40	Robertson (1983)	180.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	3.38	2.40	15.51	50.70	36.27	42.25

[2] -	5.8	5.10	26.61	87.00	60.95	72.50
[3] -	10.21	6.00	46.84	--	105.93	102.10
[4] -	22.19	7.80	101.81	--	228.12	221.90
[5] -	90	8.40	412.92	--	919.74	900.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	3.38	2.40	18.47	33.80
[2] -	5.8	5.10	46.30	58.00
[3] -	10.21	6.00	97.02	102.10
[4] -	22.19	7.80	234.79	221.90
[5] -	90	8.40	1014.60	900.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	3.38	2.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	5.8	5.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	10.21	6.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	22.19	7.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] -	90	8.40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	3.38	2.40	Meyerhof	1.66
[2] -	5.8	5.10	Meyerhof	1.80
[3] -	10.21	6.00	Meyerhof	1.97
[4] -	22.19	7.80	Meyerhof	2.11
[5] -	90	8.40	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	3.38	2.40	Meyerhof	1.86
[2] -	5.8	5.10	Meyerhof	1.89
[3] -	10.21	6.00	Meyerhof	2.17
[4] -	22.19	7.80	Meyerhof	2.15
[5] -	90	8.40	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	3.38	2.40		0
[2] -	5.8	5.10		0
[3] -	10.21	6.00		0
[4] -	22.19	7.80		0
[5] -	90	8.40		0

PROVA ...PD2SSTS2

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 6.30 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	3	0.853	20.87	24.47	1.04	1.22
0.60	3	0.847	19.21	22.68	0.96	1.13
0.90	1	0.842	6.36	7.56	0.32	0.38
1.20	3	0.836	18.97	22.68	0.95	1.13
1.50	16	0.781	88.06	112.72	4.40	5.64
1.80	22	0.726	112.58	154.99	5.63	7.75
2.10	31	0.672	146.69	218.40	7.33	10.92
2.40	31	0.667	145.71	218.40	7.29	10.92
2.70	35	0.663	153.01	230.85	7.65	11.54
3.00	37	0.659	160.74	244.04	8.04	12.20
3.30	35	0.655	151.13	230.85	7.56	11.54
3.60	27	0.701	117.32	167.40	5.87	8.37
3.90	27	0.697	116.71	167.40	5.84	8.37
4.20	22	0.694	94.62	136.40	4.73	6.82
4.50	14	0.740	60.62	81.89	3.03	4.09
4.80	12	0.787	55.25	70.19	2.76	3.51
5.10	4	0.784	18.34	23.40	0.92	1.17
5.40	27	0.681	107.55	157.92	5.38	7.90
5.70	30	0.678	112.63	166.07	5.63	8.30
6.00	50	0.575	159.28	276.78	7.96	13.84
6.30	50	0.573	158.56	276.78	7.93	13.84

Prof. Strato	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction	Peso unita' di	Peso unita' di	Tension e	Coeff. di	NSPT	Descrizi one
-----------------	------	-----------------------------	------	------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------	------	-----------------

(m)		)		(%)	volume (t/m ³)	volume satur (t/m ³)	efficace (Kg/cm ²)	correlaz . con Nspt		
1.2	2.5	19.35	Coesivo	0	1.73	1.87	0.1	1.8	4.5	
4.2	28.3	188.14	Coesivo	0	2.5	2.5	0.58	1.8	50.94	
5.1	10	58.49	Coesivo	0	2.09	2.3	1.05	1.8	18	
5.7	28.5	162	Coesivo	0	2.5	2.5	1.22	1.8	51.3	
6.3	50	276.79	Coesivo	0	2.5	2.5	1.37	1.8	90	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD2SSTS2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi- Peck	Sangl erat	Terza ghi- Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schm ertma nn 1975	SUN DA (1983) Benas si e Vanne lli	Fletch er (1965) Argill a di Chica go	Houst on (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	4.5	1.20	0.28	0.56	0.25 - 0.50	0.18	0.44	0.58	0.41	0.77	0.23	0.66	0.56
[2] -	50.94	4.20	3.44	6.37	0.00	1.78	5.10	5.64	3.74	5.61	2.55	8.35	6.37
[3] -	18	5.10	1.22	2.25	1.00 - 2.00	0.70	1.78	1.76	1.54	1.90	0.90	2.45	2.25
[4] -	51.3	5.70	3.46	6.41	0.00	1.79	5.13	4.86	3.76	5.66	2.57	8.14	6.41
[5] -	90	6.30	6.08	11.25	0.00	2.70	9.07	8.30	5.30	11.79	4.50	14.95	11.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	4.5	1.20	Robertson (1983)	9.00
[2] -	50.94	4.20	Robertson (1983)	101.88
[3] -	18	5.10	Robertson (1983)	36.00
[4] -	51.3	5.70	Robertson (1983)	102.60
[5] -	90	6.30	Robertson (1983)	180.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	4.5	1.20	20.65	67.50	47.69	56.25
[2] -	50.94	4.20	233.71	--	521.35	509.40
[3] -	18	5.10	82.58	--	185.38	180.00

[4] -	51.3	5.70	235.36	--	525.02	513.00
[5] -	90	6.30	412.92	--	919.74	900.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	4.5	1.20	31.35	45.00
[2] -	50.94	4.20	565.41	509.40
[3] -	18	5.10	186.60	180.00
[4] -	51.3	5.70	569.55	513.00
[5] -	90	6.30	1014.60	900.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	4.5	1.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	50.94	4.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] -	18	5.10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	51.3	5.70	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[5] -	90	6.30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	4.5	1.20	Meyerhof	1.73
[2] -	50.94	4.20	Meyerhof	2.50
[3] -	18	5.10	Meyerhof	2.09
[4] -	51.3	5.70	Meyerhof	2.50
[5] -	90	6.30	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	4.5	1.20	Meyerhof	1.87
[2] -	50.94	4.20	Meyerhof	2.50
[3] -	18	5.10	Meyerhof	2.30
[4] -	51.3	5.70	Meyerhof	2.50
[5] -	90	6.30	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Velocita' onde di
--	------	--------------	--------------	-------------------

		(m)		taglio (m/s)
[1] -	4.5	1.20		0
[2] -	50.94	4.20		0
[3] -	18	5.10		0
[4] -	51.3	5.70		0
[5] -	90	6.30		0

PROVA ... PD3SSTS3

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 3.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	2	0.853	13.91	16.31	0.70	0.82
0.60	4	0.847	25.62	30.24	1.28	1.51
0.90	2	0.842	12.73	15.12	0.64	0.76
1.20	8	0.836	50.58	60.49	2.53	3.02
1.50	10	0.831	58.56	70.45	2.93	3.52
1.80	9	0.826	52.39	63.41	2.62	3.17
2.10	12	0.822	69.46	84.54	3.47	4.23
2.40	16	0.767	86.48	112.72	4.32	5.64
2.70	50	0.613	202.10	329.78	10.10	16.49
3.00	50	0.609	200.73	329.78	10.04	16.49

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturato (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz . con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.9	2.67	20.56	Coesivo	0	1.75	1.88	0.08	1.8	4.81	
1.8	9	64.78	Coesivo	0	2.08	2.29	0.25	1.8	16.2	
2.4	14	98.63	Coesivo	0	2.12	2.23	0.41	1.8	25.2	
3	50	329.78	Coesivo	0	2.5	2.5	0.55	1.8	90	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD3SSTS3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Bensi e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	4.81	0.90	0.30	0.60	0.25 - 0.50	0.20	0.47	0.62	0.44	0.79	0.24	0.75	0.60
[2] -	16.2	1.80	1.09	2.03	1.00 - 2.00	0.64	1.60	1.94	1.40	1.73	0.81	2.63	2.03
[3] -	25.2	2.40	1.70	3.15	1.00 - 2.00	0.96	2.50	2.96	2.09	2.59	1.26	4.14	3.15
[4] -	90	3.00	6.08	11.25	0.00	2.70	9.07	9.89	5.30	11.79	4.50	15.54	11.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	4.81	0.90	Robertson (1983)	9.62
[2] -	16.2	1.80	Robertson (1983)	32.40
[3] -	25.2	2.40	Robertson (1983)	50.40
[4] -	90	3.00	Robertson (1983)	180.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	4.81	0.90	22.07	72.15	50.85	60.13
[2] -	16.2	1.80	74.33	--	167.02	162.00
[3] -	25.2	2.40	115.62	--	258.82	252.00
[4] -	90	3.00	412.92	--	919.74	900.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	4.81	0.90	34.92	48.10
[2] -	16.2	1.80	165.90	162.00
[3] -	25.2	2.40	269.40	252.00
[4] -	90	3.00	1014.60	900.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	4.81	0.90	A.G.I. (1977)	MODERAT.

				CONSISTENTE
[2] -	16.2	1.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] -	25.2	2.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	90	3.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	4.81	0.90	Meyerhof	1.75
[2] -	16.2	1.80	Meyerhof	2.08
[3] -	25.2	2.40	Meyerhof	2.12
[4] -	90	3.00	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	4.81	0.90	Meyerhof	1.88
[2] -	16.2	1.80	Meyerhof	2.29
[3] -	25.2	2.40	Meyerhof	2.23
[4] -	90	3.00	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	4.81	0.90		0
[2] -	16.2	1.80		0
[3] -	25.2	2.40		0
[4] -	90	3.00		0

PROVA ... PD4SSTP

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 4.50 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier -	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi
--------------------	-----------	---	--	---	--	---

					Olandesi (Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
0.30	2	0.853	13.91	16.31	0.70	0.82
0.60	3	0.847	19.21	22.68	0.96	1.13
0.90	2	0.842	12.73	15.12	0.64	0.76
1.20	5	0.836	31.61	37.80	1.58	1.89
1.50	19	0.781	104.57	133.86	5.23	6.69
1.80	18	0.776	98.45	126.81	4.92	6.34
2.10	13	0.772	70.67	91.59	3.53	4.58
2.40	17	0.767	91.88	119.77	4.59	5.99
2.70	19	0.763	95.59	125.32	4.78	6.27
3.00	21	0.709	98.16	138.51	4.91	6.93
3.30	22	0.705	102.25	145.10	5.11	7.26
3.60	18	0.751	83.80	111.60	4.19	5.58
3.90	17	0.747	78.75	105.40	3.94	5.27
4.20	50	0.594	184.04	309.99	9.20	15.50
4.50	50	0.590	172.64	292.45	8.63	14.62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturato (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz . con Nspt	NSPT	Descrizi one
1.2	3	22.98	Coesivo	0	1.78	1.88	0.11	1.8	5.4	
3.9	18.22	121.99	Coesivo	0	2.22	2.46	0.51	1.8	32.8	
4.5	50	301.22	Coesivo	0	2.5	2.5	0.89	1.8	90	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD4SSTP

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi- Peck	Sangl erat	Terza ghi- Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schm ertma nn 1975	SUN DA (1983) Benas si e Vanne lli	Fletch er (1965) Argill a di Chica go	Houst on (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	5.4	1.20	0.34	0.68	0.25 - 0.50	0.22	0.53	0.69	0.49	0.84	0.27	0.81	0.68
[2] -	32.8	3.90	2.21	4.10	0.00	1.22	3.27	3.66	2.63	3.39	1.64	5.24	4.10
[3] -	90	4.50	6.08	11.25	0.00	2.70	9.07	9.04	5.30	11.79	4.50	15.27	11.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Qc
--	------	--------------	--------------	----

		(m)		(Kg/cm ²)
[1] -	5.4	1.20	Robertson (1983)	10.80
[2] -	32.8	3.90	Robertson (1983)	65.60
[3] -	90	4.50	Robertson (1983)	180.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	5.4	1.20	24.78	81.00	56.87	67.50
[2] -	32.8	3.90	150.49	--	336.33	328.00
[3] -	90	4.50	412.92	--	919.74	900.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	5.4	1.20	41.70	54.00
[2] -	32.8	3.90	356.80	328.00
[3] -	90	4.50	1014.60	900.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	5.4	1.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	32.8	3.90	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] -	90	4.50	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	5.4	1.20	Meyerhof	1.78
[2] -	32.8	3.90	Meyerhof	2.22
[3] -	90	4.50	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	5.4	1.20	Meyerhof	1.88
[2] -	32.8	3.90	Meyerhof	2.46
[3] -	90	4.50	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	5.4	1.20		0
[2] -	32.8	3.90		0
[3] -	90	4.50		0

PROVA ... PD5SSTP

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 3.90 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	2	0.853	13.91	16.31	0.70	0.82
0.60	2	0.847	12.81	15.12	0.64	0.76
0.90	4	0.842	25.45	30.24	1.27	1.51
1.20	8	0.836	50.58	60.49	2.53	3.02
1.50	6	0.831	35.14	42.27	1.76	2.11
1.80	10	0.826	58.22	70.45	2.91	3.52
2.10	4	0.822	23.15	28.18	1.16	1.41
2.40	4	0.817	23.03	28.18	1.15	1.41
2.70	4	0.813	21.44	26.38	1.07	1.32
3.00	5	0.809	26.67	32.98	1.33	1.65
3.30	5	0.805	26.54	32.98	1.33	1.65
3.60	50	0.601	186.27	309.99	9.31	15.50
3.90	50	0.597	185.13	309.99	9.26	15.50

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturato (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.9	2.67	20.56	Coesivo	0	1.75	1.88	0.08	1.8	4.81	
3.3	5.75	40.24	Coesivo	0	1.98	2.18	0.4	1.8	10.35	
3.9	50	309.99	Coesivo	0	2.5	2.5	0.71	1.8	90	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD5SSTP

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	4.81	0.90	0.30	0.60	0.25 - 0.50	0.20	0.47	0.62	0.44	0.79	0.24	0.75	0.60
[2] -	10.35	3.30	0.70	1.29	0.50 - 1.00	0.41	1.02	1.21	0.92	1.23	0.52	1.38	1.29
[3] -	90	3.90	6.08	11.25	0.00	2.70	9.07	9.30	5.30	11.79	4.50	15.38	11.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	4.81	0.90	Robertson (1983)	9.62
[2] -	10.35	3.30	Robertson (1983)	20.70
[3] -	90	3.90	Robertson (1983)	180.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	4.81	0.90	22.07	72.15	50.85	60.13
[2] -	10.35	3.30	47.49	--	107.36	103.50
[3] -	90	3.90	412.92	--	919.74	900.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	4.81	0.90	34.92	48.10
[2] -	10.35	3.30	98.63	103.50
[3] -	90	3.90	1014.60	900.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	4.81	0.90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	10.35	3.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	90	3.90	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	4.81	0.90	Meyerhof	1.75
[2] -	10.35	3.30	Meyerhof	1.98
[3] -	90	3.90	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	4.81	0.90	Meyerhof	1.88
[2] -	10.35	3.30	Meyerhof	2.18
[3] -	90	3.90	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	4.81	0.90		0
[2] -	10.35	3.30		0
[3] -	90	3.90		0

PROVA ... PD6Acquaforte

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 9.90 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	1	0.853	6.96	8.16	0.35	0.41
0.60	1	0.847	6.40	7.56	0.32	0.38
0.90	1	0.842	6.36	7.56	0.32	0.38
1.20	1	0.836	6.32	7.56	0.32	0.38
1.50	2	0.831	11.71	14.09	0.59	0.70
1.80	5	0.826	29.11	35.23	1.46	1.76
2.10	4	0.822	23.15	28.18	1.16	1.41
2.40	3	0.817	17.27	21.14	0.86	1.06

2.70	3	0.813	16.08	19.79	0.80	0.99
3.00	2	0.809	10.67	13.19	0.53	0.66
3.30	3	0.805	15.92	19.79	0.80	0.99
3.60	4	0.801	19.86	24.80	0.99	1.24
3.90	2	0.797	9.89	12.40	0.49	0.62
4.20	3	0.794	14.76	18.60	0.74	0.93
4.50	3	0.790	13.87	17.55	0.69	0.88
4.80	4	0.787	18.42	23.40	0.92	1.17
5.10	5	0.784	22.93	29.24	1.15	1.46
5.40	2	0.781	9.14	11.70	0.46	0.58
5.70	3	0.778	12.92	16.61	0.65	0.83
6.00	4	0.775	17.17	22.14	0.86	1.11
6.30	5	0.773	21.39	27.68	1.07	1.38
6.60	11	0.770	44.52	57.80	2.23	2.89
6.90	7	0.768	28.25	36.78	1.41	1.84
7.20	15	0.716	56.40	78.81	2.82	3.94
7.50	31	0.613	95.08	155.00	4.75	7.75
7.80	32	0.611	97.81	160.00	4.89	8.00
8.10	28	0.659	92.29	140.00	4.61	7.00
8.40	49	0.557	136.53	245.00	6.83	12.25
8.70	47	0.555	124.48	224.16	6.22	11.21
9.00	29	0.653	90.38	138.31	4.52	6.92
9.30	32	0.602	91.83	152.62	4.59	7.63
9.60	50	0.550	125.36	227.94	6.27	11.40
9.90	50	0.548	124.97	227.94	6.25	11.40

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.5	1.2	8.99	Coesivo	0	1.57	1.85	0.12	1.8	2.16	
6.3	3.44	21.34	Coesivo	0	1.82	1.89	0.67	1.8	6.19	
9.3	28.1	138.85	Coesivo	0	2.5	2.5	1.48	1.8	50.58	
9.9	50	227.95	Coesivo	0	2.5	2.5	1.93	1.8	90	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD6Acquaforte

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e	Fletcher (1965) Argilla di	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
------	------------------	---------------	-----------	----------------------	---------------	------------------	-------------------------	----------------------------	----------------	--------------------	-----------	---------

								Vanne lli	Chica go				
[1] -	2.16	1.50	0.14	0.27	0.15 - 0.25	0.09	0.21	0.27	0.20	0.60	0.11	0.22	0.27
[2] -	6.19	6.30	0.39	0.77	0.25 - 0.50	0.25	0.60	0.64	0.56	0.90	0.31	0.29	0.77
[3] -	50.58	9.30	3.41	6.32	0.00	1.77	5.06	4.17	3.72	5.56	2.53	7.37	6.32
[4] -	90	9.90	6.08	11.25	0.00	2.70	9.07	6.84	5.30	11.79	4.50	14.30	11.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	2.16	1.50	Robertson (1983)	4.32
[2] -	6.19	6.30	Robertson (1983)	12.38
[3] -	50.58	9.30	Robertson (1983)	101.16
[4] -	90	9.90	Robertson (1983)	180.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	2.16	1.50	9.91	32.40	23.82	27.00
[2] -	6.19	6.30	28.40	--	64.93	77.38
[3] -	50.58	9.30	232.06	--	517.68	505.80
[4] -	90	9.90	412.92	--	919.74	900.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2.16	1.50	4.44	21.60
[2] -	6.19	6.30	50.79	61.90
[3] -	50.58	9.30	561.27	505.80
[4] -	90	9.90	1014.60	900.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2.16	1.50	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	6.19	6.30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	50.58	9.30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[4] -	90	9.90	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	2.16	1.50	Meyerhof	1.57
[2] -	6.19	6.30	Meyerhof	1.82
[3] -	50.58	9.30	Meyerhof	2.50
[4] -	90	9.90	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	2.16	1.50	Meyerhof	1.85
[2] -	6.19	6.30	Meyerhof	1.89
[3] -	50.58	9.30	Meyerhof	2.50
[4] -	90	9.90	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	2.16	1.50		0
[2] -	6.19	6.30		0
[3] -	50.58	9.30		0
[4] -	90	9.90		0

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Localita':	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

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

PROVA ... DPM1

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 2.30 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	2	0.855	5.71	6.68	0.29	0.33
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	8	0.851	22.73	26.72	1.14	1.34
0.50	7	0.849	19.84	23.38	0.99	1.17
0.60	5	0.847	14.14	16.70	0.71	0.83
0.70	5	0.845	14.11	16.70	0.71	0.83
0.80	6	0.843	16.90	20.04	0.84	1.00
0.90	7	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	6	0.840	15.97	19.01	0.80	0.95
1.10	6	0.838	15.93	19.01	0.80	0.95
1.20	6	0.836	15.90	19.01	0.80	0.95
1.30	6	0.835	15.87	19.01	0.79	0.95
1.40	6	0.833	15.84	19.01	0.79	0.95
1.50	9	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	6	0.830	15.77	19.01	0.79	0.95
1.70	7	0.828	18.37	22.18	0.92	1.11
1.80	6	0.826	15.71	19.01	0.79	0.95
1.90	5	0.825	12.43	15.08	0.62	0.75
2.00	5	0.823	12.41	15.08	0.62	0.75
2.10	17	0.772	39.55	51.26	1.98	2.56
2.20	25	0.720	54.28	75.38	2.71	3.77
2.30	70	0.619	130.56	211.06	6.53	10.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	2	6.68	Coesivo	0	1.52	1.85	0.02	0.76	1.52	
2	6.24	19.98	Coesivo	0	1.74	1.88	0.19	0.76	4.75	
2.2	21	63.32	Coesivo	0	2.08	2.29	0.36	0.76	15.98	
2.3	70	211.05	Coesivo	0	2.5	2.5	0.4	0.76	53.27	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	1.52	0.30	0.10	0.19	0.00 - 0.15	0.06	0.15	0.20	0.14	0.55	0.08	0.24	0.19
[2] -	4.75	2.00	0.30	0.59	0.25 - 0.50	0.19	0.46	0.60	0.43	0.79	0.24	0.60	0.59
[3] -	15.98	2.20	1.08	2.00	1.00 - 2.00	0.63	1.58	1.90	1.38	1.71	0.80	2.53	2.00
[4] -	53.27	2.30	3.60	6.66	0.00	1.84	5.33	6.33	3.86	5.92	2.66	9.10	6.66

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	1.52	0.30	Robertson (1983)	3.04
[2] -	4.75	2.00	Robertson (1983)	9.50
[3] -	15.98	2.20	Robertson (1983)	31.96
[4] -	53.27	2.30	Robertson (1983)	106.54

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1.52	0.30	6.97	22.80	17.30	19.00
[2] -	4.75	2.00	21.79	71.25	50.24	59.38
[3] -	15.98	2.20	73.32	--	164.78	159.80

[4] -	53.27	2.30	244.40	--	545.11	532.70
-------	-------	------	--------	----	--------	--------

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1.52	0.30	-2.92	15.20
[2] -	4.75	2.00	34.23	47.50
[3] -	15.98	2.20	163.37	159.80
[4] -	53.27	2.30	592.21	532.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.52	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	4.75	2.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	15.98	2.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	53.27	2.30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	1.52	0.30	Meyerhof	1.52
[2] -	4.75	2.00	Meyerhof	1.74
[3] -	15.98	2.20	Meyerhof	2.08
[4] -	53.27	2.30	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	1.52	0.30	Meyerhof	1.85
[2] -	4.75	2.00	Meyerhof	1.88
[3] -	15.98	2.20	Meyerhof	2.29
[4] -	53.27	2.30	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	1.52	0.30		0
[2] -	4.75	2.00		0
[3] -	15.98	2.20		0
[4] -	53.27	2.30		0

PROVA ... DPM2

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 3.90 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	2	0.855	5.71	6.68	0.29	0.33
0.30	2	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	3	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	2	0.849	5.67	6.68	0.28	0.33
0.60	2	0.847	5.66	6.68	0.28	0.33
0.70	3	0.845	8.47	10.02	0.42	0.50
0.80	3	0.843	8.45	10.02	0.42	0.50
0.90	3	0.842	8.00	9.51	0.40	0.48
1.00	4	0.840	10.64	12.68	0.53	0.63
1.10	4	0.838	10.62	12.68	0.53	0.63
1.20	4	0.836	10.60	12.68	0.53	0.63
1.30	4	0.835	10.58	12.68	0.53	0.63
1.40	12	0.833	31.67	38.03	1.58	1.90
1.50	7	0.831	18.44	22.18	0.92	1.11
1.60	3	0.830	7.89	9.51	0.39	0.48
1.70	6	0.828	15.74	19.01	0.79	0.95
1.80	4	0.826	10.47	12.68	0.52	0.63
1.90	8	0.825	19.89	24.12	0.99	1.21
2.00	14	0.773	32.64	42.21	1.63	2.11
2.10	6	0.822	14.86	18.09	0.74	0.90
2.20	5	0.820	12.36	15.08	0.62	0.75
2.30	6	0.819	14.81	18.09	0.74	0.90
2.40	6	0.817	14.78	18.09	0.74	0.90
2.50	6	0.816	14.76	18.09	0.74	0.90
2.60	6	0.814	14.73	18.09	0.74	0.90
2.70	10	0.813	24.51	30.15	1.23	1.51
2.80	15	0.761	34.44	45.23	1.72	2.26
2.90	15	0.760	32.78	43.13	1.64	2.16
3.00	16	0.759	34.90	46.01	1.75	2.30
3.10	24	0.707	48.81	69.01	2.44	3.45
3.20	24	0.706	48.72	69.01	2.44	3.45

3.30	25	0.705	50.66	71.88	2.53	3.59
3.40	22	0.703	44.50	63.26	2.22	3.16
3.50	26	0.702	52.49	74.76	2.62	3.74
3.60	29	0.701	58.44	83.39	2.92	4.17
3.70	18	0.750	38.80	51.76	1.94	2.59
3.80	14	0.748	30.13	40.26	1.51	2.01
3.90	70	0.597	114.88	192.37	5.74	9.62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.3	2.85	9.26	Coesivo	0	1.57	1.85	0.1	0.76	2.17	
2.6	6.85	21.02	Coesivo	0	1.77	1.88	0.32	0.76	5.21	
3	14	41.13	Coesivo	0	1.99	2.19	0.47	0.76	10.65	
3.6	25	71.89	Coesivo	0	2.1	2.31	0.58	0.76	19.02	
3.8	16	46.01	Coesivo	0	2.02	2.22	0.66	0.76	12.18	
3.9	70	192.37	Coesivo	0	2.5	2.5	0.69	0.76	53.27	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglierat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	2.17	1.30	0.14	0.27	0.15 - 0.25	0.09	0.21	0.28	0.20	0.60	0.11	0.24	0.27
[2] -	5.21	2.60	0.33	0.65	0.25 - 0.50	0.21	0.51	0.63	0.47	0.82	0.26	0.60	0.65
[3] -	10.65	3.00	0.72	1.33	0.50 - 1.00	0.43	1.05	1.23	0.94	1.25	0.53	1.48	1.33
[4] -	19.02	3.60	1.28	2.38	1.00 - 2.00	0.74	1.88	2.16	1.62	1.99	0.95	2.86	2.38
[5] -	12.18	3.80	0.82	1.52	0.50 - 1.00	0.48	1.20	1.38	1.07	1.38	0.61	1.63	1.52
[6] -	53.27	3.90	3.60	6.66	0.00	1.84	5.33	5.77	3.86	5.92	2.66	8.82	6.66

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Qc
--	------	--------------	--------------	----

		(m)		(Kg/cm ²)
[1] -	2.17	1.30	Robertson (1983)	4.34
[2] -	5.21	2.60	Robertson (1983)	10.42
[3] -	10.65	3.00	Robertson (1983)	21.30
[4] -	19.02	3.60	Robertson (1983)	38.04
[5] -	12.18	3.80	Robertson (1983)	24.36
[6] -	53.27	3.90	Robertson (1983)	106.54

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	2.17	1.30	9.96	32.55	23.93	27.13
[2] -	5.21	2.60	23.90	78.15	54.93	65.13
[3] -	10.65	3.00	48.86	--	110.42	106.50
[4] -	19.02	3.60	87.26	--	195.78	190.20
[5] -	12.18	3.80	55.88	--	126.02	121.80
[6] -	53.27	3.90	244.40	--	545.11	532.70

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2.17	1.30	4.56	21.70
[2] -	5.21	2.60	39.52	52.10
[3] -	10.65	3.00	102.08	106.50
[4] -	19.02	3.60	198.33	190.20
[5] -	12.18	3.80	119.67	121.80
[6] -	53.27	3.90	592.21	532.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2.17	1.30	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	5.21	2.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	10.65	3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	19.02	3.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] -	12.18	3.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[6] -	53.27	3.90	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
--	------	---------------------	--------------	---

[1] -	2.17	1.30	Meyerhof	1.57
[2] -	5.21	2.60	Meyerhof	1.77
[3] -	10.65	3.00	Meyerhof	1.99
[4] -	19.02	3.60	Meyerhof	2.10
[5] -	12.18	3.80	Meyerhof	2.02
[6] -	53.27	3.90	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	2.17	1.30	Meyerhof	1.85
[2] -	5.21	2.60	Meyerhof	1.88
[3] -	10.65	3.00	Meyerhof	2.19
[4] -	19.02	3.60	Meyerhof	2.31
[5] -	12.18	3.80	Meyerhof	2.22
[6] -	53.27	3.90	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	2.17	1.30		0
[2] -	5.21	2.60		0
[3] -	10.65	3.00		0
[4] -	19.02	3.60		0
[5] -	12.18	3.80		0
[6] -	53.27	3.90		0

PROVA ... DPM3

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 2.70 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	11	0.853	31.32	36.73	1.57	1.84
0.40	10	0.851	28.41	33.40	1.42	1.67

0.50	17	0.799	45.35	56.77	2.27	2.84
0.60	21	0.747	52.39	70.13	2.62	3.51
0.70	12	0.845	33.87	40.07	1.69	2.00
0.80	12	0.843	33.80	40.07	1.69	2.00
0.90	22	0.742	51.70	69.72	2.58	3.49
1.00	6	0.840	15.97	19.01	0.80	0.95
1.10	9	0.838	23.90	28.52	1.20	1.43
1.20	1	0.836	2.65	3.17	0.13	0.16
1.30	3	0.835	7.93	9.51	0.40	0.48
1.40	10	0.833	26.39	31.69	1.32	1.58
1.50	6	0.831	15.80	19.01	0.79	0.95
1.60	9	0.830	23.66	28.52	1.18	1.43
1.70	4	0.828	10.49	12.68	0.52	0.63
1.80	15	0.776	36.90	47.54	1.85	2.38
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	12	0.823	29.78	36.18	1.49	1.81
2.10	17	0.772	39.55	51.26	1.98	2.56
2.20	9	0.820	22.25	27.14	1.11	1.36
2.30	7	0.819	17.28	21.11	0.86	1.06
2.40	2	0.817	4.93	6.03	0.25	0.30
2.50	5	0.816	12.30	15.08	0.61	0.75
2.60	30	0.714	64.60	90.45	3.23	4.52
2.70	70	0.613	129.34	211.06	6.47	10.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.2	2	6.68	Coesivo	0	1.52	1.85	0.02	0.76	1.52	
0.9	15	49.56	Coesivo	0	2.0	2.2	0.1	0.76	11.41	
1.1	7.5	23.77	Coesivo	0	1.8	1.88	0.19	0.76	5.71	
1.3	2	6.34	Coesivo	0	1.52	1.85	0.22	0.76	1.52	
1.7	7.25	22.98	Coesivo	0	1.79	1.88	0.27	0.76	5.52	
2.3	11.5	35.06	Coesivo	0	1.93	2.12	0.37	0.76	8.75	
2.5	3.5	10.55	Coesivo	0	1.61	1.86	0.44	0.76	2.66	
2.7	50	150.75	Coesivo	0	2.42	2.5	0.48	0.76	38.05	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann (1975)	SUN DA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui (1982)	Bege mann	De Beer
--	------	------------------	----------------	-----------	-----------------------	---------------	--------------------	---------------	-----------------	----------------	----------------------	-----------	---------

					)			Benas si e Vanne lli	Argill a di Chica go				
[1] -	1.52	0.20	0.10	0.19	0.00 - 0.15	0.06	0.15	0.20	0.14	0.55	0.08	0.25	0.19
[2] -	11.41	0.90	0.77	1.43	0.50 - 1.00	0.45	1.12	1.49	1.00	1.32	0.57	1.91	1.43
[3] -	5.71	1.10	0.36	0.71	0.25 - 0.50	0.23	0.56	0.71	0.52	0.86	0.29	0.88	0.71
[4] -	1.52	1.30	0.10	0.19	0.00 - 0.15	0.06	0.15	0.19	0.14	0.55	0.08	0.13	0.19
[5] -	5.52	1.70	0.35	0.69	0.25 - 0.50	0.22	0.54	0.69	0.50	0.85	0.28	0.77	0.69
[6] -	8.75	2.30	0.59	1.09	0.50 - 1.00	0.35	0.86	1.05	0.78	1.10	0.44	1.25	1.09
[7] -	2.66	2.50	0.17	0.33	0.15 - 0.25	0.11	0.26	0.32	0.24	0.63	0.13	0.19	0.33
[8] -	38.05	2.70	2.57	4.76	0.00	1.39	3.79	4.52	2.97	3.99	1.90	6.33	4.76

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	1.52	0.20	Robertson (1983)	3.04
[2] -	11.41	0.90	Robertson (1983)	22.82
[3] -	5.71	1.10	Robertson (1983)	11.42
[4] -	1.52	1.30	Robertson (1983)	3.04
[5] -	5.52	1.70	Robertson (1983)	11.04
[6] -	8.75	2.30	Robertson (1983)	17.50
[7] -	2.66	2.50	Robertson (1983)	5.32
[8] -	38.05	2.70	Robertson (1983)	76.10

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	1.52	0.20	6.97	22.80	17.30	19.00
[2] -	11.41	0.90	52.35	--	118.17	114.10
[3] -	5.71	1.10	26.20	85.65	60.03	71.38
[4] -	1.52	1.30	6.97	22.80	17.30	19.00
[5] -	5.52	1.70	25.33	82.80	58.09	69.00
[6] -	8.75	2.30	40.15	--	91.04	109.38
[7] -	2.66	2.50	12.20	39.90	28.92	33.25
[8] -	38.05	2.70	174.57	--	389.88	380.50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato	Schultze	Apollonia
--	------	--------------	----------	-----------

		(m)		
[1] -	1.52	0.20	-2.92	15.20
[2] -	11.41	0.90	110.82	114.10
[3] -	5.71	1.10	45.27	57.10
[4] -	1.52	1.30	-2.92	15.20
[5] -	5.52	1.70	43.08	55.20
[6] -	8.75	2.30	80.23	87.50
[7] -	2.66	2.50	10.19	26.60
[8] -	38.05	2.70	417.18	380.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.52	0.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	11.41	0.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	5.71	1.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[4] -	1.52	1.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[5] -	5.52	1.70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[6] -	8.75	2.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[7] -	2.66	2.50	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[8] -	38.05	2.70	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	1.52	0.20	Meyerhof	1.52
[2] -	11.41	0.90	Meyerhof	2.00
[3] -	5.71	1.10	Meyerhof	1.80
[4] -	1.52	1.30	Meyerhof	1.52
[5] -	5.52	1.70	Meyerhof	1.79
[6] -	8.75	2.30	Meyerhof	1.93
[7] -	2.66	2.50	Meyerhof	1.61
[8] -	38.05	2.70	Meyerhof	2.42

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	1.52	0.20	Meyerhof	1.85
[2] -	11.41	0.90	Meyerhof	2.20
[3] -	5.71	1.10	Meyerhof	1.88

[4] -	1.52	1.30	Meyerhof	1.85
[5] -	5.52	1.70	Meyerhof	1.88
[6] -	8.75	2.30	Meyerhof	2.12
[7] -	2.66	2.50	Meyerhof	1.86
[8] -	38.05	2.70	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	1.52	0.20		0
[2] -	11.41	0.90		0
[3] -	5.71	1.10		0
[4] -	1.52	1.30		0
[5] -	5.52	1.70		0
[6] -	8.75	2.30		0
[7] -	2.66	2.50		0
[8] -	38.05	2.70		0

PROVA ... DPM4

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 4.10 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	3	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	5	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	2	0.847	5.66	6.68	0.28	0.33
0.70	4	0.845	11.29	13.36	0.56	0.67
0.80	5	0.843	14.08	16.70	0.70	0.83
0.90	5	0.842	13.33	15.85	0.67	0.79
1.00	5	0.840	13.31	15.85	0.67	0.79
1.10	5	0.838	13.28	15.85	0.66	0.79
1.20	13	0.786	32.39	41.20	1.62	2.06
1.30	12	0.835	31.74	38.03	1.59	1.90
1.40	8	0.833	21.11	25.35	1.06	1.27

1.50	9	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	10	0.830	26.29	31.69	1.31	1.58
1.70	8	0.828	20.99	25.35	1.05	1.27
1.80	12	0.826	31.42	38.03	1.57	1.90
1.90	11	0.825	27.35	33.17	1.37	1.66
2.00	13	0.773	30.31	39.20	1.52	1.96
2.10	15	0.772	34.90	45.23	1.74	2.26
2.20	16	0.770	37.15	48.24	1.86	2.41
2.30	19	0.769	44.03	57.29	2.20	2.86
2.40	17	0.767	39.32	51.26	1.97	2.56
2.50	10	0.816	24.59	30.15	1.23	1.51
2.60	8	0.814	19.64	24.12	0.98	1.21
2.70	11	0.813	26.96	33.17	1.35	1.66
2.80	14	0.761	32.14	42.21	1.61	2.11
2.90	30	0.710	61.25	86.26	3.06	4.31
3.00	11	0.809	25.58	31.63	1.28	1.58
3.10	5	0.807	11.61	14.38	0.58	0.72
3.20	6	0.806	13.91	17.25	0.70	0.86
3.30	13	0.755	28.21	37.38	1.41	1.87
3.40	24	0.703	48.54	69.01	2.43	3.45
3.50	33	0.652	61.88	94.89	3.09	4.74
3.60	24	0.701	48.37	69.01	2.42	3.45
3.70	14	0.750	30.18	40.26	1.51	2.01
3.80	11	0.798	25.25	31.63	1.26	1.58
3.90	16	0.747	32.85	43.97	1.64	2.20
4.00	12	0.796	26.25	32.98	1.31	1.65
4.10	70	0.595	114.43	192.37	5.72	9.62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	2.33	7.79	Coesivo	0	1.54	1.85	0.02	0.76	1.77	
1.1	4.38	14.29	Coesivo	0	1.66	1.86	0.11	0.76	3.33	
1.7	10	31.69	Coesivo	0	1.88	1.9	0.24	0.76	7.61	
2.4	14.71	44.63	Coesivo	0	2.0	2.2	0.36	0.76	11.19	
2.7	9.67	29.15	Coesivo	0	1.87	1.9	0.46	0.76	7.36	
3	18.33	53.37	Coesivo	0	2.05	2.25	0.52	0.76	13.95	
3.2	5.5	15.81	Coesivo	0	1.71	1.87	0.57	0.76	4.19	
4	18.38	52.39	Coesivo	0	2.05	2.25	0.67	0.76	13.99	
4.1	70	192.37	Coesivo	0	2.5	2.5	0.76	0.76	53.27	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	1.77	0.30	0.11	0.22	0.00 - 0.15	0.07	0.17	0.23	0.16	0.57	0.09	0.28	0.22
[2] -	3.33	1.10	0.21	0.42	0.15 - 0.25	0.14	0.32	0.43	0.30	0.68	0.17	0.46	0.42
[3] -	7.61	1.70	0.48	0.95	0.25 - 0.50	0.31	0.74	0.95	0.68	1.01	0.38	1.13	0.95
[4] -	11.19	2.40	0.76	1.40	0.50 - 1.00	0.45	1.10	1.34	0.99	1.30	0.56	1.66	1.40
[5] -	7.36	2.70	0.46	0.92	0.25 - 0.50	0.30	0.72	0.87	0.66	0.99	0.37	0.95	0.92
[6] -	13.95	3.00	0.94	1.74	0.50 - 1.00	0.55	1.38	1.60	1.21	1.53	0.70	2.05	1.74
[7] -	4.19	3.20	0.26	0.52	0.25 - 0.50	0.17	0.41	0.47	0.38	0.75	0.21	0.36	0.52
[8] -	13.99	4.00	0.94	1.75	0.50 - 1.00	0.55	1.38	1.57	1.22	1.54	0.70	1.91	1.75
[9] -	53.27	4.10	3.60	6.66	0.00	1.84	5.33	5.77	3.86	5.92	2.66	8.78	6.66

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	1.77	0.30	Robertson (1983)	3.54
[2] -	3.33	1.10	Robertson (1983)	6.66
[3] -	7.61	1.70	Robertson (1983)	15.22
[4] -	11.19	2.40	Robertson (1983)	22.38
[5] -	7.36	2.70	Robertson (1983)	14.72
[6] -	13.95	3.00	Robertson (1983)	27.90
[7] -	4.19	3.20	Robertson (1983)	8.38
[8] -	13.99	4.00	Robertson (1983)	27.98
[9] -	53.27	4.10	Robertson (1983)	106.54

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1.77	0.30	8.12	26.55	19.85	22.13
[2] -	3.33	1.10	15.28	49.95	35.76	41.63
[3] -	7.61	1.70	34.92	--	79.41	95.13

[4] -	11.19	2.40	51.34	--	115.92	111.90
[5] -	7.36	2.70	33.77	--	76.86	92.00
[6] -	13.95	3.00	64.00	--	144.07	139.50
[7] -	4.19	3.20	19.22	62.85	44.53	52.38
[8] -	13.99	4.00	64.19	--	144.48	139.90
[9] -	53.27	4.10	244.40	--	545.11	532.70

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1.77	0.30	-0.05	17.70
[2] -	3.33	1.10	17.90	33.30
[3] -	7.61	1.70	67.12	76.10
[4] -	11.19	2.40	108.29	111.90
[5] -	7.36	2.70	64.24	73.60
[6] -	13.95	3.00	140.03	139.50
[7] -	4.19	3.20	27.79	41.90
[8] -	13.99	4.00	140.49	139.90
[9] -	53.27	4.10	592.21	532.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.77	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	3.33	1.10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] -	7.61	1.70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[4] -	11.19	2.40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] -	7.36	2.70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[6] -	13.95	3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[7] -	4.19	3.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[8] -	13.99	4.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[9] -	53.27	4.10	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	1.77	0.30	Meyerhof	1.54
[2] -	3.33	1.10	Meyerhof	1.66
[3] -	7.61	1.70	Meyerhof	1.88
[4] -	11.19	2.40	Meyerhof	2.00
[5] -	7.36	2.70	Meyerhof	1.87

[6] -	13.95	3.00	Meyerhof	2.05
[7] -	4.19	3.20	Meyerhof	1.71
[8] -	13.99	4.00	Meyerhof	2.05
[9] -	53.27	4.10	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	1.77	0.30	Meyerhof	1.85
[2] -	3.33	1.10	Meyerhof	1.86
[3] -	7.61	1.70	Meyerhof	1.90
[4] -	11.19	2.40	Meyerhof	2.20
[5] -	7.36	2.70	Meyerhof	1.90
[6] -	13.95	3.00	Meyerhof	2.25
[7] -	4.19	3.20	Meyerhof	1.87
[8] -	13.99	4.00	Meyerhof	2.25
[9] -	53.27	4.10	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	1.77	0.30		0
[2] -	3.33	1.10		0
[3] -	7.61	1.70		0
[4] -	11.19	2.40		0
[5] -	7.36	2.70		0
[6] -	13.95	3.00		0
[7] -	4.19	3.20		0
[8] -	13.99	4.00		0
[9] -	53.27	4.10		0

PROVA ... DPM5

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 09/03/2023

Profondita' prova 3.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
--------------------	-----------	---	--	---	---	--

0.10	6	0.857	17.16	20.04	0.86	1.00
0.20	8	0.855	22.83	26.72	1.14	1.34
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	7	0.851	19.89	23.38	0.99	1.17
0.50	7	0.849	19.84	23.38	0.99	1.17
0.60	5	0.847	14.14	16.70	0.71	0.83
0.70	5	0.845	14.11	16.70	0.71	0.83
0.80	5	0.843	14.08	16.70	0.70	0.83
0.90	4	0.842	10.67	12.68	0.53	0.63
1.00	4	0.840	10.64	12.68	0.53	0.63
1.10	4	0.838	10.62	12.68	0.53	0.63
1.20	5	0.836	13.25	15.85	0.66	0.79
1.30	12	0.835	31.74	38.03	1.59	1.90
1.40	8	0.833	21.11	25.35	1.06	1.27
1.50	4	0.831	10.54	12.68	0.53	0.63
1.60	6	0.830	15.77	19.01	0.79	0.95
1.70	6	0.828	15.74	19.01	0.79	0.95
1.80	9	0.826	23.57	28.52	1.18	1.43
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	6	0.823	14.89	18.09	0.74	0.90
2.10	40	0.622	74.97	120.60	3.75	6.03
2.20	27	0.720	58.62	81.41	2.93	4.07
2.30	13	0.769	30.13	39.20	1.51	1.96
2.40	19	0.767	43.95	57.29	2.20	2.86
2.50	12	0.816	29.51	36.18	1.48	1.81
2.60	9	0.814	22.10	27.14	1.10	1.36
2.70	16	0.763	36.80	48.24	1.84	2.41
2.80	15	0.761	34.44	45.23	1.72	2.26
2.90	11	0.810	25.62	31.63	1.28	1.58
3.00	10	0.809	23.25	28.75	1.16	1.44
3.10	38	0.657	71.82	109.27	3.59	5.46
3.20	70	0.606	121.97	201.28	6.10	10.06

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.5	6.6	22.04	Coesivo	0	1.76	1.88	0.04	0.76	5.02	
1.2	4.57	14.85	Coesivo	0	1.67	1.86	0.15	0.76	3.48	
1.4	10	31.69	Coesivo	0	1.88	1.9	0.22	0.76	7.61	
1.7	5.33	16.9	Coesivo	0	1.7	1.87	0.27	0.76	4.06	
2	8	24.58	Coesivo	0	1.82	1.89	0.32	0.76	6.09	
3	17.2	51.57	Coesivo	0	2.04	2.24	0.45	0.76	13.09	
3.2	54	155.27	Coesivo	0	2.5	2.5	0.58	0.76	41.09	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	5.02	0.50	0.31	0.63	0.25 - 0.50	0.20	0.49	0.66	0.45	0.81	0.25	0.83	0.63
[2] -	3.48	1.20	0.22	0.44	0.15 - 0.25	0.14	0.34	0.45	0.32	0.69	0.17	0.48	0.44
[3] -	7.61	1.40	0.48	0.95	0.25 - 0.50	0.31	0.74	0.95	0.68	1.01	0.38	1.17	0.95
[4] -	4.06	1.70	0.25	0.51	0.25 - 0.50	0.17	0.39	0.51	0.37	0.74	0.20	0.52	0.51
[5] -	6.09	2.00	0.38	0.76	0.25 - 0.50	0.25	0.59	0.74	0.55	0.89	0.31	0.83	0.76
[6] -	13.09	3.00	0.88	1.64	0.50 - 1.00	0.52	1.29	1.55	1.14	1.46	0.66	1.90	1.64
[7] -	41.09	3.20	2.77	5.14	0.00	1.48	4.10	4.66	3.16	4.36	2.06	6.77	5.14

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	5.02	0.50	Robertson (1983)	10.04
[2] -	3.48	1.20	Robertson (1983)	6.96
[3] -	7.61	1.40	Robertson (1983)	15.22
[4] -	4.06	1.70	Robertson (1983)	8.12
[5] -	6.09	2.00	Robertson (1983)	12.18
[6] -	13.09	3.00	Robertson (1983)	26.18
[7] -	41.09	3.20	Robertson (1983)	82.18

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	5.02	0.50	23.03	75.30	52.99	62.75
[2] -	3.48	1.20	15.97	52.20	37.29	43.50
[3] -	7.61	1.40	34.92	--	79.41	95.13
[4] -	4.06	1.70	18.63	60.90	43.20	50.75
[5] -	6.09	2.00	27.94	--	63.91	76.13
[6] -	13.09	3.00	60.06	--	135.30	130.90

[7] -	41.09	3.20	188.52	--	420.89	410.90
-------	-------	------	--------	----	--------	--------

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	5.02	0.50	37.33	50.20
[2] -	3.48	1.20	19.62	34.80
[3] -	7.61	1.40	67.12	76.10
[4] -	4.06	1.70	26.29	40.60
[5] -	6.09	2.00	49.64	60.90
[6] -	13.09	3.00	130.14	130.90
[7] -	41.09	3.20	452.14	410.90

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	5.02	0.50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	3.48	1.20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] -	7.61	1.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[4] -	4.06	1.70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[5] -	6.09	2.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[6] -	13.09	3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[7] -	41.09	3.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	5.02	0.50	Meyerhof	1.76
[2] -	3.48	1.20	Meyerhof	1.67
[3] -	7.61	1.40	Meyerhof	1.88
[4] -	4.06	1.70	Meyerhof	1.70
[5] -	6.09	2.00	Meyerhof	1.82
[6] -	13.09	3.00	Meyerhof	2.04
[7] -	41.09	3.20	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] -	5.02	0.50	Meyerhof	1.88
[2] -	3.48	1.20	Meyerhof	1.86

[3] -	7.61	1.40	Meyerhof	1.90
[4] -	4.06	1.70	Meyerhof	1.87
[5] -	6.09	2.00	Meyerhof	1.89
[6] -	13.09	3.00	Meyerhof	2.24
[7] -	41.09	3.20	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] -	5.02	0.50		0
[2] -	3.48	1.20		0
[3] -	7.61	1.40		0
[4] -	4.06	1.70		0
[5] -	6.09	2.00		0
[6] -	13.09	3.00		0
[7] -	41.09	3.20		0

CENTRALE DI SCAMBIO TERMICO SSTS1 ARCIDOSO



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 07/11/05

Certificato di Prova n. 282/2023

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

LOCALITA': Arcidosso (GR)

DATA ESECUZIONE PROVE: 14/03/23 - 28/03/23

CAMPIONI:

S1C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgiaoli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.282/2023

CAMPIONE S1C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data apertura campione: 14/03/23

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm

da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 30 cm: limo argilloso debolmente sabbioso consistente con abbondanti elementi litici

colore oliva

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.282/2023****CAMPIONE S1C1** profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data prova: 17/03/23 - 28/03/23

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

su provini ricostruiti con materiale passante al setaccio di apertura di 4.75 mm

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	19.7	19.7	19.7
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.7	20.8	21.2
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.1	16.2	16.1
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	16.6	16.9	17.1
Contenuto d'acqua iniziale (%)	22.54	21.88	22.68
Contenuto d'acqua finale (%)	24.40	23.54	23.62
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0020	0.0020	0.0020
Sigma (kPa)	78.1	129.7	181.3
Tau a rottura (kPa)	55.5	86.8	105.0

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.09	5.7	0.04	7.9	0.06	6.7
0.21	11.5	0.10	17.7	0.13	11.7
0.37	24.4	0.16	24.0	0.22	22.3
0.55	35.5	0.23	31.0	0.32	35.9
0.76	43.2	0.33	38.5	0.43	45.4
0.99	48.7	0.42	45.0	0.56	54.8
1.25	52.4	0.52	50.3	0.70	63.1
1.52	54.3	0.65	56.8	0.88	70.7
1.84	54.7	0.79	61.9	1.06	76.8
2.19	54.7	0.92	66.3	1.26	83.1
2.55	54.7	1.08	70.7	1.46	86.1
2.94	54.7	1.25	74.5	1.69	89.7
3.36	54.7	1.43	77.6	1.92	94.3
3.80	54.9	1.62	80.7	2.18	98.4
4.28	55.0	1.82	82.9	2.46	101.5
4.78	54.8	2.04	84.8	2.75	103.4
5.31	55.1	2.26	86.0	3.05	104.5
5.85	55.5	2.49	86.8	3.36	105.0
6.41	54.5	2.72	86.6	3.67	104.6
6.95	54.1	2.95	86.5	3.99	104.7
7.50	54.1	3.20	86.3	4.31	104.5

Lo sperimentatore

Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.282/2023

CAMPIONE S1C1 profondità 1.5 - 2.0 m

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

LOCALITA': Arcidosso (GR)

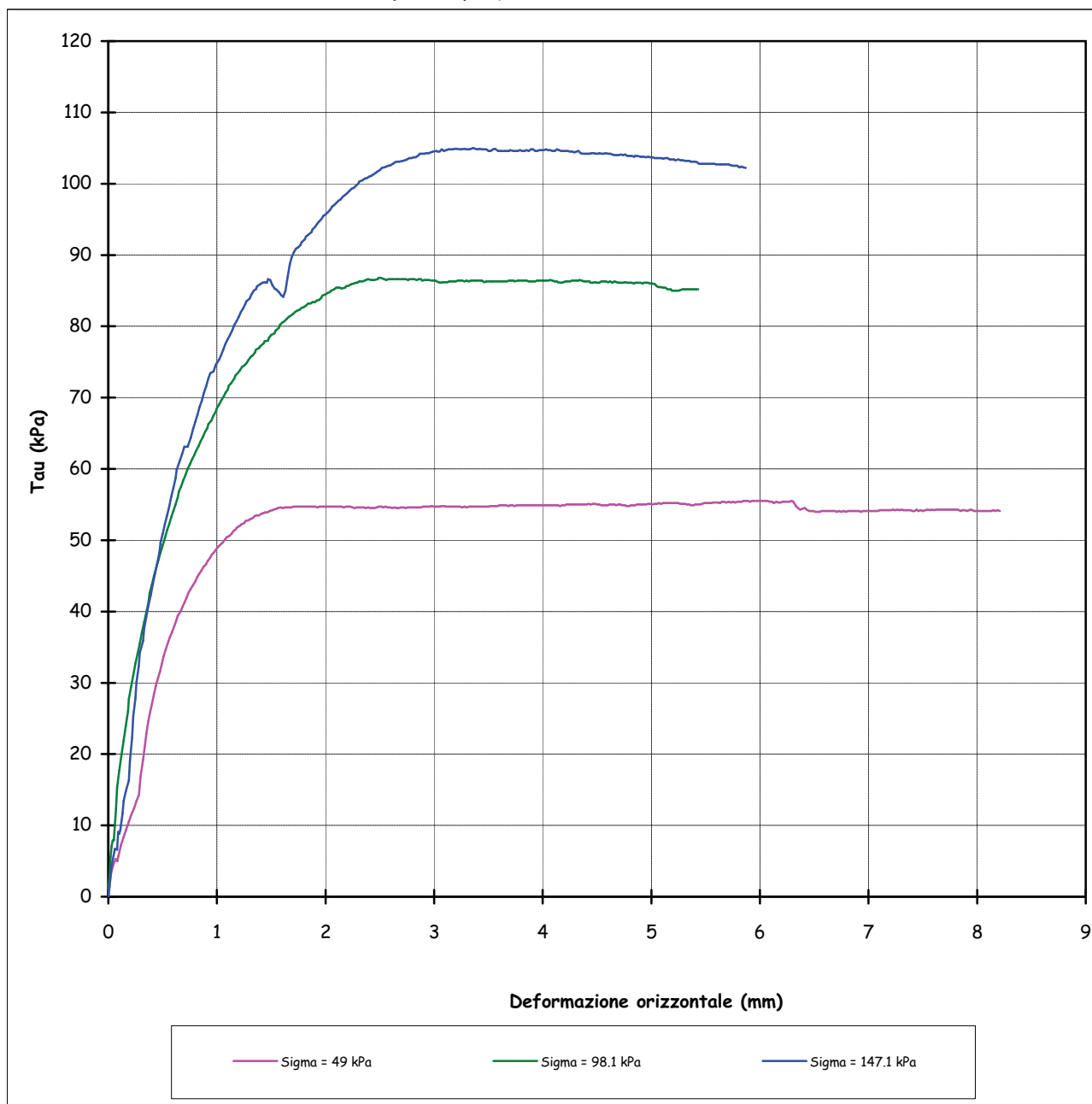
Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

Data prova: 17/03/23 - 28/03/23

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 07/11/05

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

Montelupo Fiorentino, li 28/03/2023

LOCALITA': Arcidosso (GR)

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

Tabella riassuntiva Certificato di Prova n. 282/2023

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	1.5 - 2.0
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19.7
Peso volume secco (kN/m ³)	16.1
Umidità naturale (%)	22.37
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	20.2
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	25.6

Michèle Colan





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 07/11/05

Certificati di Prova n. 283-285/2023

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

LOCALITA': Arcidosso (GR)

DATA ESECUZIONE PROVE: 14/03/23 - 27/03/23

CAMPIONI:

S1C2 profondità 6.5 - 6.8 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 4 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 5 - Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 6 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.283/2023

CAMPIONE S1C2 profondità .5 - .8 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

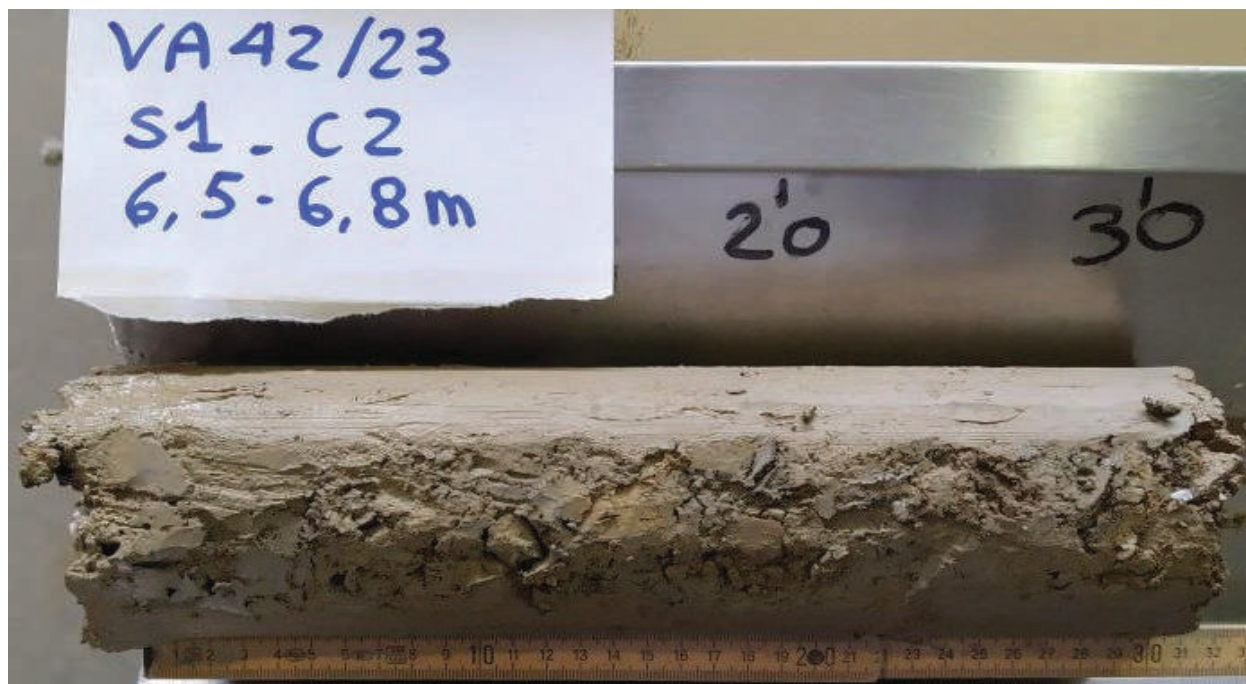
Data apertura campione: 14/03/23

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 30 cm: elementi litici argillitici in matrice limosa argillosa debolmente sabbiosa
colore marrone oliva chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, granulometria, edometria e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.283/2023****CAMPIONE S1C2** profondità .5 - .8 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

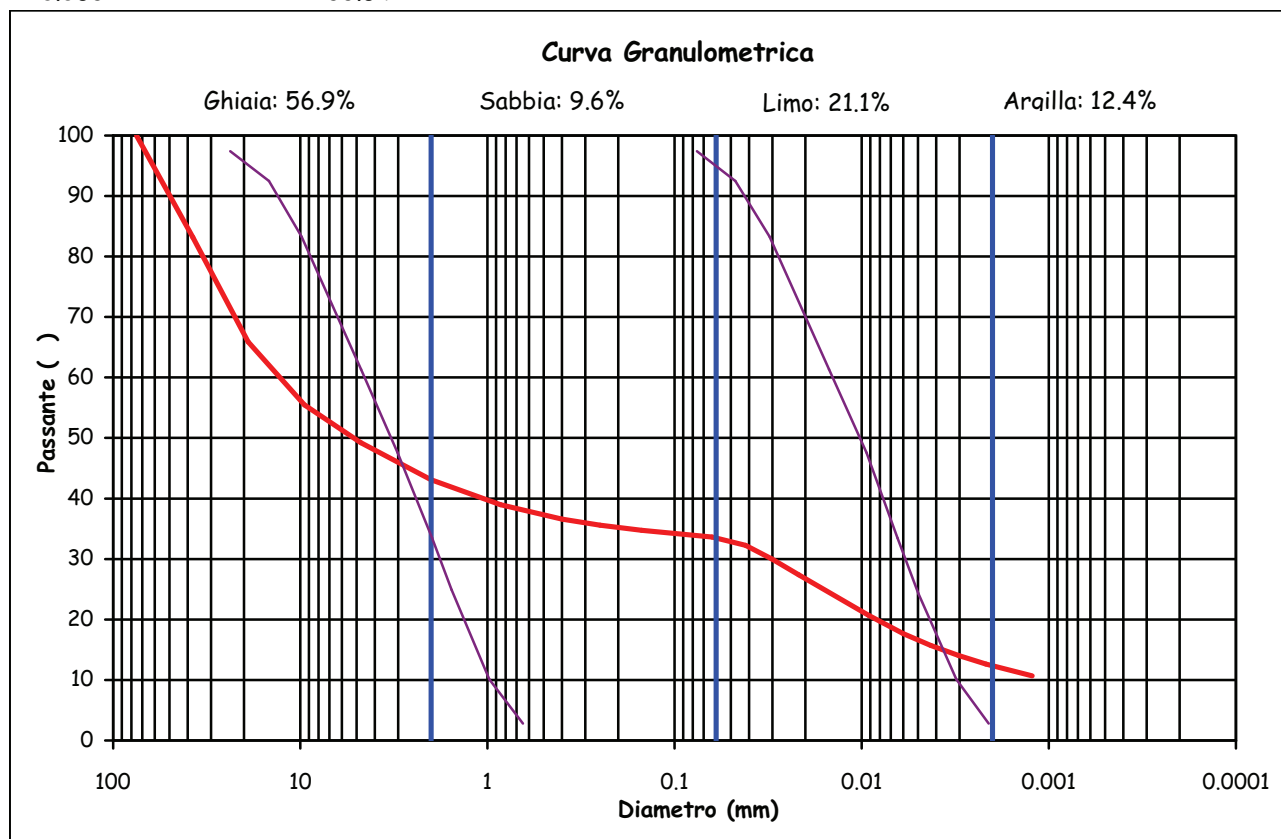
V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data prova: 14/03/23 - 20/03/23

Analisi granulometrica**Setacciatura per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892)****razione fine metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
75	100	0.0417	32.2
37.5	83.21	0.0301	30.0
19	65.89	0.0218	27.4
9.5	55.45	0.0092	20.7
4.75	49.24	0.0060	17.7
2	43.09	0.0043	15.7
0.850	38.98	0.0031	14.1
0.400	36.61	0.0022	12.7
0.250	35.60	0.0012	10.7
0.150	34.74		
0.063	33.64		



Definizione secondo A.G.I.:

Ghiaia limosa argillosa debolmente sabbiosa

Fusi granulometrici critici nei confronti della liquefazione (Tsuchida, 1970)

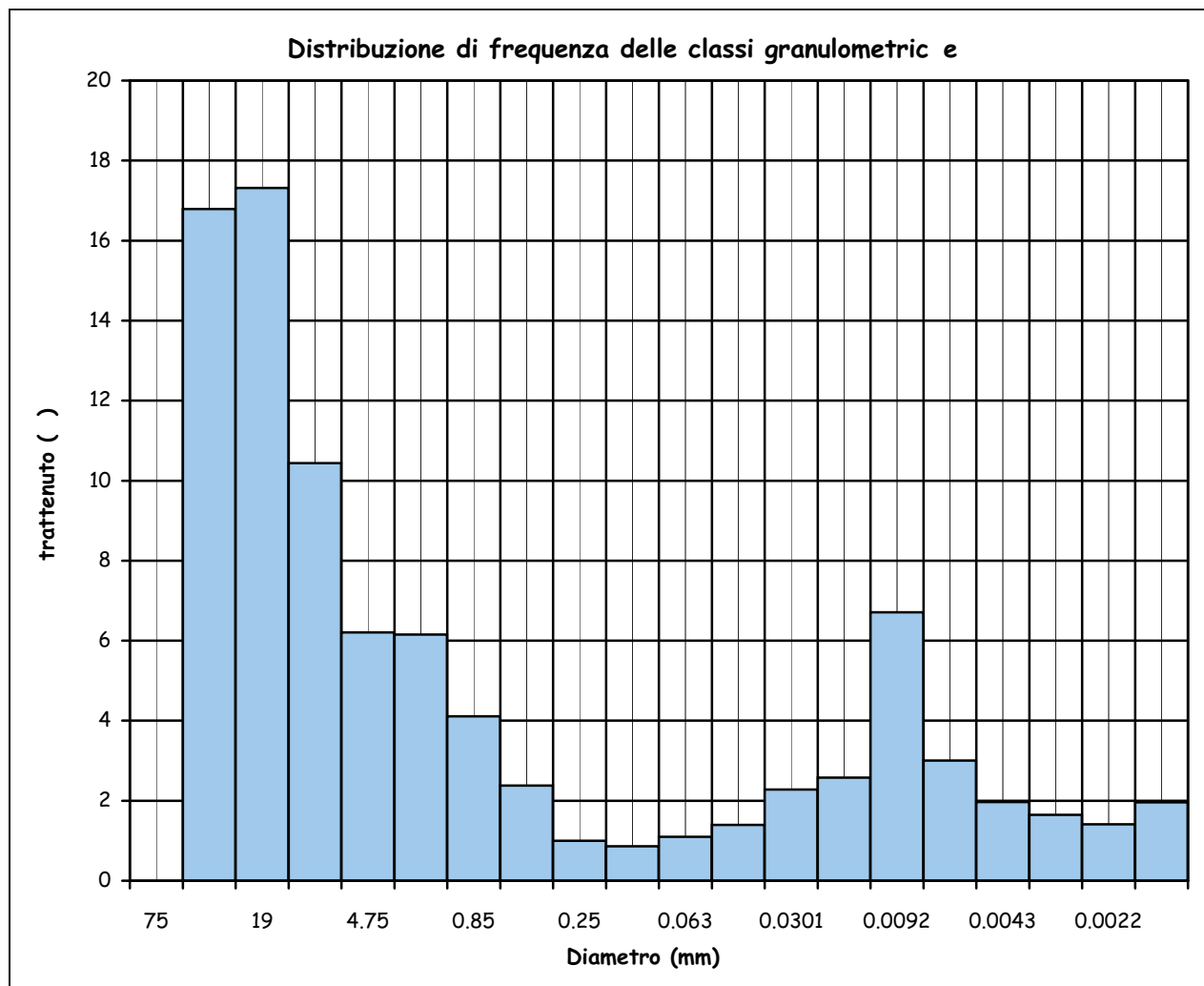
Lo sperimentatore
Dott. Alessandro BergioliIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.283/2023****CAMPIONE S1C2** profondità .5 - .8 m**COMMITTENTE:** RAM ENERGY E&C SRL**LOCALITA':** Arcidosso (GR)

Montelupo Fiorentino, li 28/03/2023

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

Data prova: 14/03/23 - 20/03/23

Analisi granulometricaCoefficiente di uniformità (C_u) = -Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 5.3284

Moda 19.0000

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro BorgioliIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.284/2023**

CAMPIONE S1C2 profondità .5 - .8 m	Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023
COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL	V.A. n. 42/23 del 10/03/23
LOCALITA': Arcidosso (GR)	Data prova: 14/03/23 - 27/03/23

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	inale
Altezza (mm)	20.015	18.449
Volume (cmc)	39.986	36.858
Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.7	21.9
Peso di volume secco (kN/m ³)	17.3	18.8
Contenuto d'acqua (%)	19.38	16.96

Pressione (kPa)	Cedimento ()	Mv (m ² /kN)
6.2	0.000	--
12.4	0.370	0.0005963
25.0	0.694	0.0002577
50.1	1.249	0.0002209
100.1	2.173	0.0001849
200.0	3.442	0.0001270
400.3	5.236	0.0000895
800.7	7.809	0.0000643
1601.6	10.442	0.0000329
400.5	10.087	0.0000030
100.2	9.058	0.0000343
25.1	7.824	0.0001643

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro BorgiaoliIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.284/2023

CAMPIONE S1C2 profondità .5 - .8 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

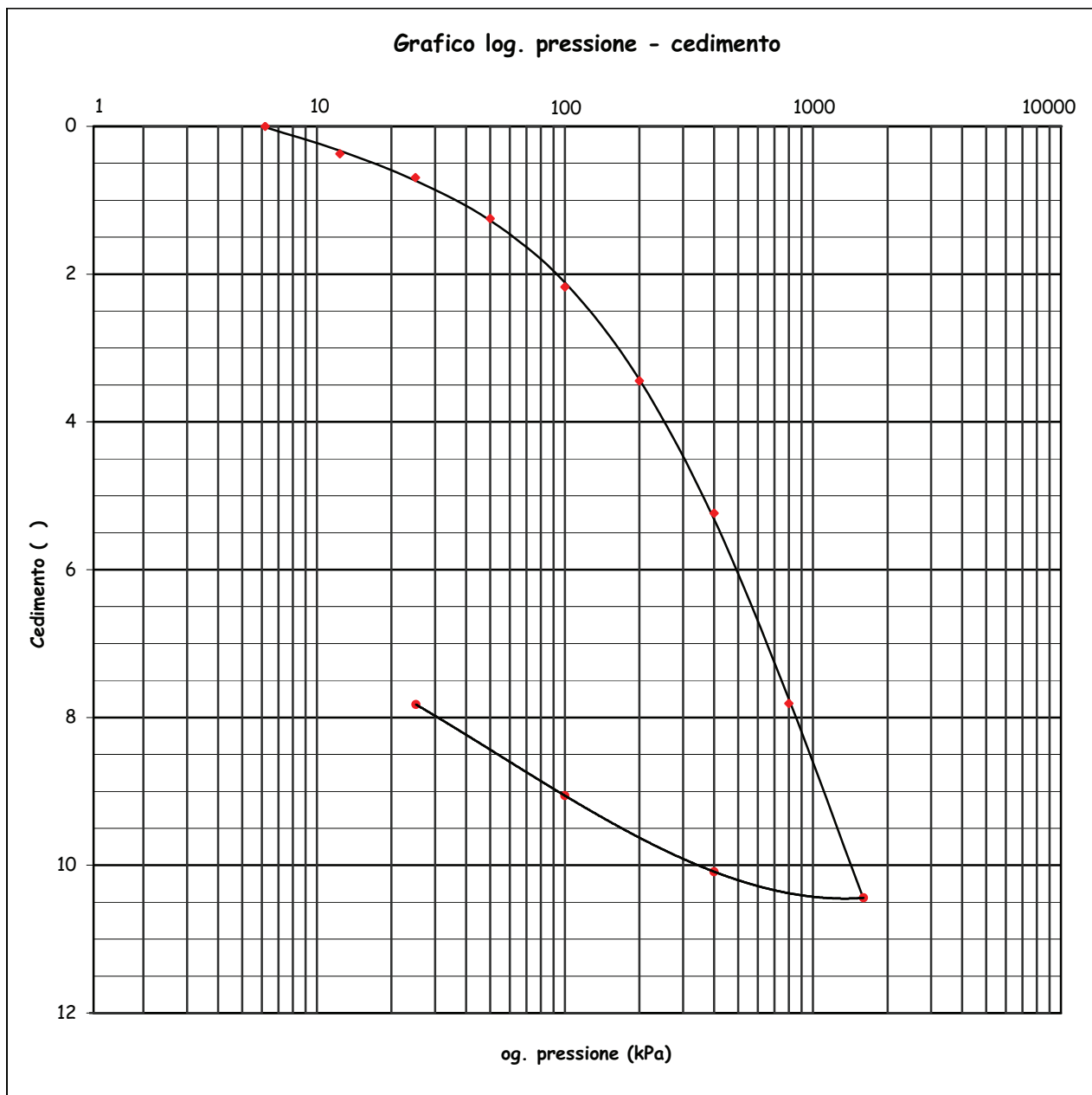
COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data prova: 14/03/23 - 27/03/23

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.284/2023****CAMPIONE S1C2** profondità .5 - .8 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data prova: 14/03/23 - 27/03/23

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 50.1 a 100.1 kPa				carico da 100.1 a 200 kPa			
tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)	tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)	tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)	tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	453	75.00	553	0.10	674	75.00	840
0.13	458	90.00	554	0.13	681	90.00	843
0.17	462	105.00	556	0.17	686	105.00	845
0.20	466	120.00	558	0.20	691	120.00	845
0.25	469	150.00	560	0.25	696	150.00	846
0.37	472	180.00	562	0.37	713	180.00	848
0.50	475	210.00	564	0.50	726	210.00	850
0.75	481	240.00	566	0.75	738	240.00	855
1.00	486	300.00	567	1.00	745	300.00	858
1.50	493	360.00	568	1.50	757	360.00	860
2.00	499	420.00	568	2.00	768	420.00	861
2.50	505	480.00	569	2.50	776	480.00	862
3.00	509	600.00	570	3.00	782	600.00	864
3.50	513	720.00	571	3.50	785	720.00	865
4.00	516	840.00	571	4.00	789	840.00	866
5.00	520	960.00	571	5.00	799	960.00	866
6.00	522	1080.00	572	6.00	805	1080.00	866
7.00	524	1200.00	572	7.00	809	1200.00	867
8.00	526	1320.00	573	8.00	812	1320.00	868
9.75	528	1440.00	573	9.75	815	1440.00	868
11.50	530			11.50	817		
13.25	532			13.25	818		
15.00	534			15.00	821		
18.75	537			18.75	824		
22.50	541			22.50	826		
26.25	543			26.25	827		
30.00	545			30.00	829		
37.50	548			37.50	834		
45.00	550			45.00	837		
52.50	551			52.50	838		
60.00	552			60.00	839		

Lo sperimentatore

Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.284/2023****CAMPIONE S1C2** profondità .5 - .8 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

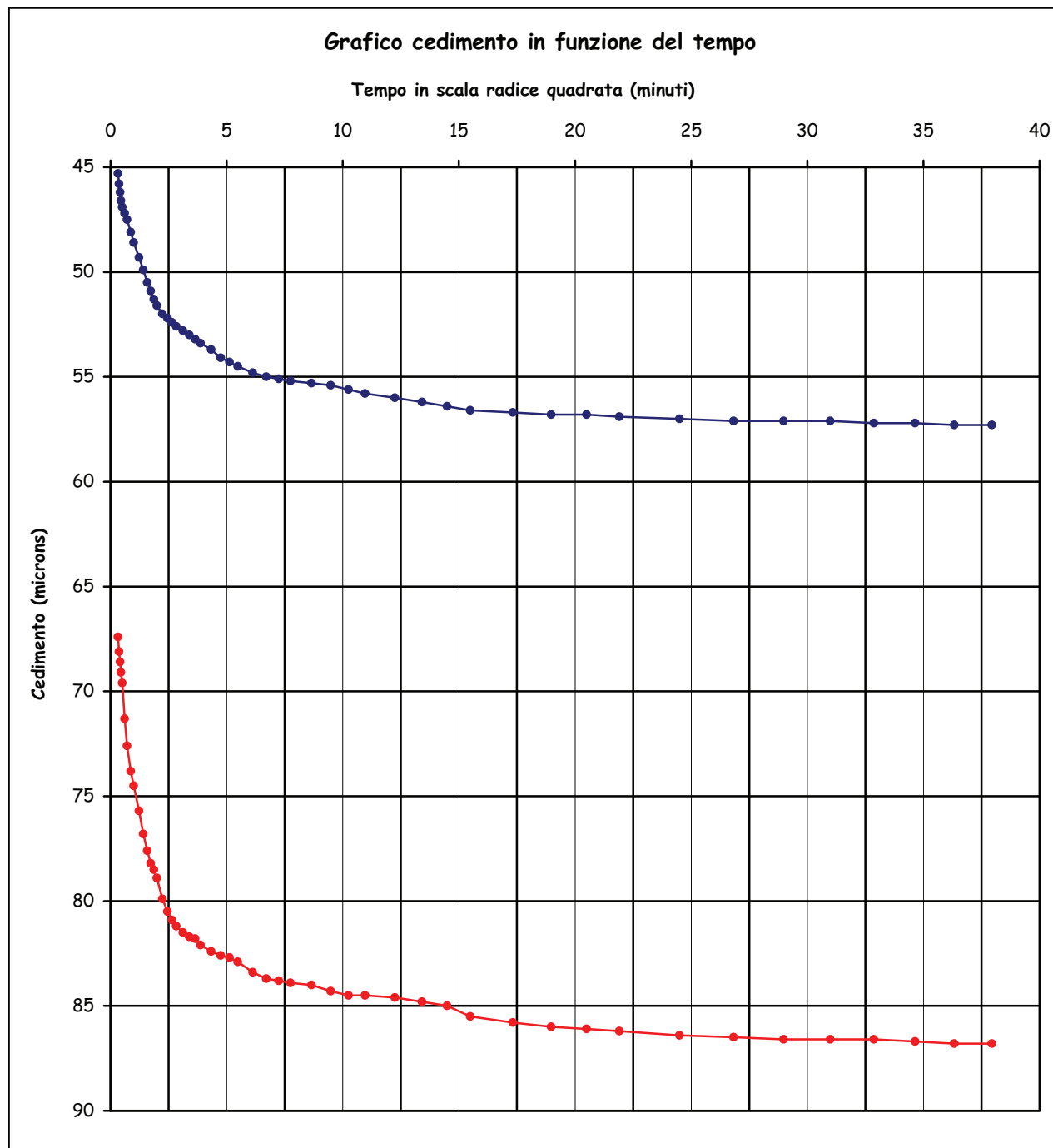
COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data prova: 14/03/23 - 27/03/23

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Lo sperimentatore
Dott. Alessandro BorgioliIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.285/2023****CAMPIONE S1C2** profondità .5 - .8 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

LOCALITA': Arcidosso (GR)

Data prova: 15/03/23 - 25/03/23

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

su provini ricostruiti con materiale passante al setaccio di apertura di 4.75 mm

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.6	20.6	20.5
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.6	22.0	21.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	17.0	17.0	16.6
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.7	18.0	18.2
Contenuto d'acqua iniziale (%)	21.34	21.54	23.17
Contenuto d'acqua finale (%)	21.89	22.37	18.85
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0040	0.0040	0.0040
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	62.0	92.1	133.0

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.08	3.6	0.09	18.7	0.15	22.9
0.16	7.0	0.22	32.7	0.36	41.0
0.28	12.0	0.42	44.7	0.59	56.1
0.40	17.9	0.59	51.4	0.83	68.7
0.56	24.3	0.79	58.9	1.16	81.5
0.74	27.4	1.08	67.0	1.53	91.8
0.89	35.2	1.33	72.9	1.90	99.6
1.14	43.3	1.65	78.4	2.33	108.3
1.36	47.7	1.99	83.2	2.83	114.9
1.60	50.8	2.36	86.0	3.35	119.9
1.88	54.4	2.74	87.1	3.91	122.5
2.17	56.7	3.16	88.5	4.53	126.4
2.46	58.1	3.62	89.9	5.16	128.0
2.78	59.2	4.10	90.4	5.85	129.4
3.16	60.3	4.61	91.3	6.58	130.8
3.50	60.9	5.17	91.3	7.35	131.6
3.91	60.9	5.72	91.3	8.14	132.5
4.30	62.0	6.31	92.1	8.99	133.0
4.71	60.9	6.89	92.1	9.84	132.2
5.09	60.9	7.48	91.5	10.70	131.9
5.52	60.3	8.08	91.8	11.52	130.5

Lo sperimentatore

Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.285/2023

CAMPIONE S1C2 profondità .5 - .8 m

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

LOCALITA': Arcidosso (GR)

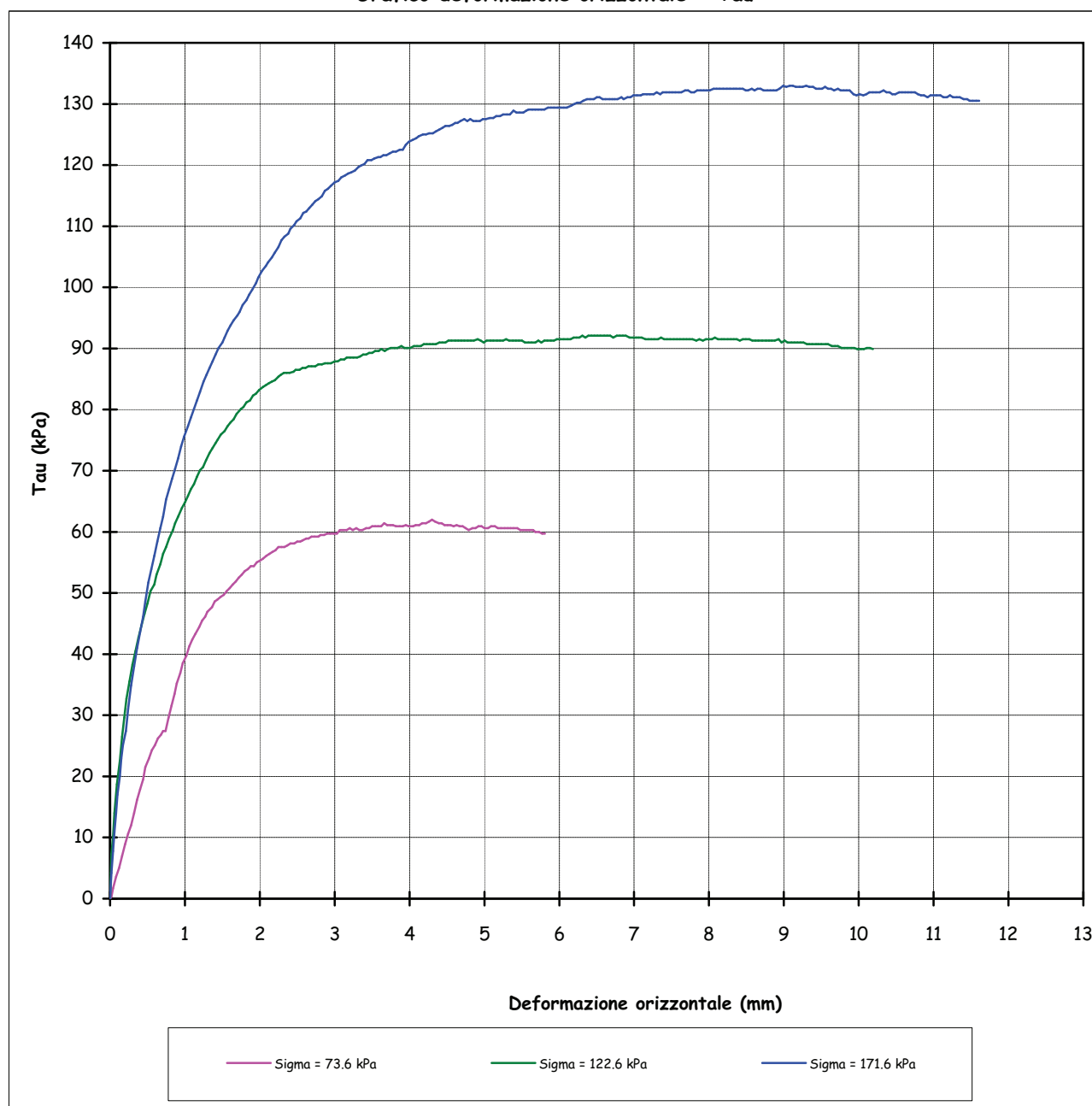
Montelupo Fiorentino, lì 28/03/2023

V.A. n. 42/23 del 10/03/23

Data prova: 15/03/23 - 25/03/23

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Dott. Alessandro Borgioli



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 07/11/05

COMMITTENTE: RAM ENERGY E&C SRL

Montelupo Fiorentino, li 28/03/2023

LOCALITA': Arcidosso (GR)

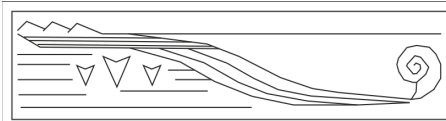
V.A. n. 42/23 del 10/03/23

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 283-285/2023

CAMPIONE	S1C2
Profondità metri	6.5 - 6.8
Granulometria	
Ghiaia (%)	56.9
Sabbia (%)	9.6
Limo (%)	21.1
Argilla (%)	12.4
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.6
Peso volume secco (kN/m ³)	17.0
Umidità naturale (%)	21.34
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	6.9
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	35.9
Prova edometrica	
Rapporto di ricomprensione, R_r	0.01728
Rapporto di compressione, R_c	0.08646
Rapporto di rigonfiamento, R_s	0.01881
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	134
C_v (cm ² /sec)	2.716E-03
(cm/sec)	2.068E-08
C_v (cm ² /sec)	2.341E-03
(cm/sec)	1.430E-08

Michèle Colm





STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com

PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLLNZ75E14C415M

INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE CON TECNICA

MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

REALIZZATA IN VIA BAGNOLI SNC (SST1 ARCIDOSSO)

NEL COMUNE DI ARCIDOSSO

PROVINCIA DI GROSSETO

Relazione tecnica conclusiva

Committente: SOFTEC srl x EGP

INDICE

1 - Premessa	pag. 1
2 - Generalità sul metodo MASW (Onde di Rayleigh)	pag. 1
3 - Attrezzature e metodologie impiegate	pag. 3
4 - Interpretazione dei dati	pag. 3

ALLEGATO n. 1 – Ubicazione del sito d'indagine.

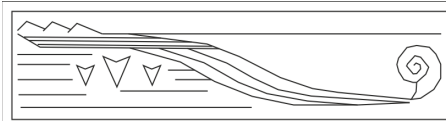
ALLEGATO n. 2 – Repertorio fotografico.

Novembre 2022

Dott. Geologo Lorenzo Ciulli



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591



1 - PREMESSA

La presente relazione sintetizza ed illustra i risultati di un'indagine sismica effettuata, mediante il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), in Via Bagnoli snc nel comune di Arcidosso (Grosseto). L'indagine M.A.S.W., effettuata nell'ambito del progetto del nuovo teleriscaldamento a servizio dei comuni di Arcidosso e Castel del Piano, ha lo scopo di caratterizzare la velocità delle onde **Sh** dei terreni presenti, per determinare il parametro **V_{s30}**, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 17/01/2018). L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati sulla base dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi ai dati geolitologici noti per la zona, derivanti dalle informazioni rintracciate in Letteratura e scaturiti direttamente dall'andamento della resistenza all'infissione misurata con le penetrometrie statiche e dinamiche superpesanti e dalle informazioni ottenute con l'indagine sismica a rifrazione realizzati in sito.

2 - GENERALITÀ SUL METODO MASW (ONDE DI RAYLEIGH)

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

Le onde di *Rayleigh*, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

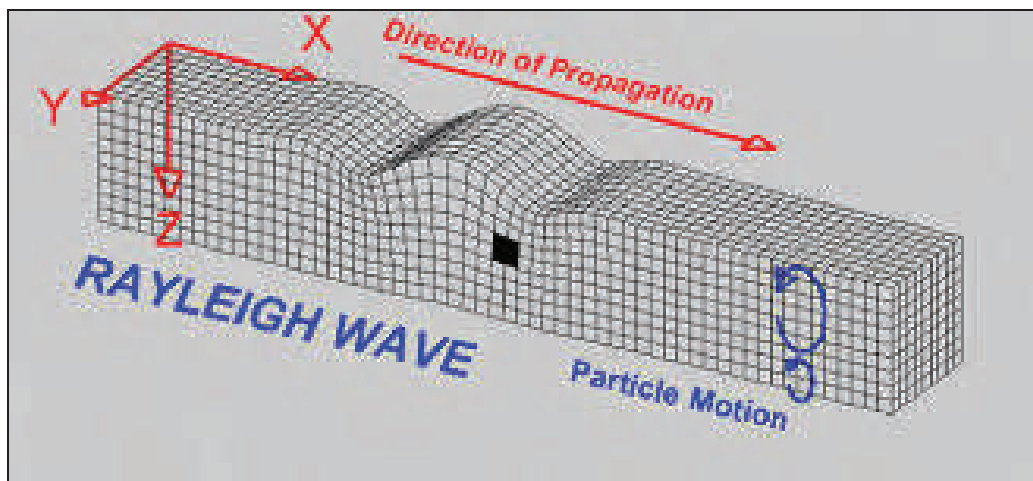
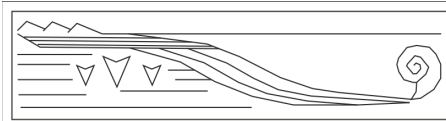


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale. L'energia convertita in onde di *Rayleigh* è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P e S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r , e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di *Rayleigh* presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio. In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione delle frequenze, non si ha dispersione, cioè la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione delle frequenze. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di $\lambda/2$ circa. Le



componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la V_s è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

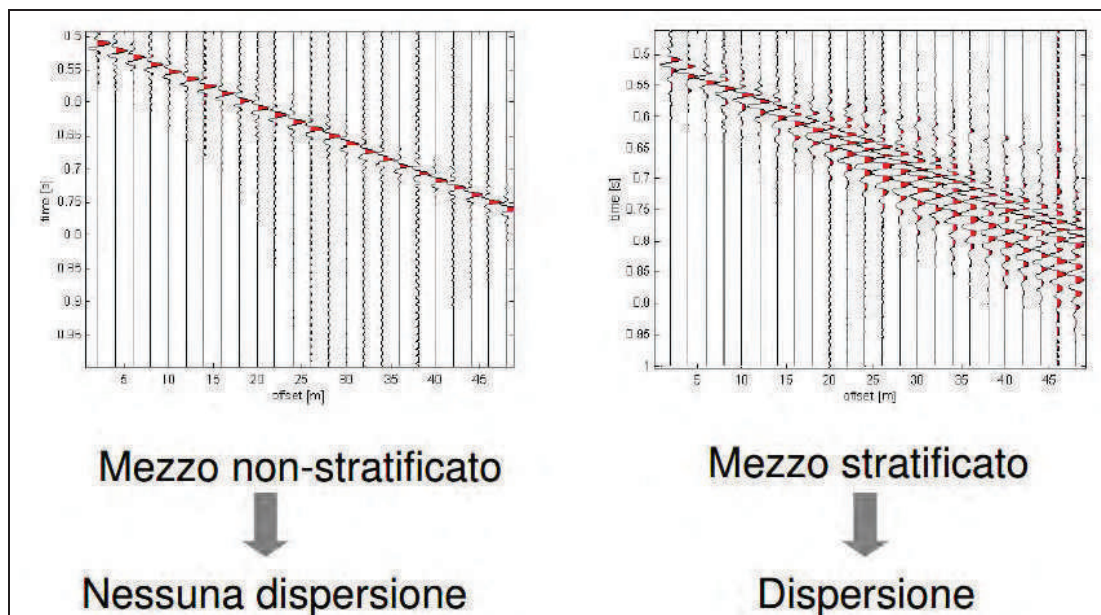
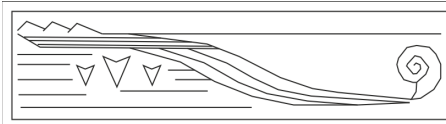


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5Hz). La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona λ_{max} e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile. E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalla disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione. Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;



- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs della curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità. La procedura di inversione utilizzata dal software "Winmasw" è legata agli algoritmi genetici, il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana. E' estremamente utile, per una interpolazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

3 - ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine è stato impiegato un sistema di acquisizione composto dalla seguente attrezzatura:

- n. 1 sismografo a 24 bit (24/48 canali) del tipo PASI "GEA-24" – matricola 21525
- n. 2 cavi sismici a 12 tracce con intervallo 5m con connettore NK27221C del tipo split-spring
- n. 24 geofoni verticali da 4.5Hz con connettore del tipo split-spring
- n. 1 pannello di battuta in alluminio (20x20x5cm)
- n. 1 starter piezoelettrico (Hammer Switch) con cavo
- n. 1 cavo trigger da 150 metri montato su rullo
- n. 1 mazza di battuta da 5Kg

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

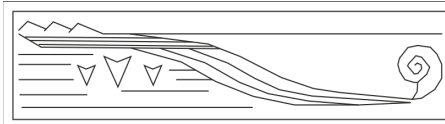
- ✓ numero geofoni: 24
- ✓ distanza intergeofonica: 2,00m
- ✓ numero punti di energizzazione (shots): n. 5 energizzazioni a 4 m ed a 8 m (offset) dal geofono n. 24 della linea. Tutte le energizzazioni sono state prodotte utilizzando la mazza di battuta da 5Kg.
- ✓ tempo di acquisizione: 1sec.

Il software impiegato per l'acquisizione dati è "GEA24" vers. 2.2.6 per Windows10, 7, 2.5_2.9. (In caso di richiesta il sottoscritto fornirà la certificazione di calibrazione della suddetta attrezzatura debitamente rilasciata dalla ditta produttrice P.A.S.I. srl di Torino - Italia).

Il profilo morfologico lungo il quale è stato eseguito lo stendimento è pressoché pianeggiante e coincidente con la diagonale del terrazzamento esistente a valle di Via Bagnoli, oggetto del futuro intervento di costruzione della stazione di scambio termico (SST1). La lunghezza dello stendimento è dettata dallo spazio disponibile.

4 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software ZondST2D di Zond Geophysical Software con licenza intestata al sottoscritto, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato *.seg2 prodotti dalla strumentazione PASI. Allo scopo di verificare la bontà dei dati ed il corretto approccio nell'analisi degli stessi si è preferito elaborare distintamente quanto acquisito con offset a 6 e con offset a 4 metri.



La rappresentazione del file dei dati acquisiti ("common-shot gather" – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000msec.) è la seguente:

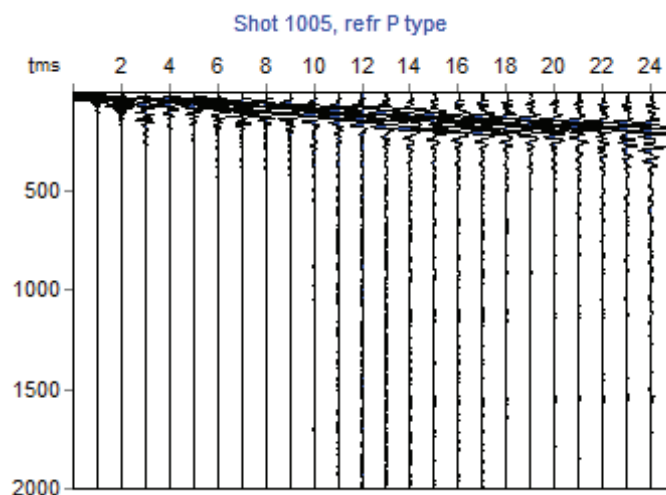


Figura 3 – Sismogramma (Common shot gather).

Di seguito è rappresentato lo spettro di velocità 2D (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al modo fondamentale di propagazione dell'onda superficiale di *Rayleigh*.

In particolare, durante le operazioni di picking della curva di dispersione è stato selezionato il modo fondamentale di propagazione delle onde (fundamental mode) escludendo i successivi.

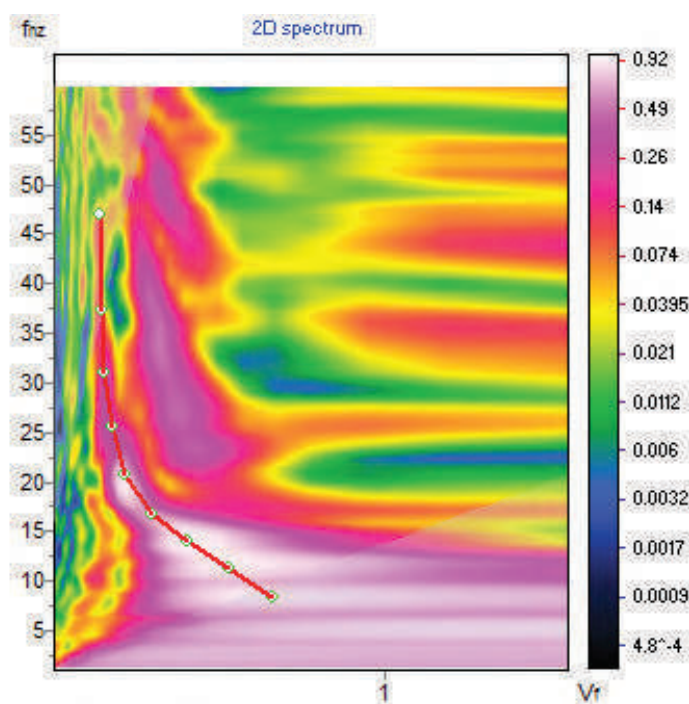
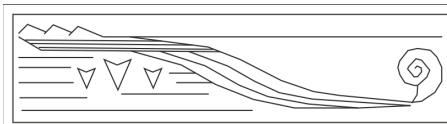


Figura 4.1 – Spettro delle velocità e picking per la determinazione della curva di dispersione (offset 4m).



Al fine di ottimizzare le operazioni di picking è stato poi valutato l'andamento omogeneo e continuo dello spettro "numero d'onda v_s frequenza" (wavenumber-frequency spectrum) del segnale acquisito, del quale se ne ripropone uno stralcio di seguito.

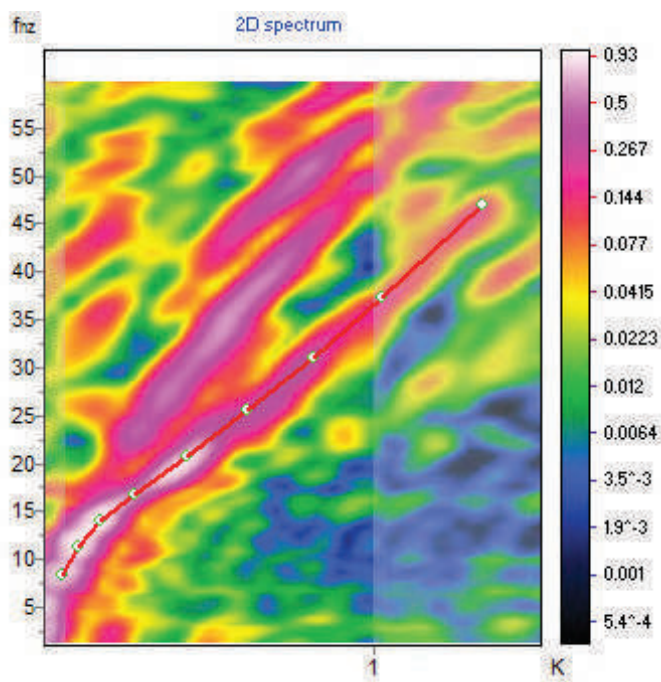


Figura 4.2 – wavenumber-frequency spectrum (offset 4m).

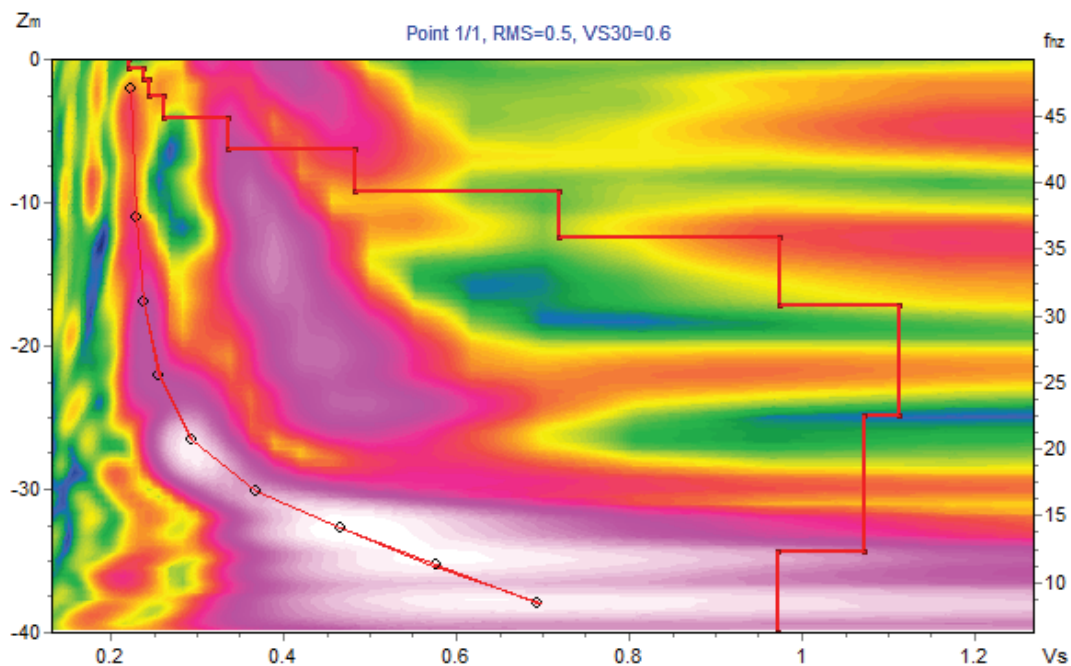
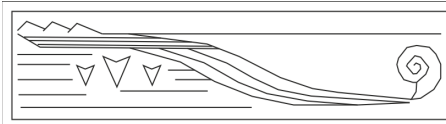


Figura 5 – Profilo verticale delle velocità delle onde S derivante dal processo di inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (offset 4m).



Le velocità delle onde di taglio lungo il profilo spinto fino a circa 40 metri di profondità dalla superficie sono le seguenti:

TABELLA RIASSUNTIVA ACQUISIZIONE OFFSET 6 metri			
strato	Velocità Vs	spessore	Profondità del tetto
1	220	0,6	0
2	250	0,8	0,6
3	260	1,1	1,4
4	340	1,6	2,5
5	480	2,2	4,1
6	720	3	6,3
7	970	3,2	9,3
8	1110	4,7	12,5
9	1070	7,6	17,2
10	970	5,2	

I dati ottenuti descrivono in sintesi il seguente scenario:

- presenza di un bedrock sismico nei primi 30 metri dalla superficie,
- presenza di inversioni di velocità tuttavia non degne di nota

La categoria sismica di suolo determinata dal piano campagna è la B per una velocità di poco superiore ai 380 m/s (393).

Cecina, 10 Novembre 2022

Dott. Geologo Ciulli Lorenzo

Ordine dei Geologi della Toscana



SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagine sismica a rifrazione in onde di compressione (P) mediante elaborazione tomografica



first break
Advanced Geophysical Services

SRT Loc. Arcidosso - Line 1_onda P

Info Commessa

Commessa
Comitente
Dot. Geol. Lorenzo Ciulli
Sito
Arcidosso (GR)
Oggetto
processing dati sismica a rifrazione onde P

Strumentazione

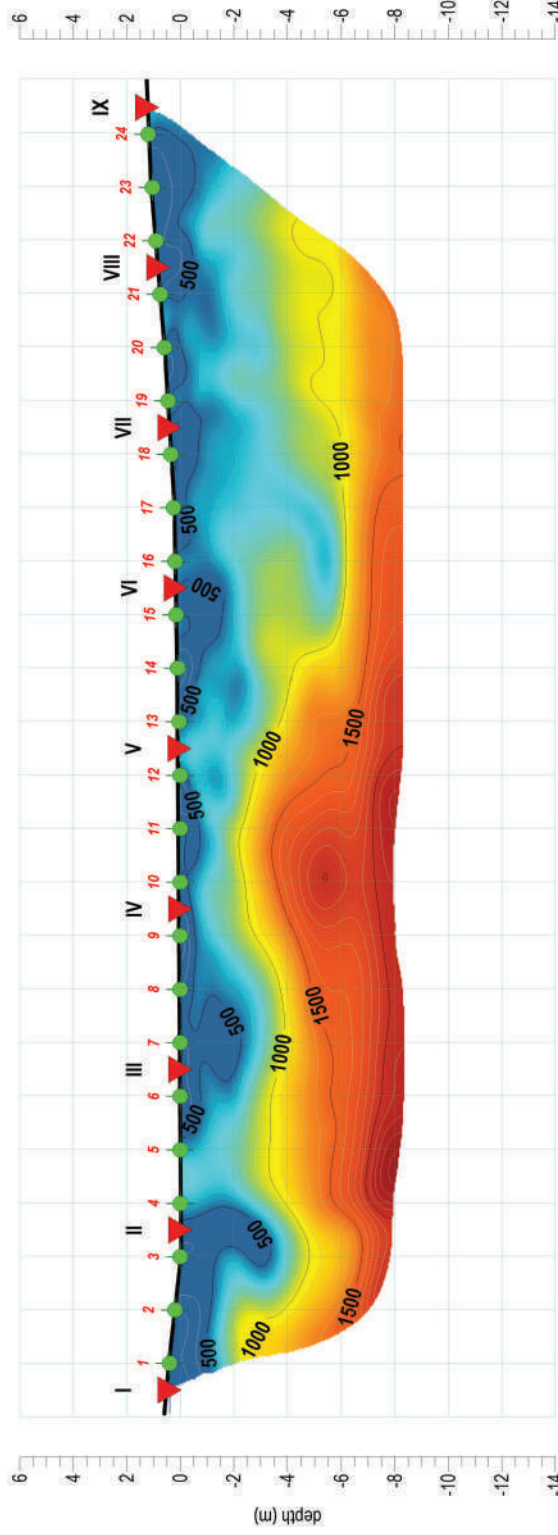
seismografo: Paset Gra24
sensori:
sorgente: mezza 8kg
velocimetria verticali freq. 4.5Hz

Acquisizione

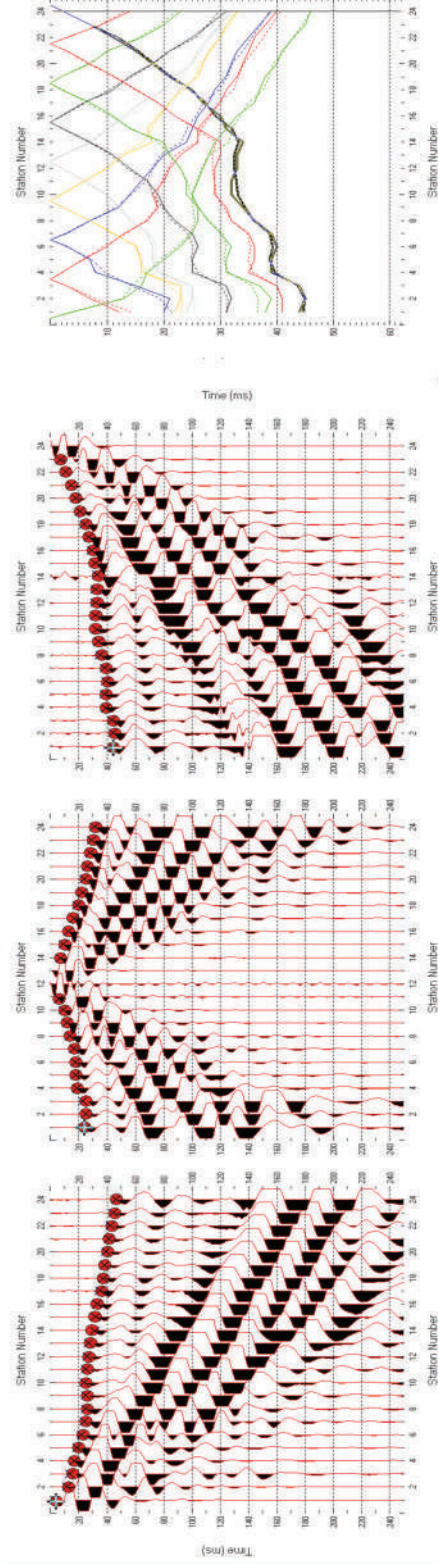
data acquisizione: 03 nov 22
operatore: Dott. Geol. Lorenzo Ciulli
durata registrazione: 1.0s
campionamento: 250ms (4000Hz)
numero di sensori: 24
interferenza: 2 km
punti di sparo: 9

Data processing

elaborazione:
data elaborazione: 14 nov 2022
metodo di analisi: tomografia
software: Rayfast
versione: 4.02



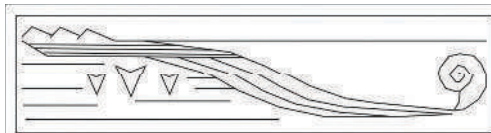
distanza dal primo ricevitore (m) - isolinee ogni 100 m/s



Legenda

- Geofoni
- Posizioni di scoppio
- Altre linee sismiche
- Sondaggi a carotaggio
- Prove perimetrali
- Rilievi con metodi classici (GRM o plus-minus)
- Log Vs da metodi MASW
- Tracce osservate (picking)
- Tracce sintetiche (synthetic travellines)





STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 [e-mail: cl.geologist@gmail.com](mailto:cl.geologist@gmail.com)

[PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it](mailto:ciulli.lorenzo@pec.epap.it)

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLNZ75E14C415M

CAMPAGNA DI INDAGINE PENETROMETRICA (DPSH+CPT)

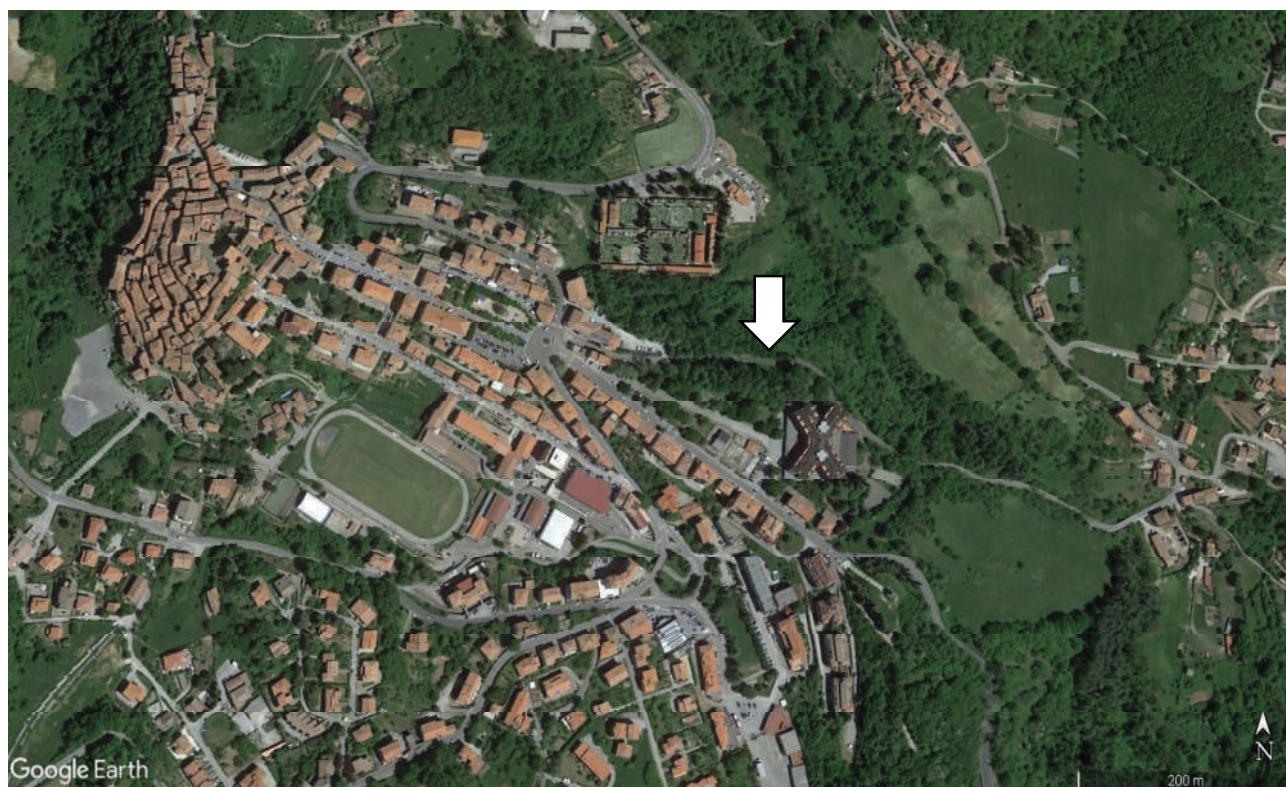
Committente: SOFTEC srl x EGP

Descrizione: Nuova stazione di scambio termico

Località: Via Bagnoli snc - Arcidosso (GR)

Codice commessa: 23-11-2022

Numero certificati allegati: 1



Dott. Geologo Ciulli Lorenzo



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-100 PAGANI**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,6 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,46
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: CPT TG 63-100 PAGANI

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato DPSH TG 63-100 PAGANI

Prova eseguita in data 23/11/2022

Profondità prova 7,40mt

Falda: -3,50 ÷ -4,00 mt da p.c.

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	20	0,797	153,72	192,87	7,69	9,64
0,80	12	0,843	97,59	115,72	4,88	5,79
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89



1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	5	0,823	36,68	44,55	1,83	2,23
2,20	6	0,820	43,85	53,47	2,19	2,67
2,40	7	0,817	50,97	62,38	2,55	3,12
2,60	6	0,814	40,46	49,69	2,02	2,48
2,80	10	0,811	67,20	82,82	3,36	4,14
3,00	6	0,809	40,18	49,69	2,01	2,48
3,20	7	0,806	46,73	57,97	2,34	2,90
3,40	8	0,803	53,23	66,25	2,66	3,31
3,60	4	0,801	24,78	30,94	1,24	1,55
3,80	5	0,798	30,88	38,68	1,54	1,93
4,00	5	0,796	30,79	38,68	1,54	1,93
4,20	7	0,794	42,98	54,15	2,15	2,71
4,40	7	0,791	42,86	54,15	2,14	2,71
4,60	4	0,789	22,91	29,03	1,15	1,45
4,80	8	0,787	45,70	58,06	2,28	2,90
5,00	10	0,785	56,97	72,57	2,85	3,63
5,20	12	0,783	68,19	87,08	3,41	4,35
5,40	8	0,781	45,34	58,06	2,27	2,90
5,60	6	0,779	31,95	41,00	1,60	2,05
5,80	12	0,777	63,74	82,01	3,19	4,10
6,00	7	0,775	37,10	47,84	1,85	2,39
6,20	7	0,774	37,01	47,84	1,85	2,39
6,40	13	0,722	64,15	88,84	3,21	4,44
6,60	11	0,770	54,72	71,04	2,74	3,55
6,80	18	0,719	83,55	116,24	4,18	5,81
7,00	19	0,717	88,00	122,70	4,40	6,13
7,20	17	0,716	78,57	109,78	3,93	5,49
7,40	21	0,664	90,07	135,61	4,50	6,78

Rifiuto strumentale

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coefficiente di correlazione con Nspt	NSPT
1,8	2,29	22,01	Incoerente - coesivo	1,66	1,86	0,15	1,46	3,34
4,6	5,92	48,43	Incoerente - coesivo	1,93	2,12	0,57	1,49	8,82
6,2	8,75	61,81	Incoerente - coesivo	2,04	2,24	0,85	1,5	13,16
7,4	16,5	107,37	Incoerente - coesivo	2,12	2,22	1,02	1,51	24,91

**CPT 1**

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 23/11/2022

Profondità prova: 9.60 mt

Falda rilevata: -5,00 mt da p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	1,066667	0,0	
0,60	15,00	31,0	15,0	1,066667	14,062	7,1
0,80	15,00	31,0	15,0	1,133333	13,235	7,6
1,00	19,00	36,0	19,0	0,333333	57,0	1,8
1,20	24,00	29,0	24,0	0,8	30,0	3,3
1,40	29,00	41,0	29,0	0,8	36,25	2,8
1,60	19,00	31,0	19,0	1,266667	15,0	6,7
1,80	15,00	34,0	15,0	1,133333	13,235	7,6
2,00	14,00	31,0	14,0	1,533333	9,13	11,0
2,20	25,00	48,0	25,0	0,466667	53,571	1,9
2,40	44,00	51,0	44,0	1,666667	26,4	3,8
2,60	20,00	45,0	20,0	0,666667	30,0	3,3
2,80	33,00	43,0	33,0	1,533333	21,522	4,6
3,00	13,00	36,0	13,0	1,333333	9,75	10,3
3,20	22,00	42,0	22,0	1,333333	16,5	6,1
3,40	28,00	48,0	28,0	1,333333	21,0	4,8
3,60	43,00	63,0	43,0	1,066667	40,312	2,5
3,80	17,00	33,0	17,0	2,0	8,5	11,8
4,00	13,00	43,0	13,0	1,333333	9,75	10,3
4,20	13,00	33,0	13,0	1,533333	8,478	11,8
4,40	32,00	55,0	32,0	1,533333	20,87	4,8
4,60	21,00	44,0	21,0	1,666667	12,6	7,9
4,80	16,00	41,0	16,0	1,666667	9,6	10,4
5,00	31,00	56,0	31,0	1,0	31,0	3,2
5,20	35,00	50,0	35,0	1,933333	18,103	5,5
5,40	25,00	54,0	25,0	1,8	13,889	7,2
5,60	14,00	41,0	14,0	1,133333	12,353	8,1
5,80	18,00	35,0	18,0	2,333333	7,714	13,0
6,00	21,00	56,0	21,0	2,533333	8,289	12,1
6,20	44,00	82,0	44,0	1,466667	30,0	3,3
6,40	29,00	51,0	29,0	2,4	12,083	8,3
6,60	50,00	86,0	50,0	5,2	9,615	10,4
6,80	72,00	150,0	72,0	5,4	13,333	7,5
7,00	76,00	157,0	76,0	3,733333	20,357	4,9
7,20	30,00	86,0	30,0	3,4	8,824	11,3
7,40	102,00	153,0	102,0	6,8	15,0	6,7
7,60	62,00	164,0	62,0	1,466667	42,273	2,4
7,80	79,00	101,0	79,0	4,133333	19,113	5,2
8,00	73,00	135,0	73,0	3,733333	19,554	5,1
8,20	91,00	147,0	91,0	2,0	45,5	2,2
8,40	98,00	128,0	98,0	3,733333	26,25	3,8
8,60	45,00	101,0	45,0	1,8	25,0	4,0
8,80	26,00	53,0	26,0	5,666667	4,588	21,8



9,00	145,00	230,0	145,0	5,466667	26,524	3,8
9,20	85,00	167,0	85,0	3,133333	27,128	3,7
9,40	165,00	212,0	165,0	1,866667	88,393	1,1
9,60	39,00	67,0	39,0	0,0		0,0

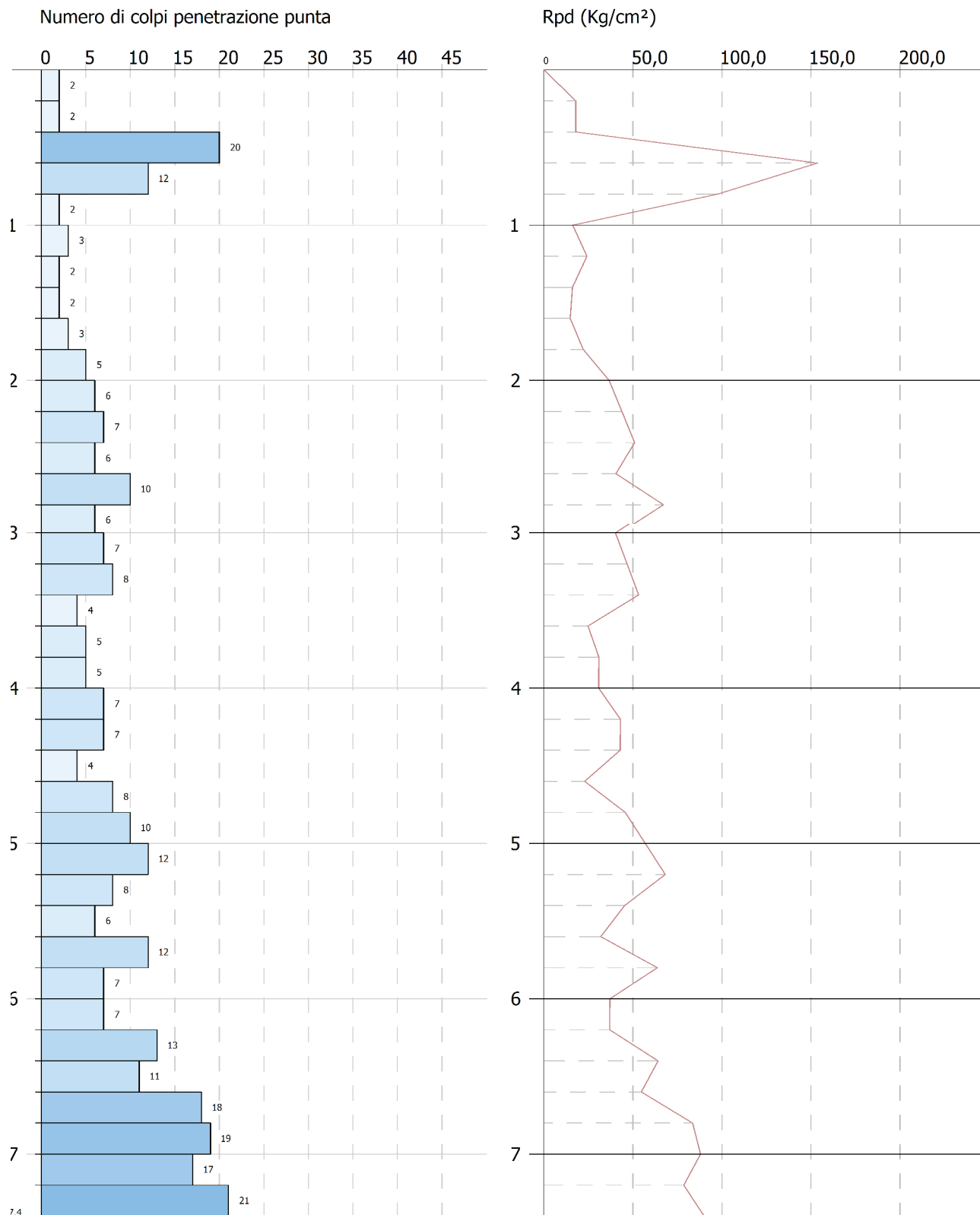
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione (metodo di Schmertmann)
0,40	0,0	0,533334	0,0		Stima non eseguibile
0,80	15,0	1,1	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,00	19,0	0,333333	1,9	Incoerente-Coesivo	Sabbie
1,20	24,0	0,8	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
1,40	29,0	0,8	2,0	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
1,60	19,0	1,266667	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2,00	14,5	1,333333	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
2,20	25,0	0,466667	1,9	Incoerente-Coesivo	Sabbie
2,80	32,33333	1,288889	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
3,00	13,0	1,333333	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
3,20	22,0	1,333333	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
3,40	28,0	1,333333	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
3,60	43,0	1,066667	2,1	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
3,80	17,0	2,0	1,9	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4,20	13,0	1,433333	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
4,40	32,0	1,533333	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
4,60	21,0	1,666667	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4,80	16,0	1,666667	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
5,00	31,0	1,0	2,0	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5,40	30,0	1,866667	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
5,60	14,0	1,133333	1,9	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
6,00	19,5	2,433333	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
6,20	44,0	1,466667	2,1	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
6,80	50,33333	4,333333	2,1	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7,00	76,0	3,733333	2,2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
7,20	30,0	3,4	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7,40	102,0	6,8	2,2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
7,60	62,0	1,466667	2,2	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
8,00	76,0	3,933333	2,2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
8,40	94,5	2,866667	2,2	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
8,60	45,0	1,8	2,1	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
8,80	26,0	5,666667	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
9,20	115,0	4,3	2,3	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
9,40	165,0	1,866667	2,0	Incoerente-Coesivo	Sabbie addensate o cementate

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Committente: SOFTEC per EGP
 Descrizione: SST1 Arcidosso
 Localita': Arcidosso (GR)

23/11/2022

Scala 1:37



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: SOFTEC per EGP
Cantiere: SST1 Arcidosso
Località: Arcidosso (GR)

Data: 23/11/2022

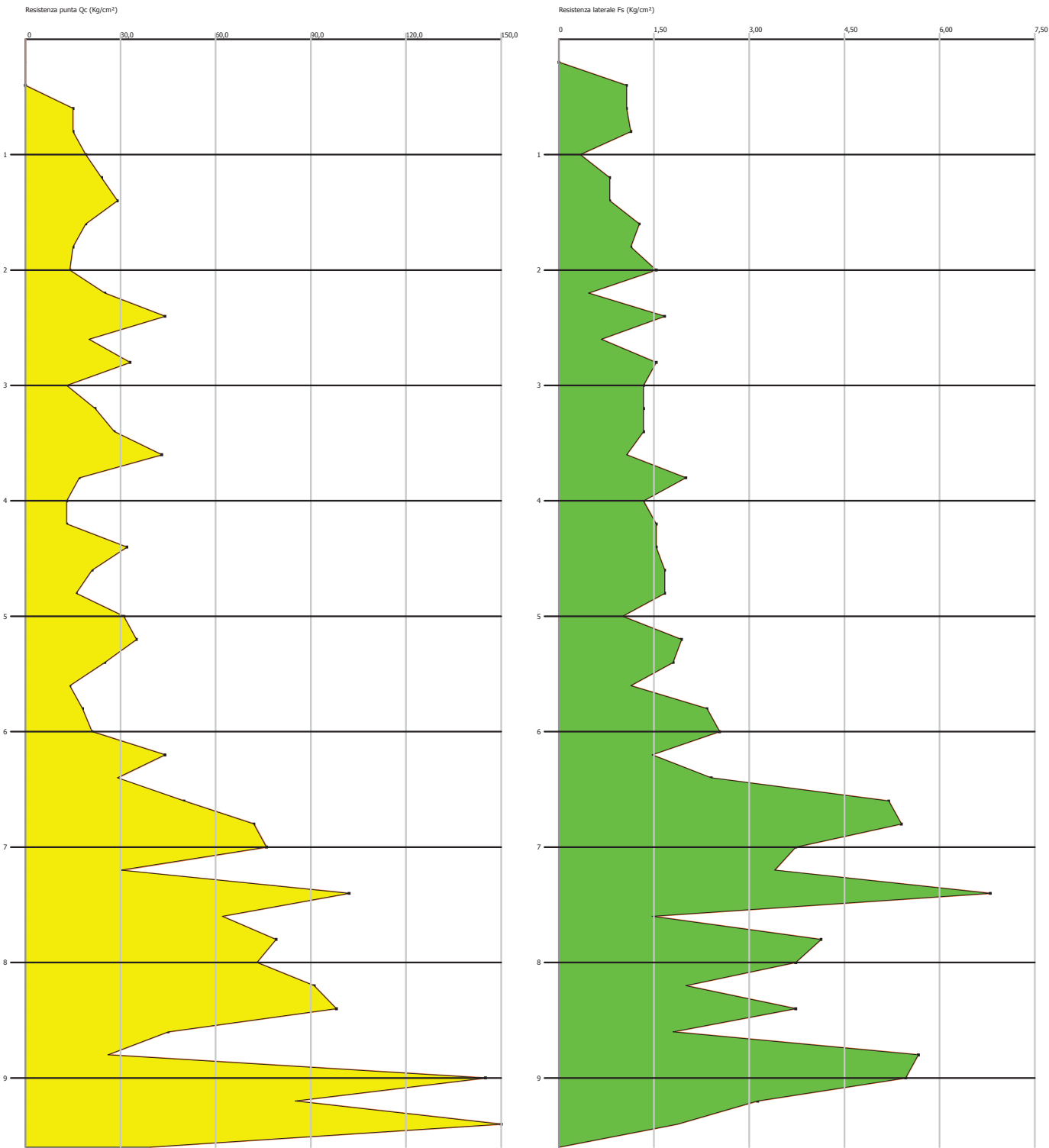
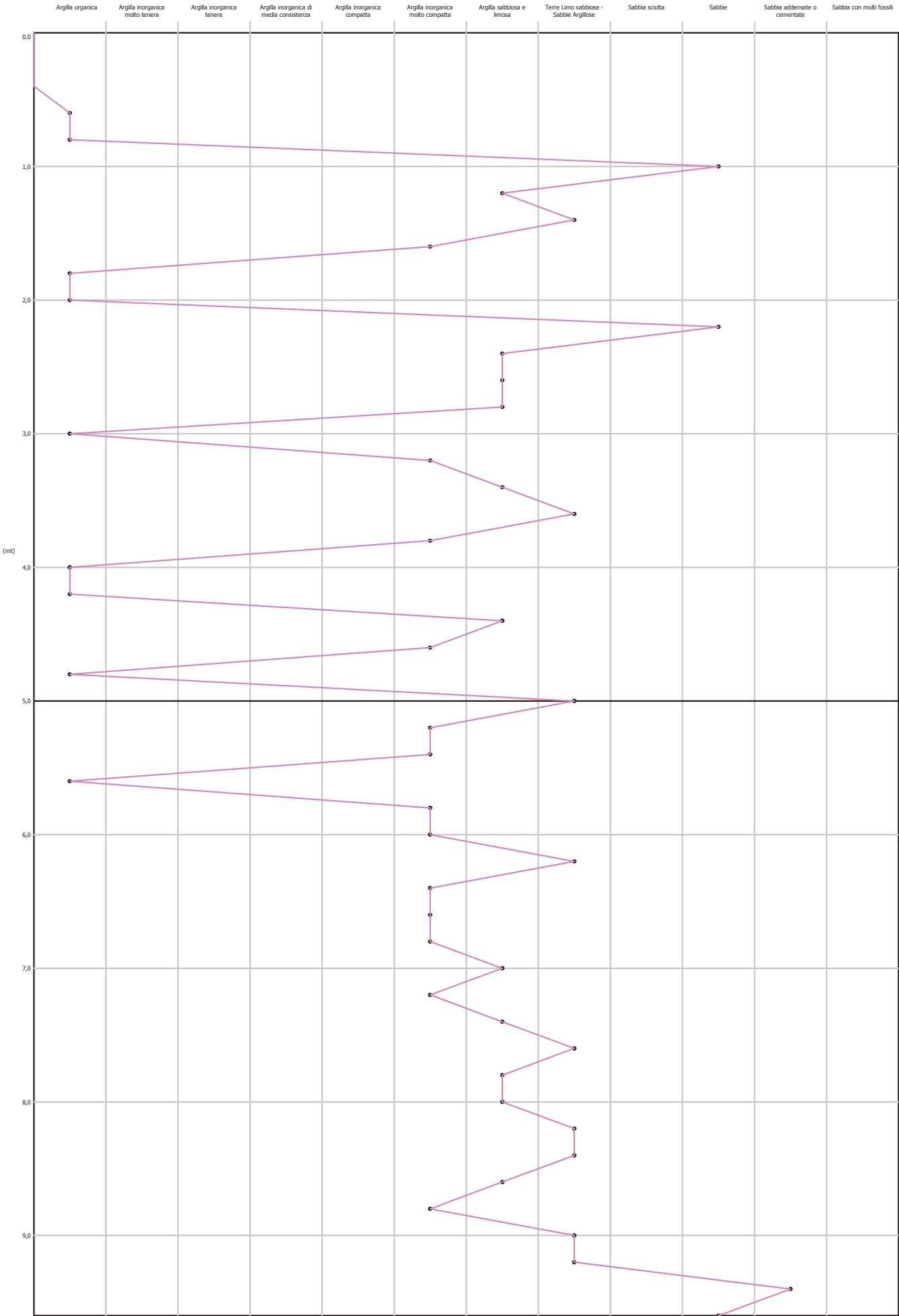
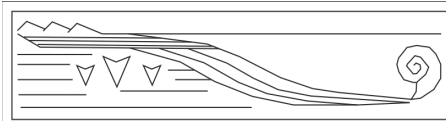


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.1



CENTRALE DI SCAMBIO TERMICO SSTS2 BAGNOLI



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 [e-mail: cl.geologist@gmail.com](mailto:cl.geologist@gmail.com)

[PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it](mailto:ciulli.lorenzo@pec.epap.it)

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLLNZ75E14C415M

INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE CON TECNICA

MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

REALIZZATA IN LOCALITA' BAGNOLI (SST2 BAGNOLI)

NEL COMUNE DI ARCIDOSSO

PROVINCIA DI GROSSETO

Relazione tecnica conclusiva

Committente: SOFTEC srl x EGP

INDICE

1 - Premessa	pag. 1
2 - Generalità sul metodo MASW (Onde di Rayleigh)	pag. 1
3 - Attrezzature e metodologie impiegate	pag. 3
4 - Interpretazione dei dati	pag. 3

ALLEGATO n. 1 – Ubicazione del sito d'indagine.

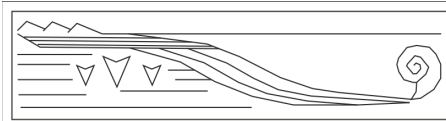
ALLEGATO n. 2 – Repertorio fotografico.

Novembre 2022

Dott. Geologo Lorenzo Ciulli



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591



1 - PREMESSA

La presente relazione sintetizza ed illustra i risultati di un'indagine sismica effettuata, mediante il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), in località Bagnoli nel comune di Arcidosso (Grosseto). L'indagine M.A.S.W., effettuata nell'ambito del progetto del nuovo teleriscaldamento a servizio dei comuni di Arcidosso e Castel del Piano, ha lo scopo di caratterizzare la velocità delle onde **Sh** dei terreni presenti, per determinare il parametro **Vs₃₀**, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 17/01/2018). L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati sulla base dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi ai dati geolitologici noti per la zona, derivanti dalle informazioni rintracciate in Letteratura e scaturiti direttamente dall'andamento della resistenza all'infissione misurata con le penetrometrie dinamiche superpesanti realizzate in sito.

2 - GENERALITÀ SUL METODO MASW (ONDE DI RAYLEIGH)

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

Le onde di *Rayleigh*, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

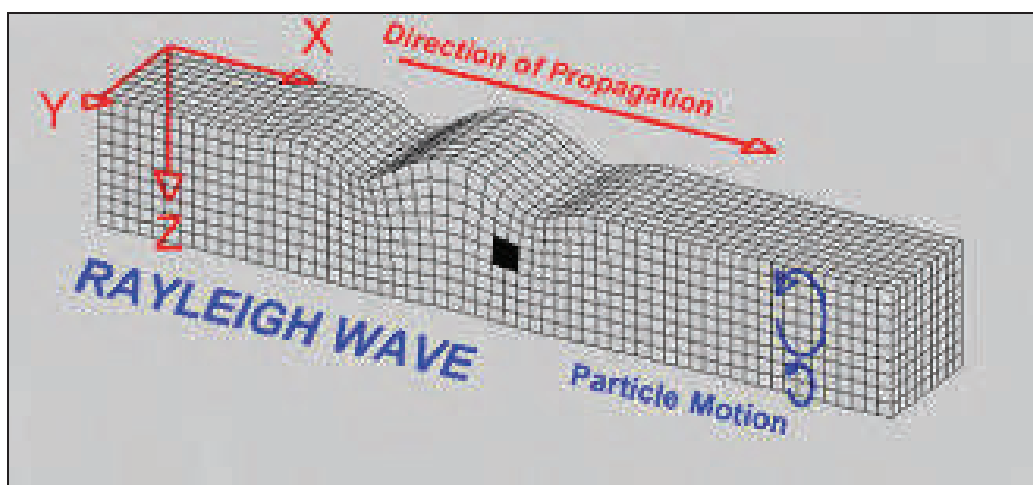
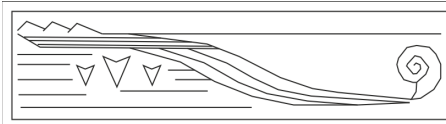


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale. L'energia convertita in onde di *Rayleigh* è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P e S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r , e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di *Rayleigh* presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio. In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione delle frequenze, non si ha dispersione, cioè la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione delle frequenze. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di $\lambda/2$ circa. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di



penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la V_s è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

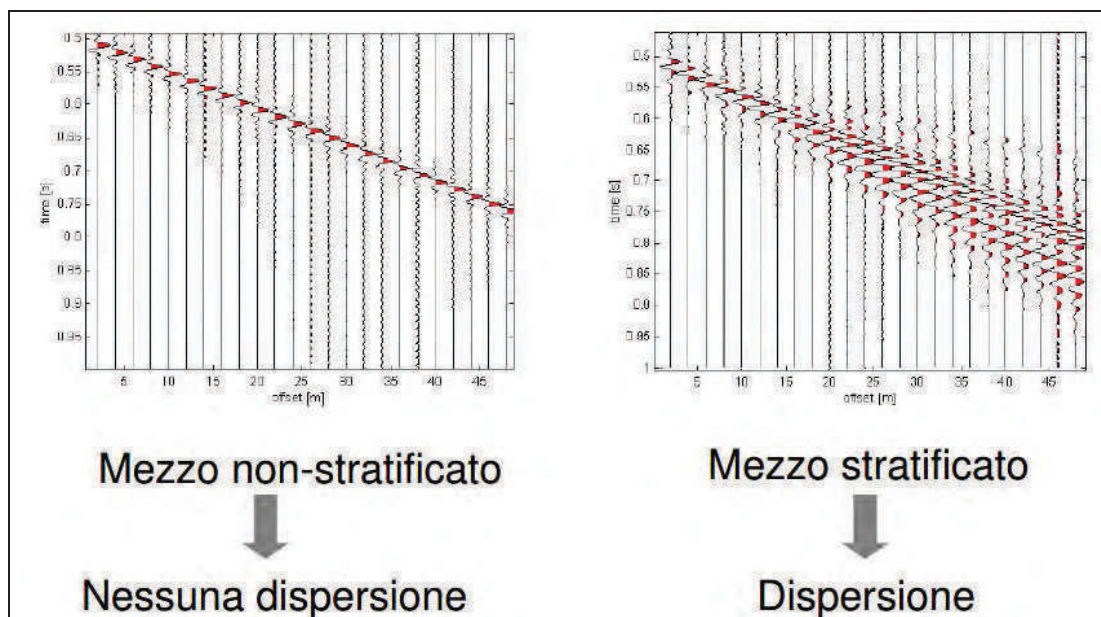
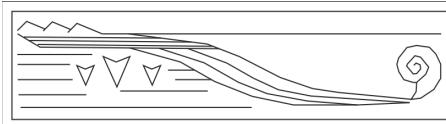


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5Hz). La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona λ_{max} , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile. E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalla disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione. Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle V_s .



L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs della curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità. La procedura di inversione utilizzata dal software "Winmasw" è legata agli algoritmi genetici, il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana. E' estremamente utile, per una interpolazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

3 - ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine è stato impiegato un sistema di acquisizione composto dalla seguente attrezzatura:

- n. 1 sismografo a 24 bit (24/48 canali) del tipo PASI "GEA-24" – matricola 21525
- n. 2 cavi sismici a 12 tracce con intervallo 5m con connettore NK27221C del tipo split-spring
- n. 24 geofoni verticali da 4.5Hz con connettore del tipo split-spring
- n. 1 piattello di battuta in alluminio (20x20x5cm)
- n. 1 starter piezoelettrico (Hammer Switch) con cavo
- n. 1 cavo trigger da 150 metri montato su rullo
- n. 1 mazza di battuta da 5Kg

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

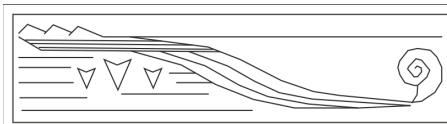
- ✓ numero geofoni: 12
- ✓ distanza intergeofonica: 5,00m
- ✓ numero punti di energizzazione (shots): n. 5 energizzazioni a 5 m ed a 10 m (offset) dal geofono n. 1 della linea. Tutte le energizzazioni sono state prodotte utilizzando la mazza di battuta da 5Kg.
- ✓ tempo di acquisizione: 1sec.

Il software impiegato per l'acquisizione dati è "GEA24" vers. 2.2.6 per Windows10, 7, 2.5_2.9. (In caso di richiesta il sottoscritto fornirà la certificazione di calibrazione della suddetta attrezzatura debitamente rilasciata dalla ditta produttrice P.A.S.I. srl di Torino - Italia).

Il profilo morfologico lungo il quale è stato eseguito lo stendimento è pressoché pianeggiante e coincidente con il terreno incolto a valle della scuola comunale di Bagnoli, in prossimità del futuro intervento di costruzione della stazione di scambio termico (SST2). La lunghezza dello stendimento è dettata dallo spazio disponibile.

4 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software ZondST2D di Zond Geophysical Software con licenza intestata al sottoscritto, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato *.seg2 prodotti dalla strumentazione PASI. Allo scopo di verificare la bontà dei dati ed il corretto approccio nell'analisi degli stessi si è preferito elaborare distintamente quanto acquisito con offset a 6 e con offset a 4 metri.



La rappresentazione del file dei dati acquisiti ("common-shot gather" – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000msec.) è la seguente:

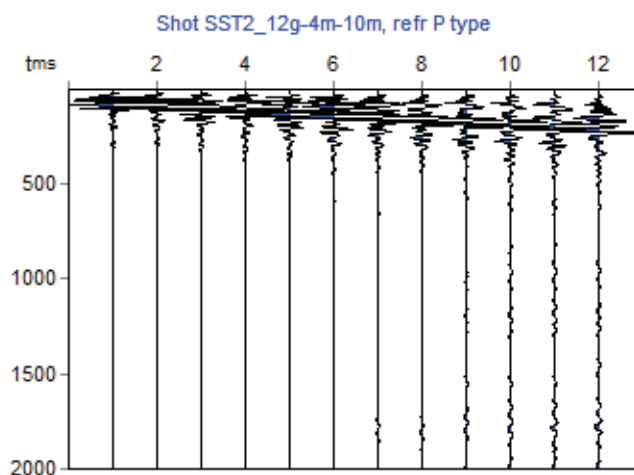


Figura 3 – Sismogramma (Common shot gather).

Di seguito è rappresentato lo spettro di velocità 2D (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al modo fondamentale di propagazione dell'onda superficiale di *Rayleigh*.

In particolare, durante le operazioni di picking della curva di dispersione è stato selezionato il modo fondamentale di propagazione delle onde (fundamental mode) escludendo i successivi.

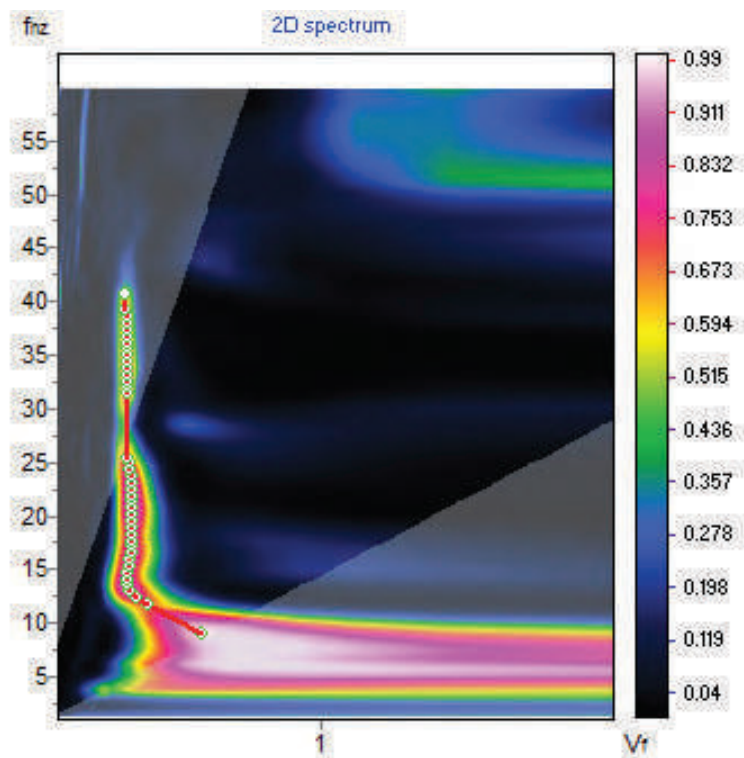
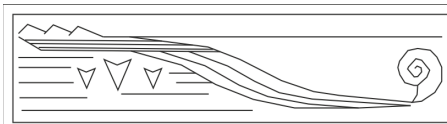


Figura 4.1 – Spettro delle velocità e picking per la determinazione della curva di dispersione (offset 10m).



Al fine di ottimizzare le operazioni di picking è stato poi valutato l'andamento omogeneo e continuo dello spettro "numero d'onda v_s frequenza" (wavenumber-frequency spectrum) del segnale acquisito, del quale se ne ripropone uno stralcio di seguito.

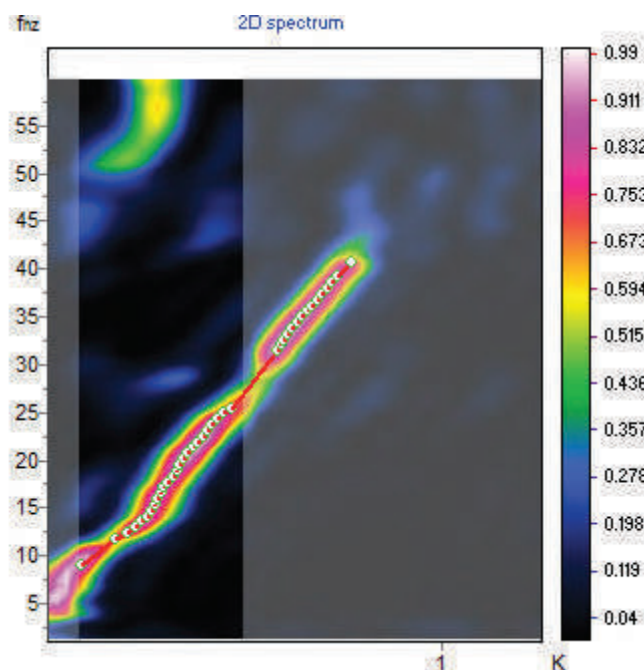


Figura 4.2 – wavenumber-frequency spectrum (offset 4m).

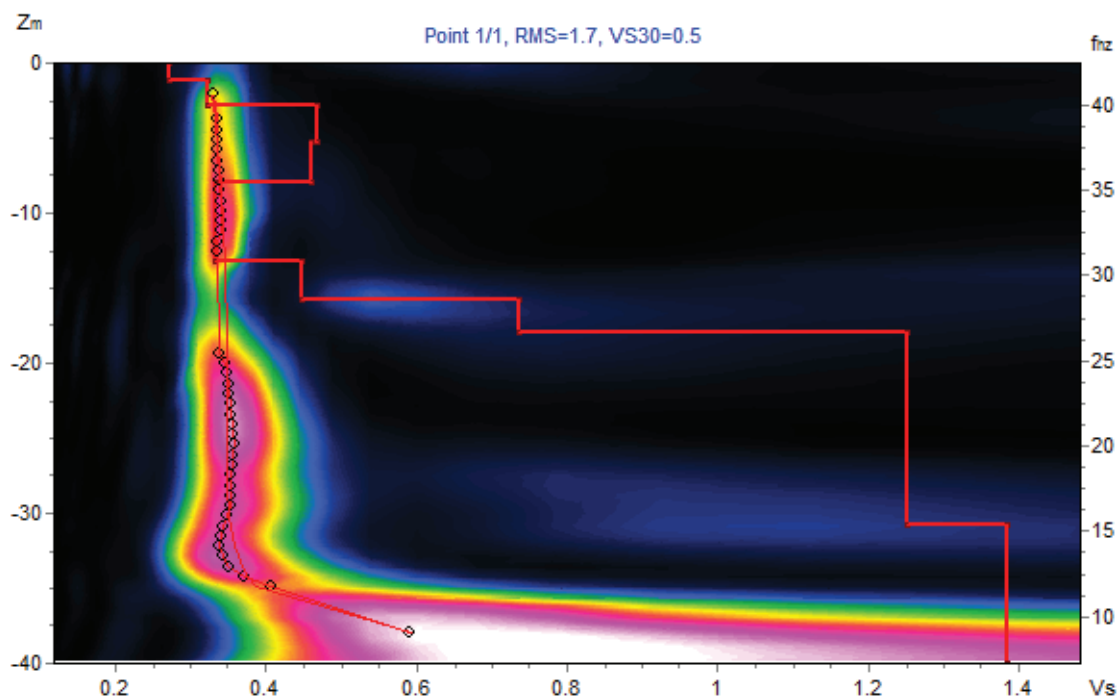
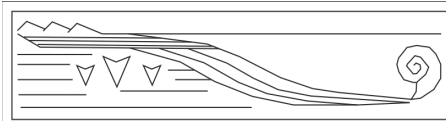


Figura 5 – Profilo verticale delle velocità delle onde S derivante dal processo di inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (offset 10m).



Le velocità delle onde di taglio lungo il profilo spinto fino a circa 40 metri di profondità dalla superficie sono le seguenti:

TABELLA RIASSUNTIVA ACQUISIZIONE OFFSET 6 metri			
strato	Velocità Vs	spessore	Profondità del tetto
1	270	1,2	0
2	320	1,7	1,2
3	470	2,4	2,9
4	460	2,7	5,3
5	330	5,3	8
6	450	2,5	13,3
7	740	2,1	15,8
8	1250	12,1	17,9
9	1380		30

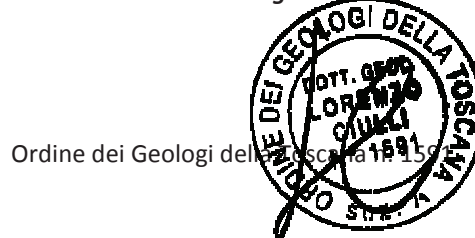
I dati ottenuti descrivono in sintesi il seguente scenario:

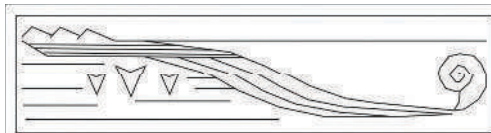
- presenza di un bedrock sismico nei primi 30 metri dalla superficie,
- presenza di inversioni di velocità tuttavia non degne di nota.

La categoria sismica di suolo determinata dal piano campagna è la B per una velocità di poco superiore ai 395 m/s (396).

Cecina, 10 Novembre 2022

Dott. Geologo Ciulli Lorenzo





STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 [e-mail: cl.geologist@gmail.com](mailto:cl.geologist@gmail.com)

[PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it](mailto:ciulli.lorenzo@pec.epap.it)

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLNZ75E14C415M

CAMPAGNA DI INDAGINE PENETROMETRICA (DPSH+CPT)

Committente: SOFTEC srl x EGP

Descrizione: Nuova stazione di scambio termico

Località: Bagnoli - Arcidosso (GR)

Codice commessa: 23-11-2022

Numero certificati allegati: 1



Dott. Geologo Ciulli Lorenzo



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-100 PAGANI**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,6 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,46
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato DPSH TG 63-100 PAGANI

Prova eseguita in data 23/11/2022

Profondità prova 5,00mt

Falda: -1,80 ÷ -2,00 mt da p.c.

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	4	0,836	32,26	38,57	1,61	1,93
1,40	4	0,833	32,13	38,57	1,61	1,93
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	5	0,826	36,82	44,55	1,84	2,23
2,00	3	0,823	22,01	26,73	1,10	1,34
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	3	0,814	20,23	24,85	1,01	1,24
2,80	7	0,811	47,04	57,97	2,35	2,90
3,00	5	0,809	33,49	41,41	1,67	2,07
3,20	6	0,806	40,05	49,69	2,00	2,48
3,40	11	0,803	73,19	91,10	3,66	4,55
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	5	0,798	30,88	38,68	1,54	1,93
4,00	13	0,746	75,02	100,56	3,75	5,03
4,20	15	0,744	86,29	116,03	4,31	5,80
4,40	6	0,791	36,73	46,41	1,84	2,32
4,60	5	0,789	28,64	36,28	1,43	1,81
4,80	32	0,637	147,95	232,22	7,40	11,61
5,00	50	0,585	212,27	362,85	10,61	18,14

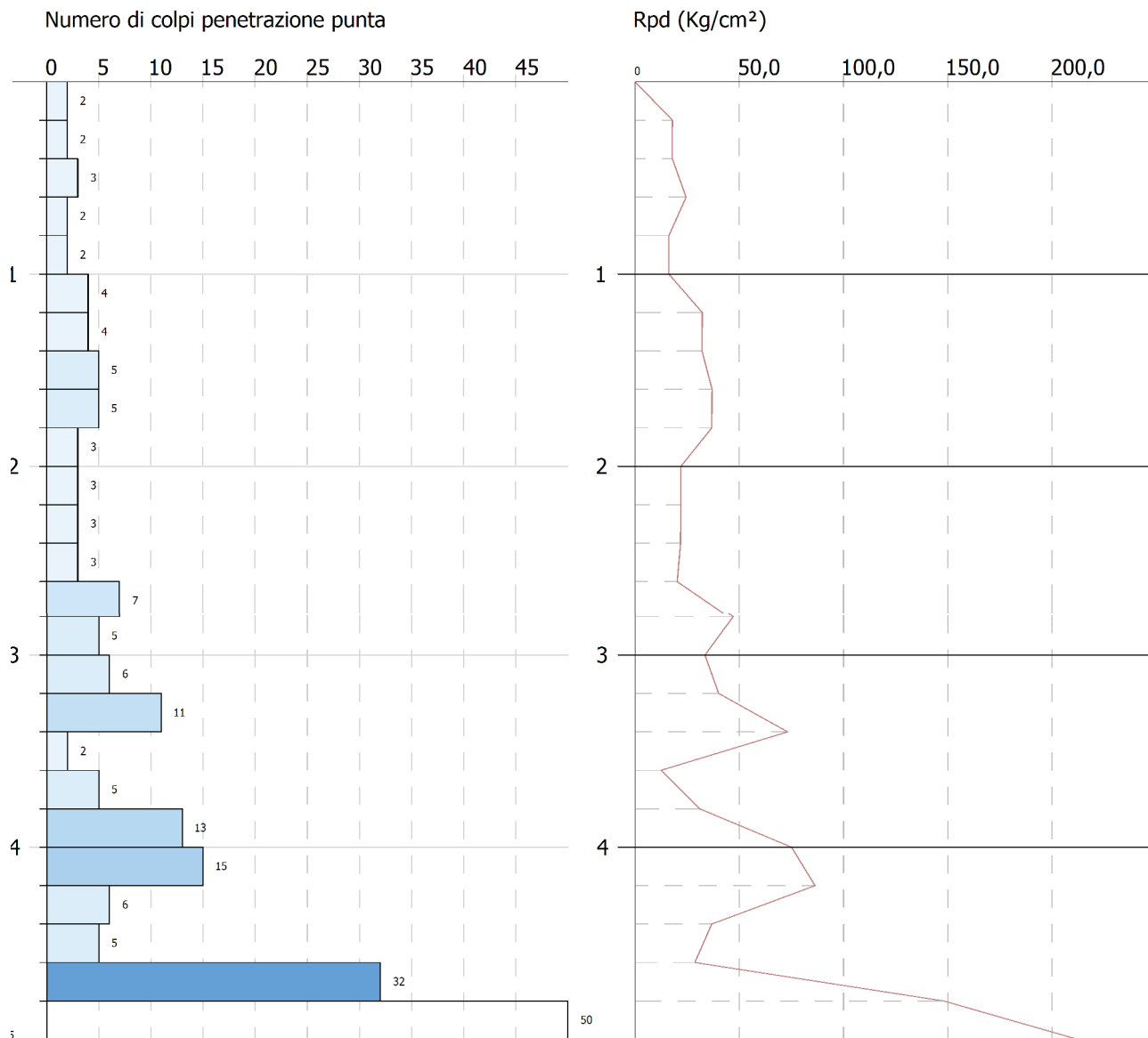
Rifiuto strumentale

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Committente: SOFTEC srl x EGP
 Descrizione: Stazione di scambio termico SST2
 Localita': Bagnoli - Arcidosso

23/11/2022

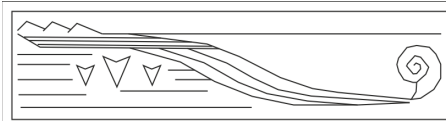
Scala 1:35



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

CENTRALE DI SCAMBIO TERMICO SSTS3 SAN LORENZO



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com

PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it

P.IVA: 01539230498

C.F.: CILLNZ75E14C415M

INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE CON TECNICA

MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

REALIZZATA IN LOCALITA' SAN LORENZO (SST3)

NEL COMUNE DI ARCIDOSO

PROVINCIA DI GROSSETO

Relazione tecnica conclusiva

Committente: SOFTEC srl x EGP

INDICE

1 - Premessa	pag. 1
2 - Generalità sul metodo MASW (Onde di Rayleigh)	pag. 1
3 - Attrezzature e metodologie impiegate	pag. 3
4 - Interpretazione dei dati	pag. 3

ALLEGATO n. 1 – Ubicazione del sito d'indagine.

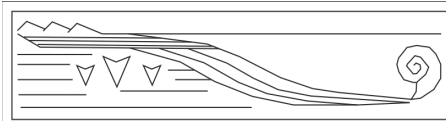
ALLEGATO n. 2 – Repertorio fotografico.

Novembre 2022

Dott. Geologo Lorenzo Ciulli



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591



1 - PREMESSA

La presente relazione sintetizza ed illustra i risultati di un'indagine sismica effettuata, mediante il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), in Via Bagnoli snc nel comune di Arcidosso (Grosseto). L'indagine M.A.S.W., effettuata nell'ambito del progetto del nuovo teleriscaldamento a servizio dei comuni di Arcidosso e Castel del Piano, ha lo scopo di caratterizzare la velocità delle onde **Sh** dei terreni presenti, per determinare il parametro **Vs₃₀**, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 17/01/2018). L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati sulla base dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi ai dati geolitologici noti per la zona, derivanti dalle informazioni rintracciate in Letteratura e scaturiti direttamente dall'andamento della resistenza all'infissione misurata con le penetrometrie statiche realizzate in sito.

2 - GENERALITÀ SUL METODO MASW (ONDE DI RAYLEIGH)

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

Le onde di *Rayleigh*, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

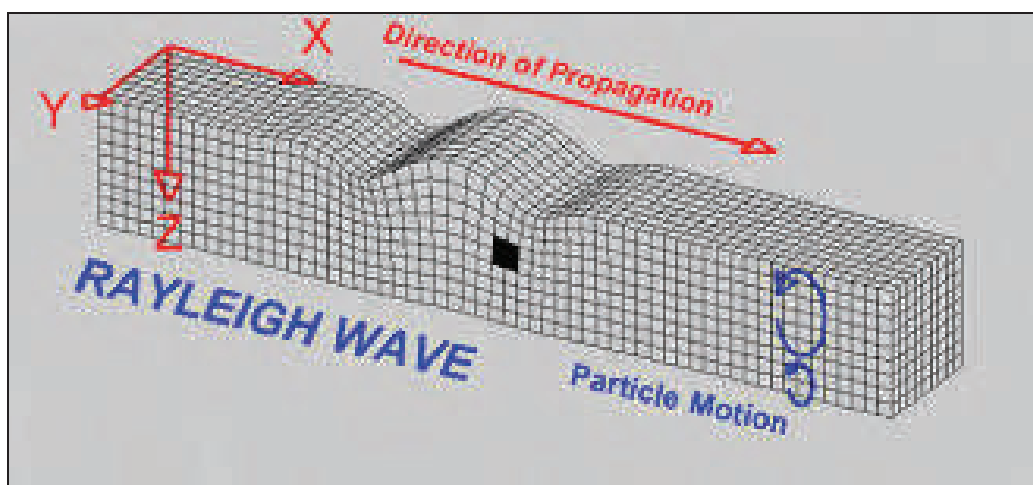
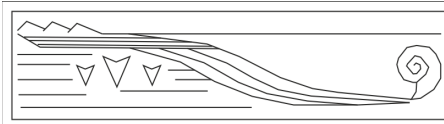


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale. L'energia convertita in onde di *Rayleigh* è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P e S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r , e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di *Rayleigh* presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio. In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione delle frequenze, non si ha dispersione, cioè la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione delle frequenze. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di $\lambda/2$ circa. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di



penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la Vs è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

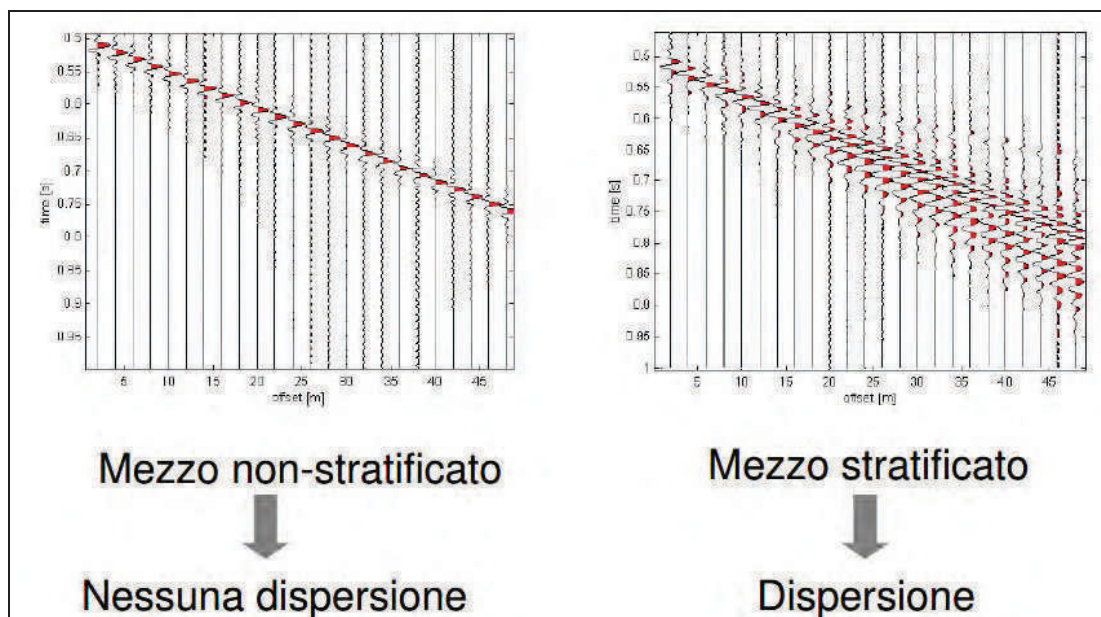
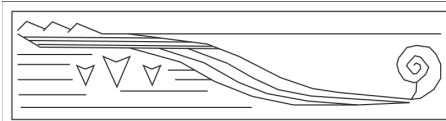


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5Hz). La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona λ_{max} , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile. E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalla disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione. Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.



L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs della curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità. La procedura di inversione utilizzata dal software "Winmasw" è legata agli algoritmi genetici, il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana. E' estremamente utile, per una interpolazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

3 - ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine è stato impiegato un sistema di acquisizione composto dalla seguente attrezzatura:

- n. 1 sismografo a 24 bit (24/48 canali) del tipo PASI "GEA-24" – matricola 21525
- n. 2 cavi sismici a 12 tracce con intervallo 5m con connettore NK27221C del tipo split-spring
- n. 24 geofoni verticali da 4.5Hz con connettore del tipo split-spring
- n. 1 piattello di battuta in alluminio (20x20x5cm)
- n. 1 starter piezoelettrico (Hammer Switch) con cavo
- n. 1 cavo trigger da 150 metri montato su rullo
- n. 1 mazza di battuta da 5Kg

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

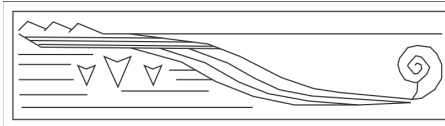
- ✓ numero geofoni: 12
- ✓ distanza intergeofonica: 5,00m
- ✓ numero punti di energizzazione (shots): n. 5 energizzazioni a 5 m ed a 10 m (offset) dal geofono n. 1 della linea. Tutte le energizzazioni sono state prodotte utilizzando la mazza di battuta da 5Kg.
- ✓ tempo di acquisizione: 1sec.

Il software impiegato per l'acquisizione dati è "GEA24" vers. 2.2.6 per Windows10, 7, 2.5_2.9. (In caso di richiesta il sottoscritto fornirà la certificazione di calibrazione della suddetta attrezzatura debitamente rilasciata dalla ditta produttrice P.A.S.I. srl di Torino - Italia).

Il profilo morfologico lungo il quale è stato eseguito lo stendimento è pressoché pianeggiante e coincidente con la fascia di terreno parallelo alla strada provinciale, oggetto del futuro intervento di costruzione della stazione di scambio termico (SST3). La lunghezza dello stendimento è dettata dallo spazio disponibile.

4 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software ZondST2D di Zond Geophysical Software con licenza intestata al sottoscritto, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato *.seg2 prodotti dalla strumentazione PASI. Allo scopo di verificare la bontà dei dati ed il corretto approccio nell'analisi degli stessi si è preferito elaborare distintamente quanto acquisito con offset a 5 e con offset a 10 metri.



La rappresentazione del file dei dati acquisiti ("common-shot gather" – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000msec.) è la seguente:

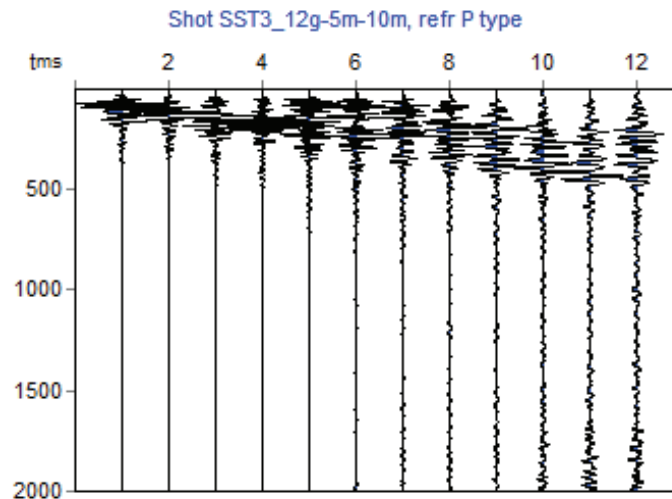


Figura 3 – Sismogramma (Common shot gather).

Di seguito è rappresentato lo spettro di velocità 2D (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al modo fondamentale di propagazione dell'onda superficiale di *Rayleigh*.

In particolare, durante le operazioni di picking della curva di dispersione è stato selezionato il modo fondamentale di propagazione delle onde (fundamental mode) escludendo i successivi.

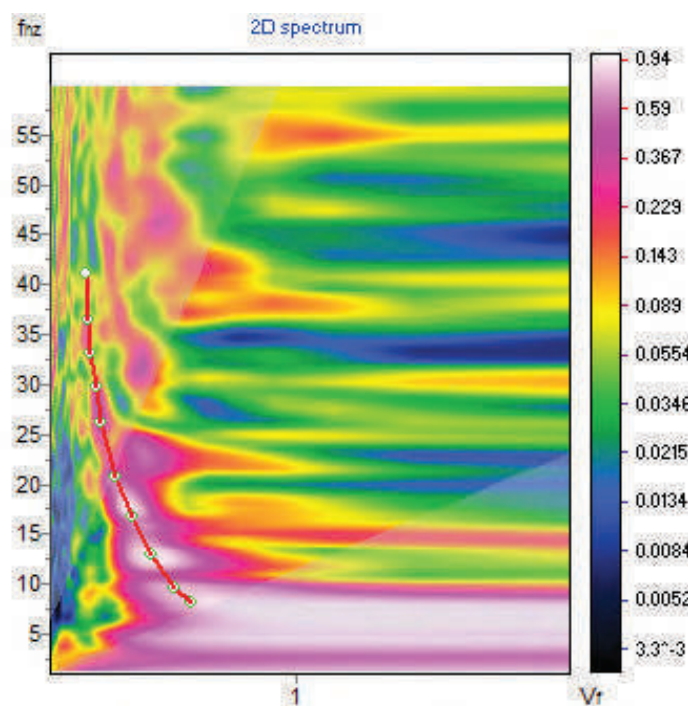
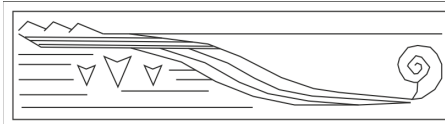


Figura 4.1 – Spettro delle velocità e picking per la determinazione della curva di dispersione (offset 10m).



Al fine di ottimizzare le operazioni di picking è stato poi valutato l'andamento omogeneo e continuo dello spettro "numero d'onda v_s frequenza" (wavenumber-frequency spectrum) del segnale acquisito, del quale se ne ripropone uno stralcio di seguito.

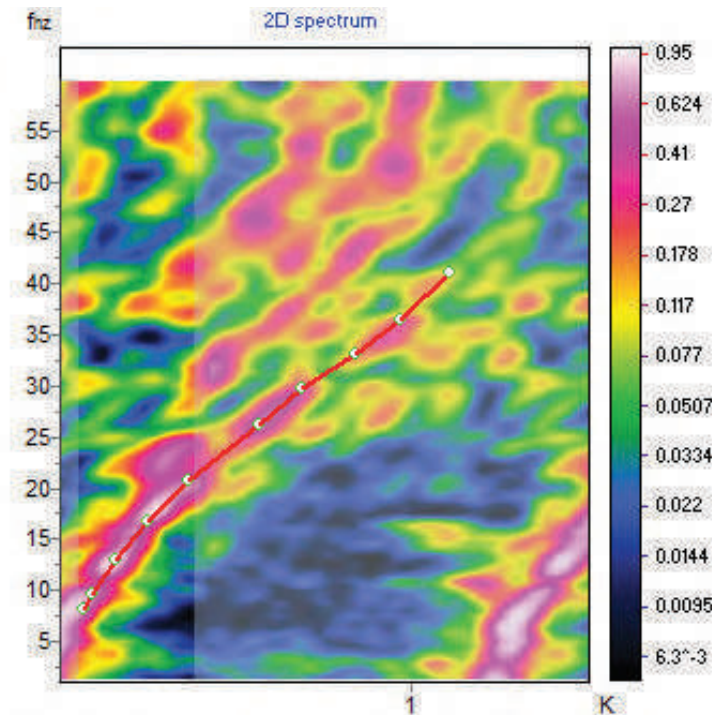


Figura 4.2 – wavenumber-frequency spectrum (offset 10m).

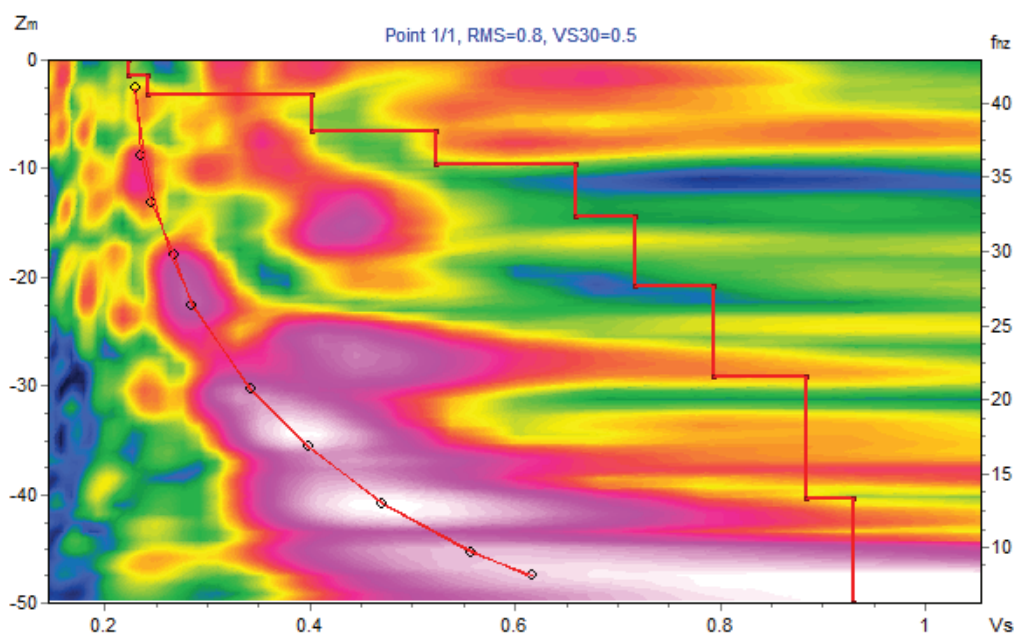
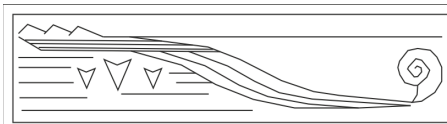


Figura 5 – Profilo verticale delle velocità delle onde S derivante dal processo di inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (offset 10m).



Le velocità delle onde di taglio lungo il profilo spinto fino a circa 40 metri di profondità dalla superficie sono le seguenti:

TABELLA RIASSUNTIVA ACQUISIZIONE OFFSET 6 metri			
strato	Velocità Vs	spessore	Profondità del tetto
1	220	1,5	0
2	240	1,7	1,5
3	400	3,4	3,2
4	520	3	6,6
5	660	4,9	9,6
6	720	6,4	14,5
7	790	8,3	20,9
8	880	0,8	29,2
9	930		30

I dati ottenuti descrivono in sintesi il seguente scenario:

- presenza di un bedrock sismico nei primi 30 metri dalla superficie,
- assenza di inversioni di velocità

La categoria sismica di suolo determinata dal piano campagna è la B per una velocità di poco superiore ai 530 m/s (531).

Cecina, 10 Novembre 2022

Dott. Geologo Ciulli Lorenzo

Ordine dei Geologi della Toscana 1581





STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 [e-mail: cl.geologist@gmail.com](mailto:cl.geologist@gmail.com)

[PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it](mailto:ciulli.lorenzo@pec.epap.it)

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLNZ75E14C415M

CAMPAGNA DI INDAGINE PENETROMETRICA (CPT)

Committente: SOFTEC srl x EGP

Descrizione: Nuova stazione di scambio termico

Località: San Lorenzo - Arcidosso (GR)

Codice commessa: 23-11-2022

Numero certificati allegati: 1



Dott. Geologo Ciulli Lorenzo



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: CPT TG 63-100 PAGANI**

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

CPT 1

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 23/11/2022

Profondità prova: 2.80 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,4	0,0	
0,40	27,00	33,0	27,0	1,333333	20,25	4,9
0,60	11,00	31,0	11,0	0,666667	16,5	6,1
0,80	21,00	31,0	21,0	1,333333	15,75	6,3
1,00	14,00	34,0	14,0	0,666667	21,0	4,8
1,20	21,00	31,0	21,0	0,466667	45,0	2,2
1,40	26,00	33,0	26,0	1,0	26,0	3,8
1,60	9,00	24,0	9,0	0,6	15,0	6,7
1,80	11,00	20,0	11,0	0,266667	41,25	2,4
2,00	28,00	32,0	28,0	0,666667	42,0	2,4
2,20	87,00	97,0	87,0	2,2	39,545	2,5
2,40	110,00	143,0	110,0	2,533333	43,421	2,3
2,60	112,00	150,0	112,0	6,533333	17,143	5,8
2,80	51,00	149,0	51,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione (metodo di Schmertmann)
0,20	0,0	0,4	0,0		Stima non eseguibile
0,40	27,0	1,333333	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
0,60	11,0	0,666667	1,9	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica compatta
0,80	21,0	1,333333	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
1,00	14,0	0,666667	1,9	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica compatta
1,20	21,0	0,466667	2,0	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
1,40	26,0	1,0	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
1,60	9,0	0,6	1,8	Incoerente-Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,80	11,0	0,266667	1,9	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
2,00	28,0	0,666667	2,0	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
2,20	87,0	2,2	2,2	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
2,40	110,0	2,533333	2,3	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
2,60	112,0	6,533333	2,3	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
2,80	51,0	0,0	1,9	Incoerente-Coesivo	Sabbie

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: SOFTEC x EGP
Cantiere: SST3 - San Lorenzo
Località: San Lorenzo - Arcidosso (GR)

Data: 23/11/2022

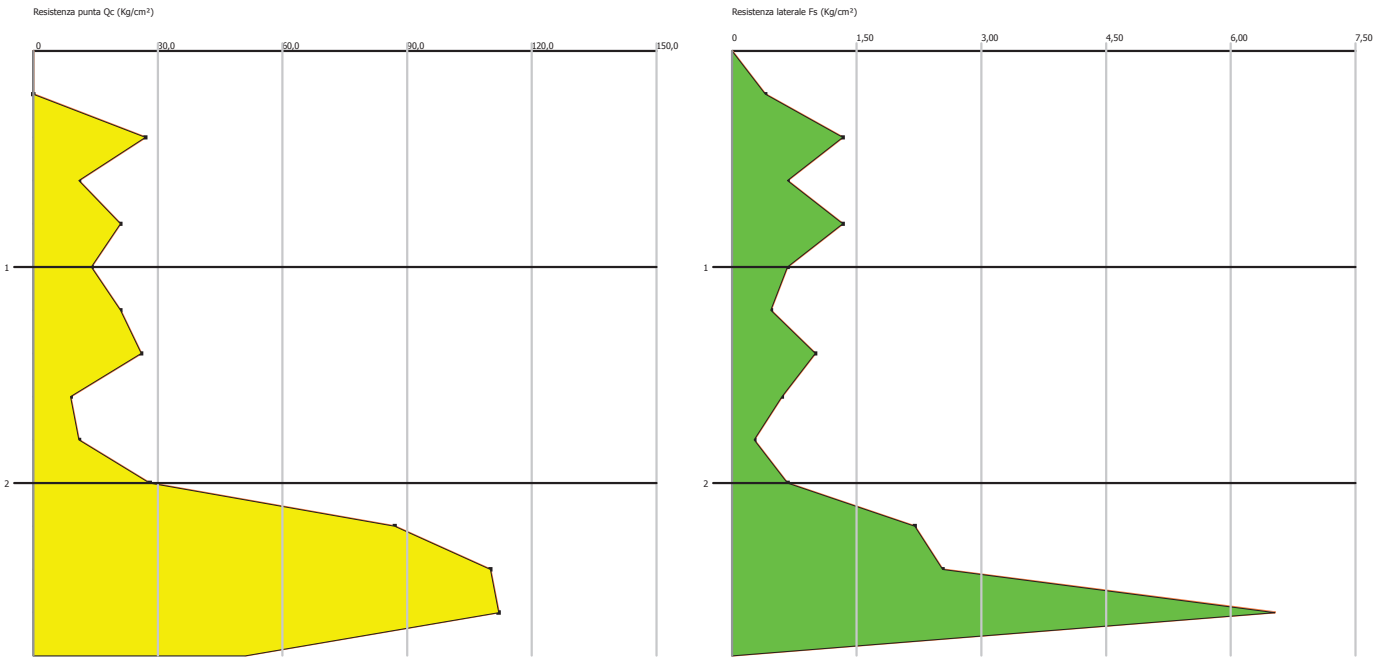
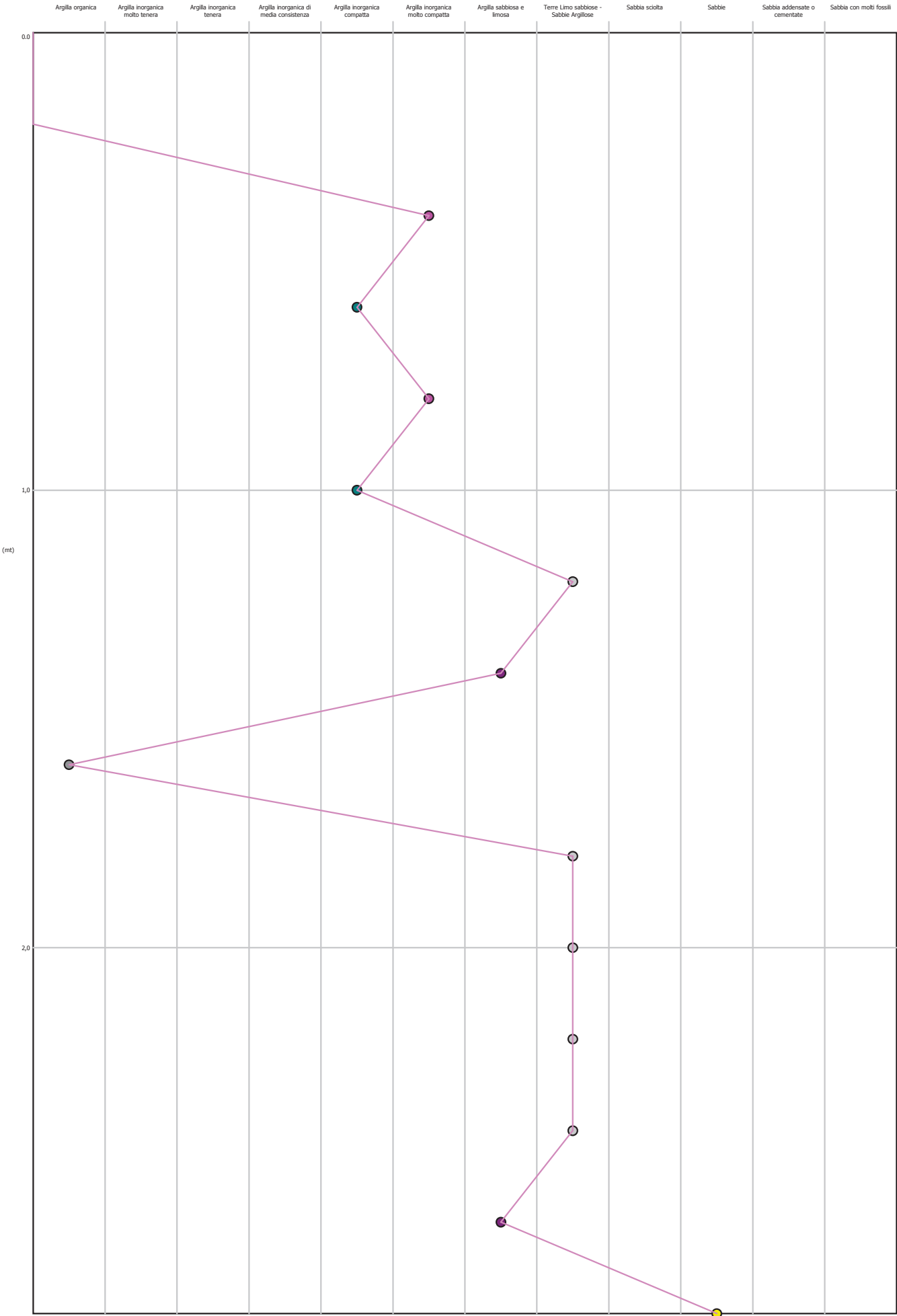
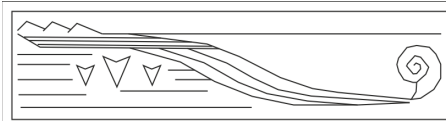


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.1



CENTRALE DI SCAMBIO TERMICO PRINCIPALE SSTP BAGNORE



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com

PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLLNZ75E14C415M

INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE CON TECNICA

MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

REALIZZATA IN LOCALITA' BAGNORE (SSTP BAGNORE)

NEL COMUNE DI SANTA FIORA

PROVINCIA DI GROSSETO

Relazione tecnica conclusiva

Committente: SOFTEC srl x EGP

INDICE

1 - Premessa	pag. 1
2 - Generalità sul metodo MASW (Onde di Rayleigh)	pag. 1
3 - Attrezzature e metodologie impiegate	pag. 3
4 - Interpretazione dei dati	pag. 3

ALLEGATO n. 1 – Ubicazione del sito d'indagine.

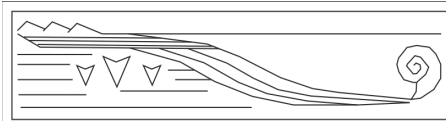
ALLEGATO n. 2 – Repertorio fotografico.

Novembre 2022

Dott. Geologo Lorenzo Ciulli



Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591



1 - PREMESSA

La presente relazione sintetizza ed illustra i risultati di un'indagine sismica effettuata, mediante il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), in località Bagnore nel comune di Santa Fiora (Grosseto). L'indagine M.A.S.W., effettuata nell'ambito del progetto del nuovo teleriscaldamento a servizio dei comuni di Arcidosso e Castel del Piano, ha lo scopo di caratterizzare la velocità delle onde **Sh** dei terreni presenti, per determinare il parametro **Vs₃₀**, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 17/01/2018). L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati sulla base dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi ai dati geolitologici noti per la zona, derivanti dalle informazioni rintracciate in Letteratura e dalle informazioni ottenute con l'indagine sismica a rifrazione realizzata in sito.

2 - GENERALITÀ SUL METODO MASW (ONDE DI RAYLEIGH)

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

Le onde di *Rayleigh*, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

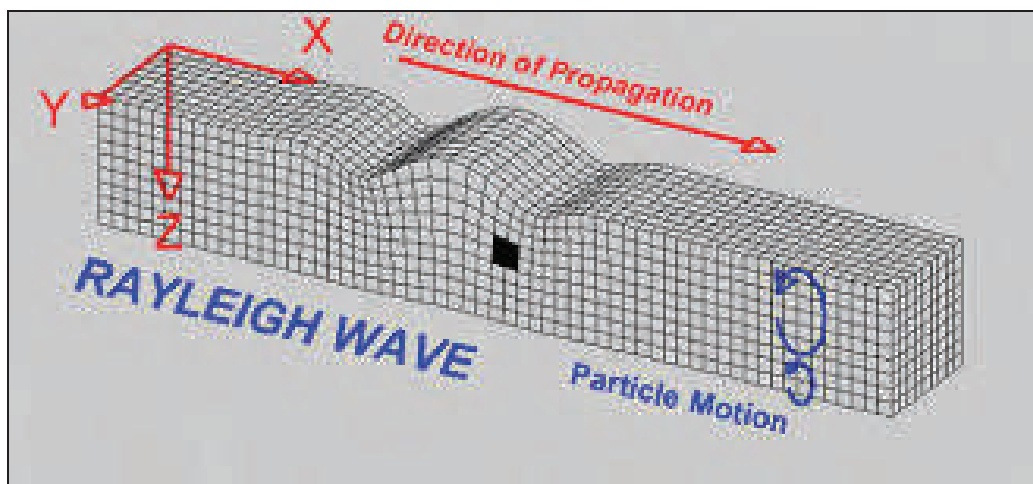
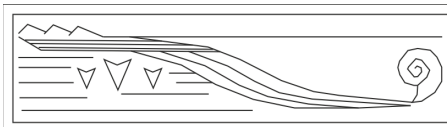


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale. L'energia convertita in onde di *Rayleigh* è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P e S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r , e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di *Rayleigh* presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio. In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione delle frequenze, non si ha dispersione, cioè la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione delle frequenze. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di $\lambda/2$ circa. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una



penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la Vs è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

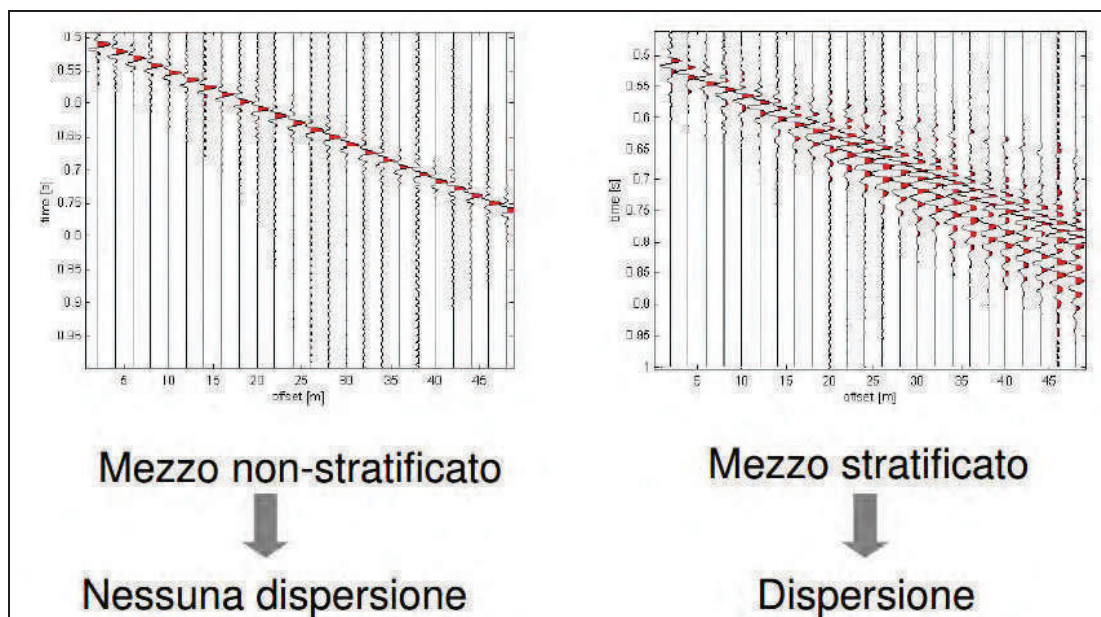
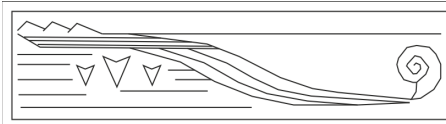


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5Hz). La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona λ_{max} e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile. E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalla disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione. Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.



L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs della curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità. La procedura di inversione utilizzata dal software "Winmasw" è legata agli algoritmi genetici, il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana. E' estremamente utile, per una interpolazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

3 - ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine è stato impiegato un sistema di acquisizione composto dalla seguente attrezzatura:

- n. 1 sismografo a 24 bit (24/48 canali) del tipo PASI "GEA-24" – matricola 21525
- n. 2 cavi sismici a 12 tracce con intervallo 5m con connettore NK27221C del tipo split-spring
- n. 24 geofoni verticali da 4.5Hz con connettore del tipo split-spring
- n. 1 piattello di battuta in alluminio (20x20x5cm)
- n. 1 starter piezoelettrico (Hammer Switch) con cavo
- n. 1 cavo trigger da 150 metri montato su rullo
- n. 1 mazza di battuta da 5Kg

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

- ✓ numero geofoni: 24
- ✓ distanza intergeofonica: 2,00m
- ✓ numero punti di energizzazione (shots): n. 5 energizzazioni a 5 m ed a 10 m (offset) dal geofono n. 24 della linea. Tutte le energizzazioni sono state prodotte utilizzando la mazza di battuta da 5Kg.
- ✓ tempo di acquisizione: 1sec.

Il software impiegato per l'acquisizione dati è "GEA24" vers. 2.2.6 per Windows10, 7, 2.5_2.9. (In caso di richiesta il sottoscritto fornirà la certificazione di calibrazione della suddetta attrezzatura debitamente rilasciata dalla ditta produttrice P.A.S.I. srl di Torino - Italia).

Il profilo morfologico lungo il quale è stato eseguito lo stendimento è pressoché pianeggiante posto al piede della scarpata esistente nel settore oggetto del futuro intervento di costruzione della stazione di scambio termico (SSTP). La lunghezza dello stendimento è dettata dallo spazio disponibile.

4 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software ZondST2D di Zond Geophysical Software con licenza intestata al sottoscritto, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato *.seg2 prodotti dalla strumentazione PASI. Allo scopo di verificare la bontà dei dati ed il corretto approccio nell'analisi degli stessi si è preferito elaborare distintamente quanto acquisito con offset a 5 e con offset a 10 metri.

La rappresentazione del file dei dati acquisiti ("common-shot gather" – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000msec.) è la seguente:

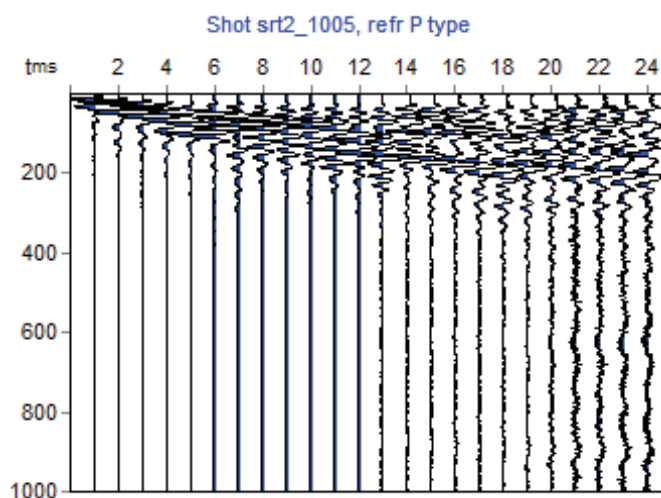
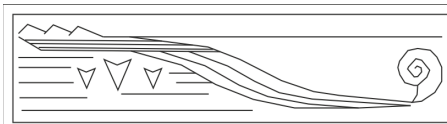


Figura 3 – Sismogramma (Common shot gather).

Di seguito è rappresentato lo spettro di velocità 2D (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al modo fondamentale di propagazione dell'onda superficiale di *Rayleigh*.

In particolare, durante le operazioni di picking della curva di dispersione è stato selezionato il modo fondamentale di propagazione delle onde (fundamental mode) escludendo i successivi.

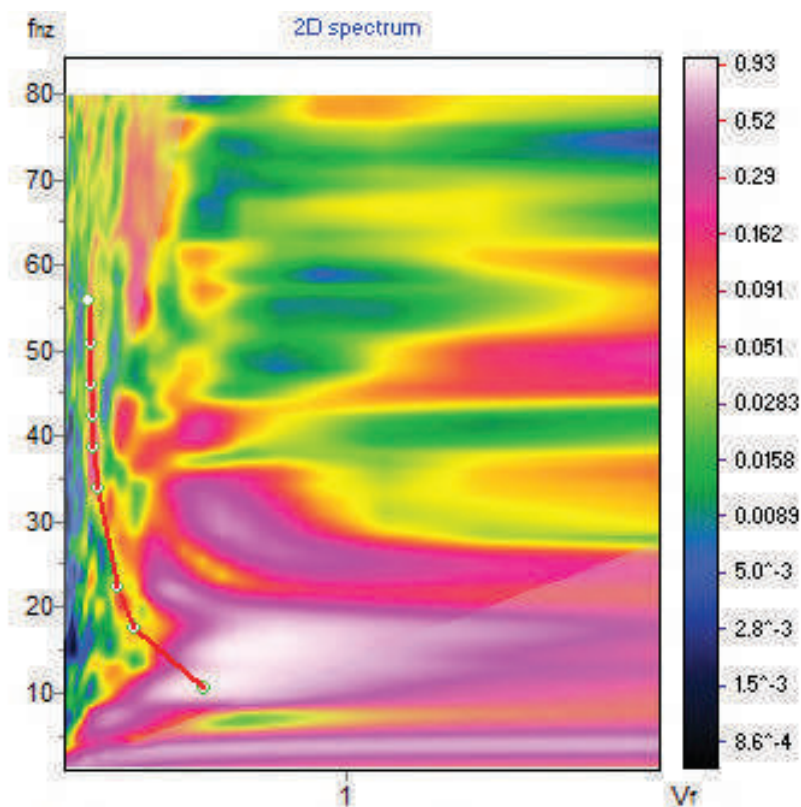
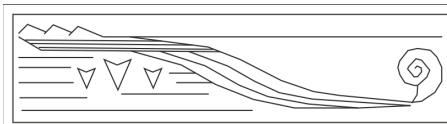


Figura 4.1 – Spettro delle velocità e picking per la determinazione della curva di dispersione (offset 5m).



Al fine di ottimizzare le operazioni di picking è stato poi valutato l'andamento omogeneo e continuo dello spettro "numero d'onda v_s frequenza" (wavenumber-frequency spectrum) del segnale acquisito, del quale se ne ripropone uno stralcio di seguito.

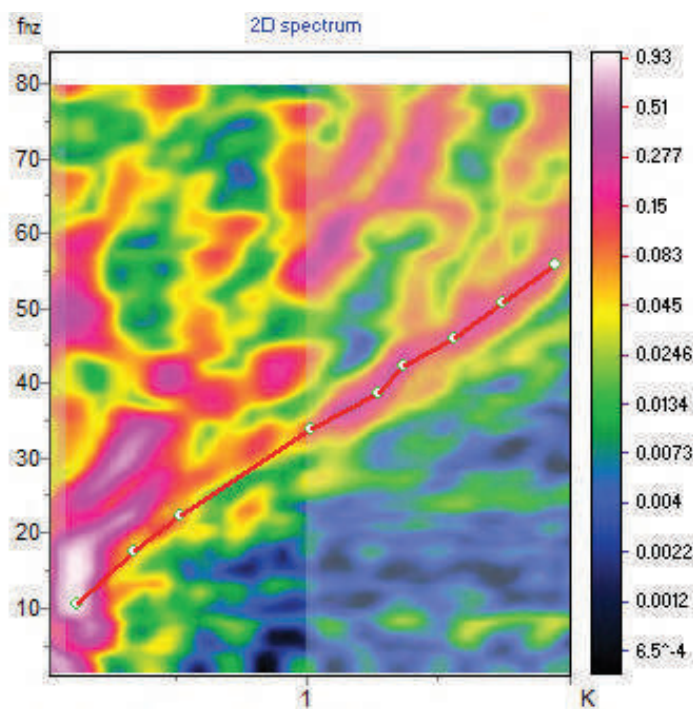


Figura 4.2 – wavenumber-frequency spectrum (offset 5m).

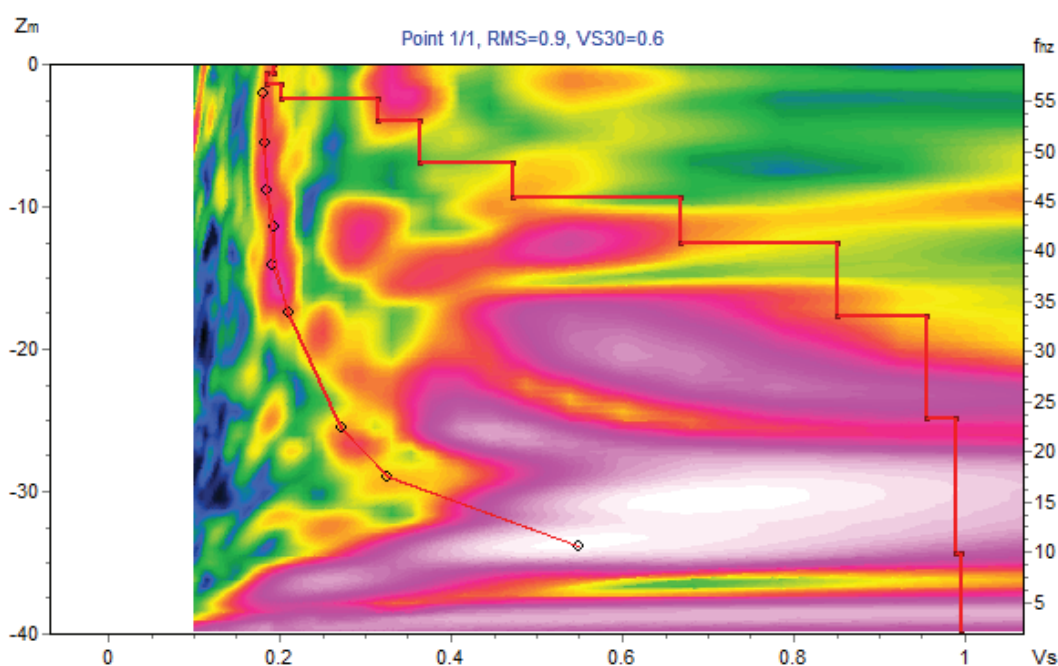
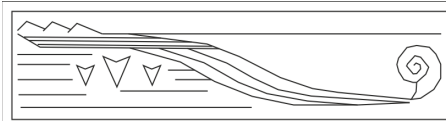


Figura 5 – Profilo verticale delle velocità delle onde S derivante dal processo di inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (offset 5m).



Le velocità delle onde di taglio lungo il profilo spinto fino a circa 40 metri di profondità dalla superficie sono le seguenti:

TABELLA RIASSUNTIVA ACQUISIZIONE OFFSET 6 metri			
strato	Velocità Vs	spessore	Profondità del tetto
1	190	0,6	0
2	185	0,8	0,6
3	200	1	1,4
4	360	1,5	2,4
5	470	3	3,9
6	670	2,4	6,9
7	850	3,2	9,3
8	950	5,1	12,5
9	990	7,2	17,6
10	995	9,6	

I dati ottenuti descrivono in sintesi il seguente scenario:

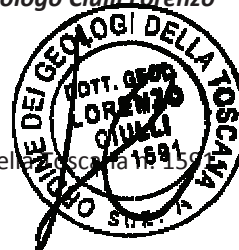
- presenza di un bedrock sismico nei primi 30 metri dalla superficie,
- presenza di inversioni di velocità tuttavia non degne di nota

La categoria sismica di suolo determinata dal piano campagna è la E per una velocità prossima ai 350 m/s (349), relativa ad una categoria sismica C, nei primi 6,9 metri di profondità dal p.c.

Cecina, 10 Novembre 2022

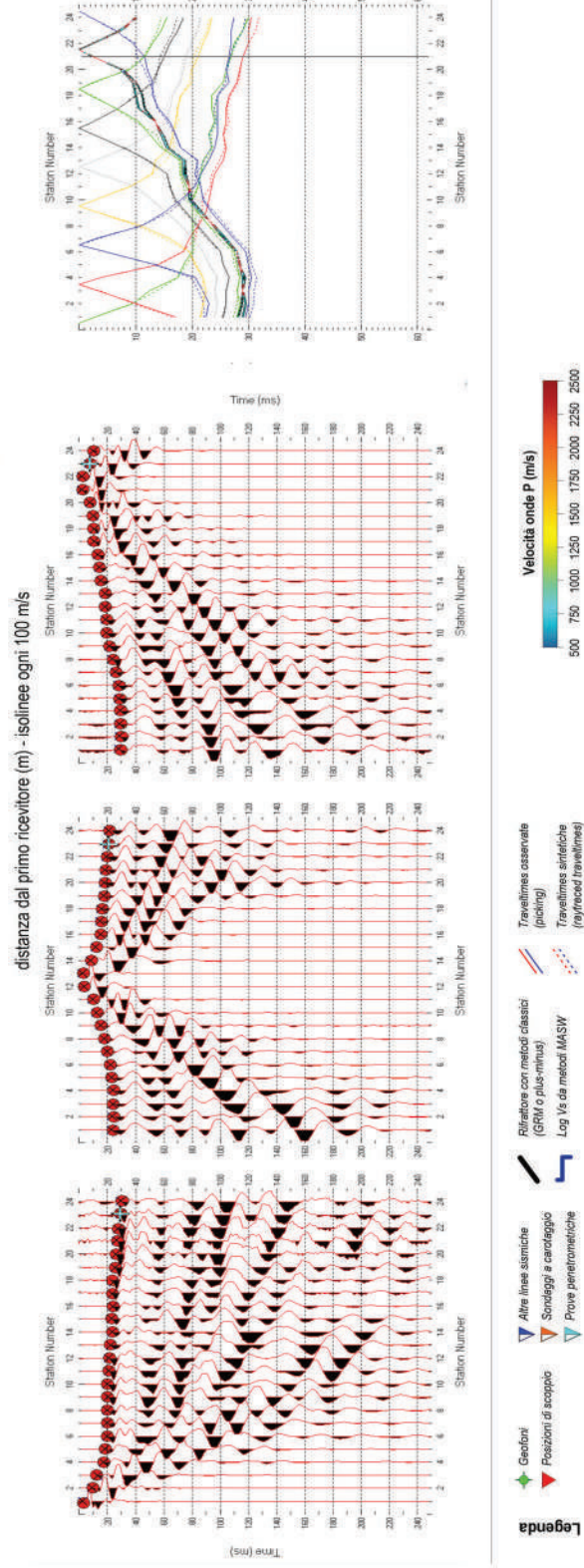
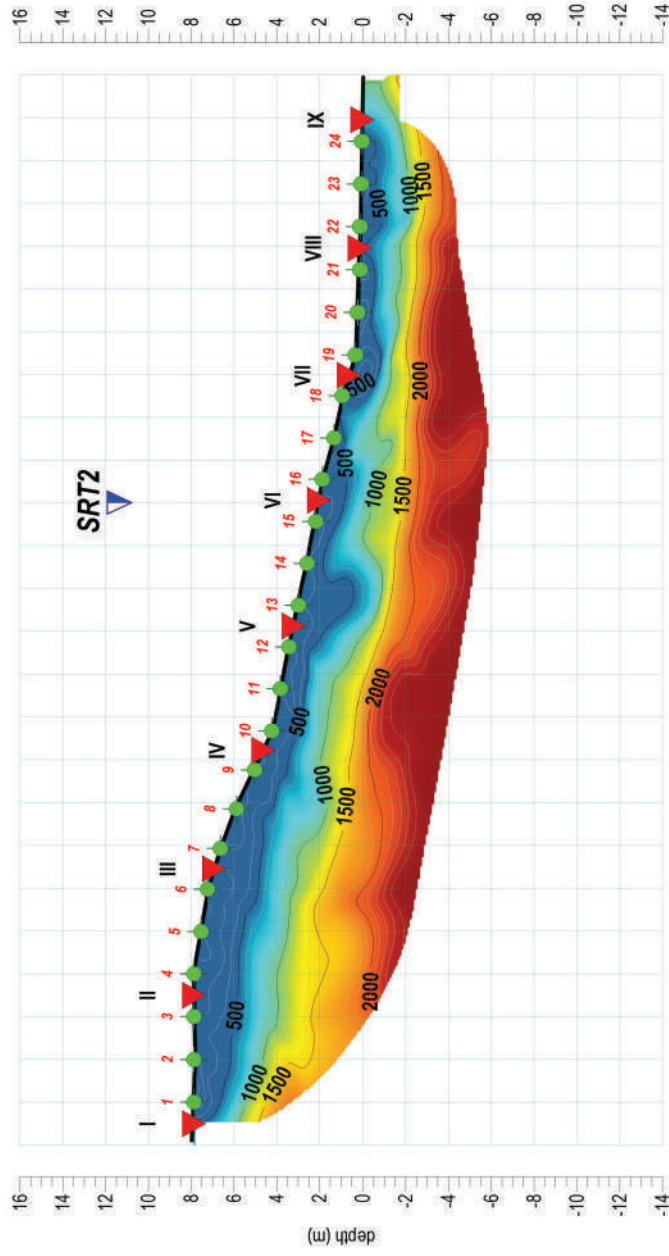
Dott. Geologo Ciulli Lorenzo

Ordine dei Geologi della Toscana



SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagine sismica a rifrazione in onde di compressione (P) mediante elaborazione tomografica



SSTP Bagnore - Line 1_onda P

Info Commessa

Commessa: Civili Arcidosso-Bagnore
Completata: Dott. Geol. Lorenzo Ciulli
Sito: SSTP Bagnore (GR)
Oggetto: processing dati sismici a rifrazione onda P

Strumentazione

sonnografo: Paez Gra24
velocimetri verticali freq. 4.5Hz
sensori: mezza 8g

Acquisizione

data acquisizione: 03 nov 22
operatore: Dott. Geol. Lorenzo Ciulli
durata registrazione: 1.0s
campionamento: 250ms (4000Hz)
numero canali: 14
profondità: 2.0m
punti di scoppio: 9

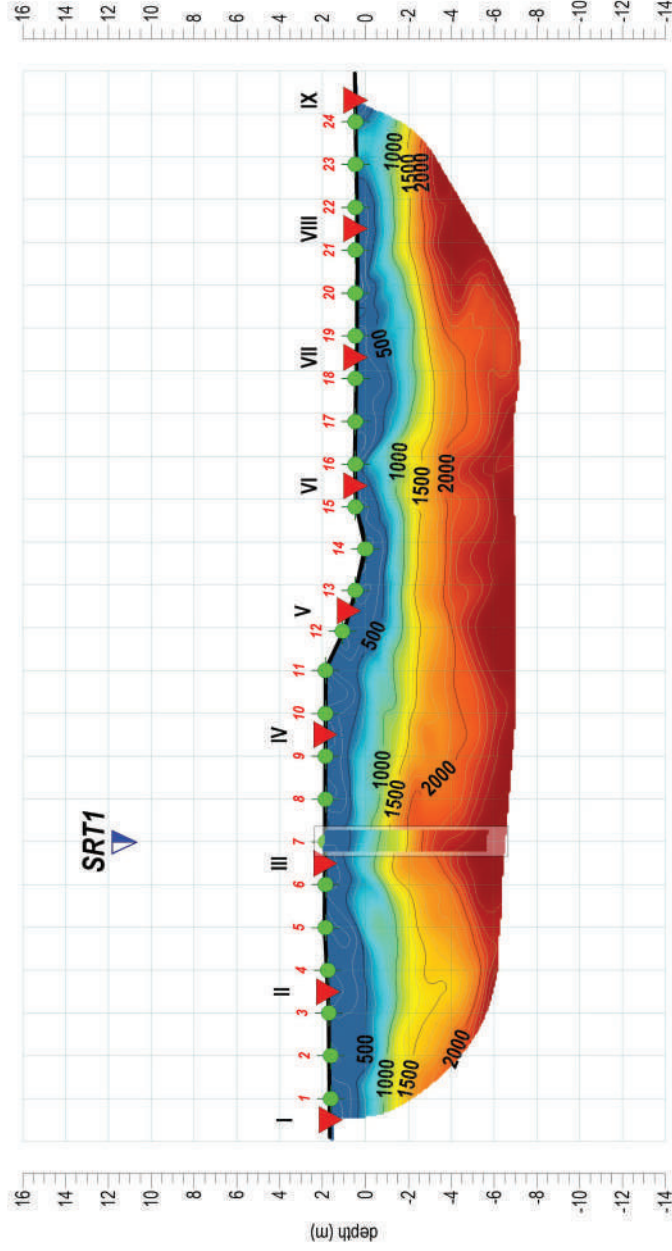
Data processing

elaborazione: software Rayfast
data elaborazione: 14 nov 2022
versione: 4.02
metodo di analisi: tomografia

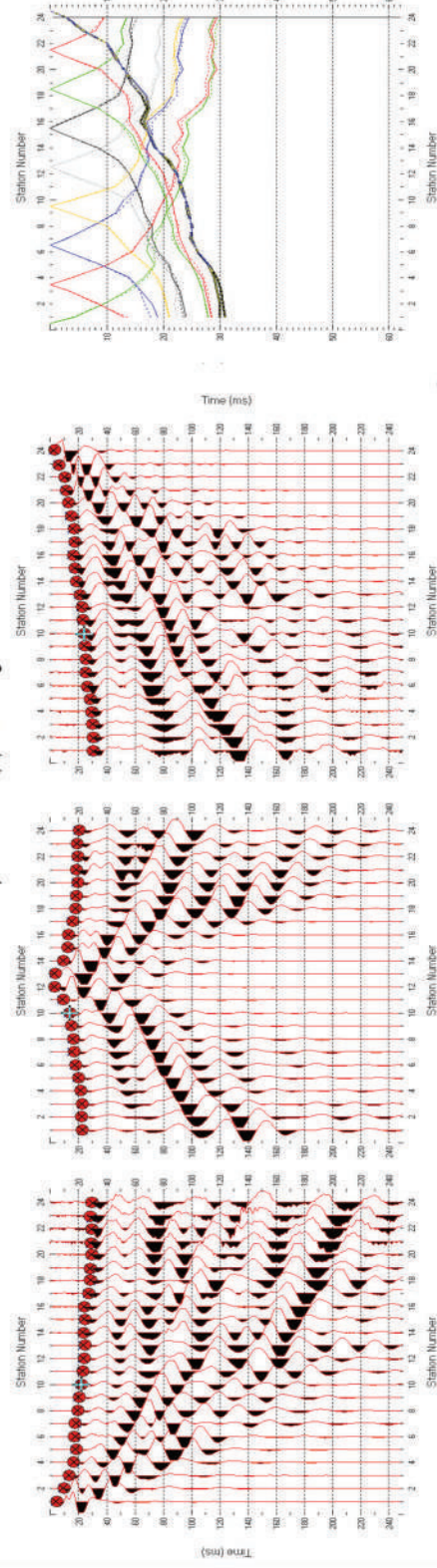


SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagine sismica a rifrazione in onde di compressione (P) mediante elaborazione tomografica



distanza dal primo ricevitore (m) - isolinee ogni 100 m/s



Legenda

- Geofoni
- Altre linee sismiche
- Riflettore con metodi classici (GRM o plus-minus)
- Travellines osservate (picking)
- Travellines sintetiche (synthetic travellines)
- Posizioni di scoppio
- Sondaggi a carotaggio
- Log Vs da metodi MASW



SSTP Bagnore - Line 2_onda P

Info Commessa

Commissa
Comitatante
Dot. Geol. Lorenzo Ciulli
Sito: SSTP Bagnore (GR)
Oggetto: processing dati sismici a rifrazione onde P

Strumentazione

Geofono: Pasetti Geozed
Velocimetri verticali: 4.5 Hz
Sensore: geofono
Sorgente: mezza 8kg

Acquisizione

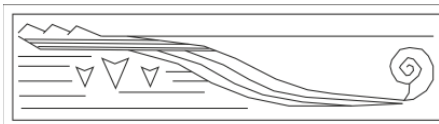
Data acquisizione: 03 nov 22
Operatore: Dott. Geol. Lorenzo Ciulli
Durata registrazione: 1.0s
Campionamento: 250ms (4000Hz)
Numero di stazioni: 24
Profondità: 2.0m
Punti di scoppio: 9

Data processing

Elaborazione: Dott. Luigi Alacorda
Data elaborazione: 14 nov 2022
Metodo di analisi: tomografia
Software: Geofast
Versione: 4.02



TERMODOTTO



OSSERVAZIONI ED IMPLICAZIONI SUI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOELETTRICHE IN TOMOGRAFIA 2D DI SUPPORTO AL PROGETTO DELL'IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO A SERVIZIO DELLE CITTÀ DI ARCIDOSO E CASTEL DEL PIANO (GR).

Il presente documento fa seguito all'emissione dei risultati delle indagini geoelettriche in tomografia 2D svolte di supporto al progetto del nuovo impianto di teleriscaldamento a servizio delle città di Arcidosso e Castel del Piano.

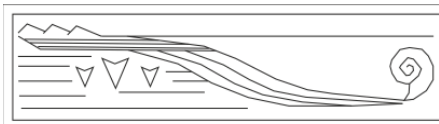
Le indagini hanno avuto l'obiettivo di evidenziare la presenza di geometrie sepolte riconducibili a fenomeni di instabilità gravitativa dei versanti nei tratti interessati dal passaggio del tracciato del teleriscaldamento, rappresentate nella cartografia tematica di supporto al vigente strumento urbanistico intercomunale.

In dettaglio i settori investigati sono due e riguardano quelli attraversati dalla strada statale n. 323 nel tratto compreso tra la centrale Bagnore 3 ed Aiole, ricadente interamente all'interno nel comune di Santa Fiora, e quelli attraversati dalla strada vicinale che da San Michele giunge fino all'abitato di Arcidosso, ad oltre 1 km di distanza verso sud da quest'ultimo centro abitato.

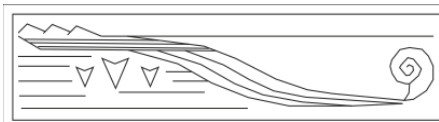
Come anticipato, le indagini hanno avuto lo scopo di confermare i fenomeni di instabilità gravitativa a cui sono associate le morfologie note in cartografia, riferendoci in particolare alla cosiddetta Carta della pericolosità geologica (Tavola GEO.03.06E) di supporto al piano strutturale intercomunale dell'Unione dei Comuni Montani dell'Amiata Grossetana.

La sovrapposizione delle tomografie elettriche con la suddetta cartografia ha consentito di ottimizzare le conoscenze di base in merito alla morfologia dei due settori. Per il primo settore (Bagnore 3 – Aiole) dai risultati è emerso quanto di seguito:

1. Nella maggior parte del tracciato investigato è emersa la presenza di uno strato superficiale di materiale di riporto, avente uno spessore medio inferiore ai 2 metri e riconducibile ragionevolmente al materiale impiegato per la realizzazione della sede viaria. Questo assume spessori localmente più elevati ma comunque mai superiori ai 2,50 metri nelle zone dove la pendenza della cosiddetta sottoscarpa stradale aumenta.



2. L'andamento irregolare della resistività elettrica negli strati più profondi, o comunque sottostanti al suddetto strato superficiale, è correlabile con la tipica tessitura caotica della formazione delle Argille a Palombini; nella fattispecie costituente il sottosuolo della zona.
3. Confrontando le progressive lungo gli stendimenti con le informazioni ottenute dal rilievo di dettaglio sul terreno, sono riconoscibili gli attraversamenti stradali in corrispondenza delle linee 2 e 4.
4. Lungo la linea 1, in correlazione con quanto rappresentato nella suddetta cartografia di base, è riconoscibile una geometria sepolta dotata di concavità riconducibile ad un deposito di frana. La profondità massima del deposito determinabile lungo la sezione è di $7 \div 8$ metri a cominciare dalla quota del piano stradale, mentre l'estensione totale è di $20 \div 25$ metri tra le progressive dei 40 e 60 metri circa. La geometria ricade a cavallo tra un'area a pericolosità geologica elevata (G3) e molto elevata (G4), quest'ultima rappresentata a valle della sede viaria ed interessante solo marginalmente la viabilità. Vista la morfologia della sottoscarpa stradale nel settore in questione non si esclude che la geometria sepolta possa essere ricondotta ad un antico riempimento di origine antropica.
5. Lungo la linea 3, in correlazione con quanto rappresentato nella suddetta cartografia di base, è riconoscibile una morfologia dotata di concavità riconducibile ad un deposito di frana. La profondità massima del deposito determinabile lungo la sezione è di $3 \div 4$ metri a cominciare dalla quota del piano stradale, mentre l'estensione totale è di $35 \div 40$ metri tra le progressive dei 30 e 70 metri circa. Questa coincide con il tornante che contraddistingue la sede viaria proprio alle suddette progressive dello stendimento. In questo caso la geometria ricade in un'area classificata in pericolosità geologica elevata (G3) che dal rilevamento sul terreno mostra ad oggi evidenti segni di instabilità attiva. L'instabilità della sede viaria in questo tratto può essere collegata ad una infiltrazione selvaggia del deflusso meteorico proveniente da monte, che per la mancanza di un adeguato sistema di regimazione superficiale favorisce la dispersione delle acque lungo il margine della statale e la loro successiva infiltrazione in più punti del tracciato. La pendenza e la presenza dell'impluvio morfologico in corrispondenza del suddetto tornante favorisce il fenomeno. Non si esclude comunque che il fenomeno, visto il ridotto spessore, possa interessare esclusivamente il cosiddetto rilevato stradale.



Per il secondo settore (San Michele – Arcidosso) dai risultati è emerso quanto di seguito:

1. Raramente lungo il tracciato investigato emerge la presenza di materiali di riempimento e/o riporto di origine antropica. In molte porzioni dello stesso affiorano i litotipi argillitici o calcarei della formazione di Pietraforte, costituente il substrato roccioso della zona interessata dal tratto investigato.
2. La maggiore conducibilità elettrica determinata lungo le linee 1 e 2 indica una maggiore presenza di litotipi argillitici, confermata dagli affioramenti rocciosi e dalla contestuale presenza di emergenze idriche superficiali, riconosciute anche durante le attività di indagine.

Si conclude sottolineando quando di seguito:

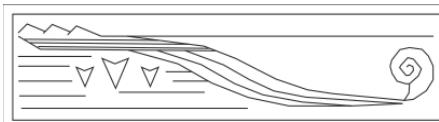
- nel settore attraversato dalla statale 323 (Bagnore 3 - Aiole) si conferma la presenza di potenziale instabilità con la conseguente necessità di approfondire le conoscenze sul sottosuolo attraverso la realizzazione di una coppia di sondaggi spinti fino ad almeno 30 metri e 20 metri di profondità dal piano campagna (piano stradale), rispettivamente per la geometria riconosciuta lungo la linea 1 e la linea 3.
- Nel settore attraversato dalla strada vicinale (San Michele – Arcidosso) si sottolinea che buona parte delle forme e dei lineamenti cartografati corrispondono a fenomenologie circoscritte ad impluvi presenti dove la criticità maggiore risulta rappresentata dall'erosione e dall'incisioni dei corsi d'acqua alimentati soprattutto in inverno e primavera. Per questo settore si esclude la necessità di un approfondimento con la realizzazione di sondaggi geognostici.

Cecina, 15 Marzo 2023



Dott. Geol. Lorenzo Ciulli

Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli

Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)

cell. 339 4508988

[e-mail: cl.geologist@gmail.com](mailto:cl.geologist@gmail.com)

[PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it](mailto:ciulli.lorenzo@pec.epap.it)

P.IVA: 01539230498

C.F.: CLLLNZ75E14C415M

primavera. Per questo settore si esclude la necessità di un approfondimento con la realizzazione di sondaggi geognostici.

Cecina, 15 Marzo 2023



Dott. Geol. Lorenzo Ciulli

Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

Allegati:

- *Ubicazione delle indagini*
- *Sinottico dei risultati*
- *Planimetria indagini di approfondimento*



794.5

117.5

1

0.0

117.5

2

0.0

UBICAZIONE PROFILI GEOELETTRICI 2D
SCALA 1:1.000

821.6

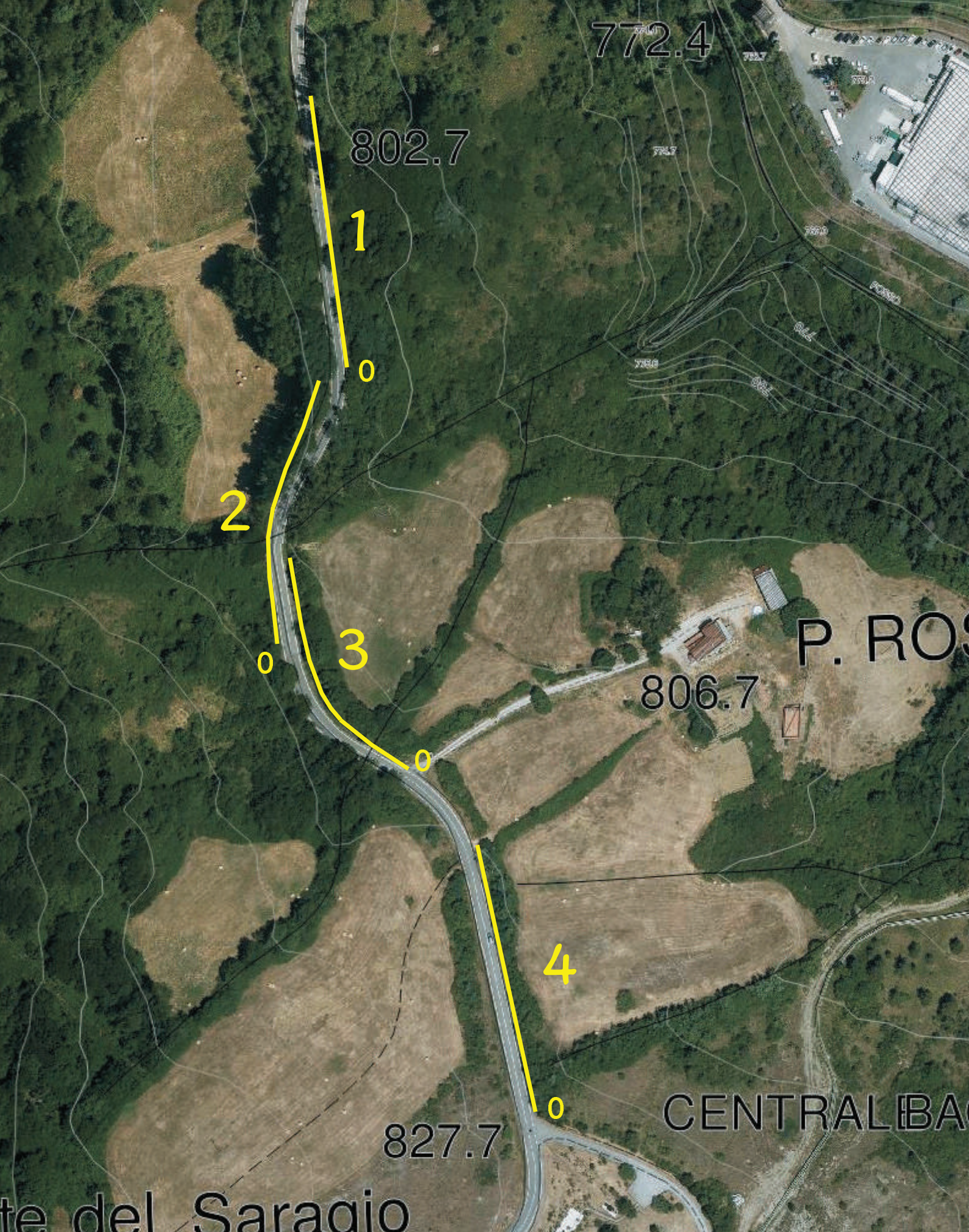
816.1

3

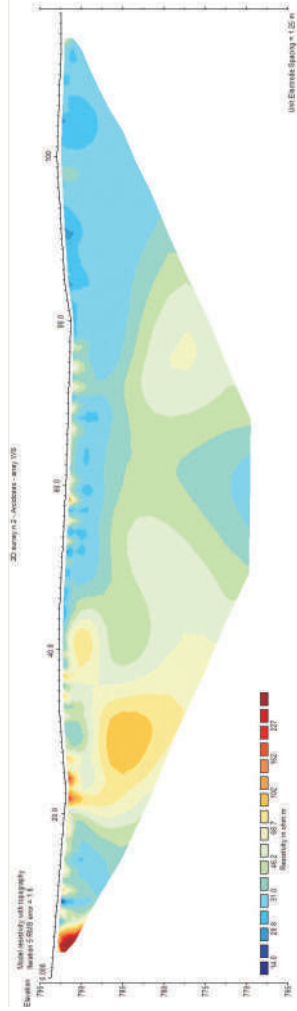
117.5

0.0

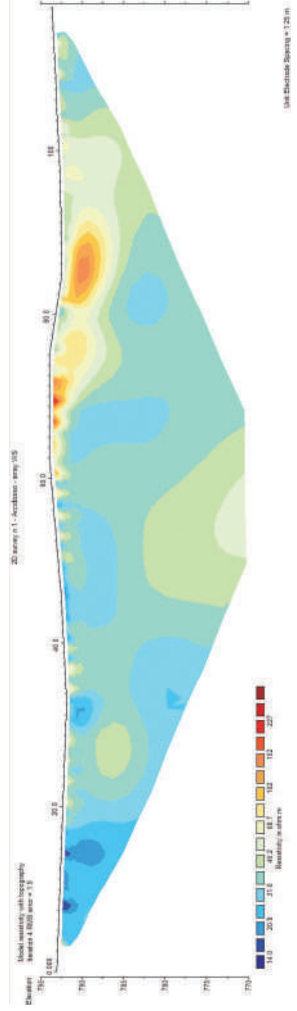
C.S. MICHELE



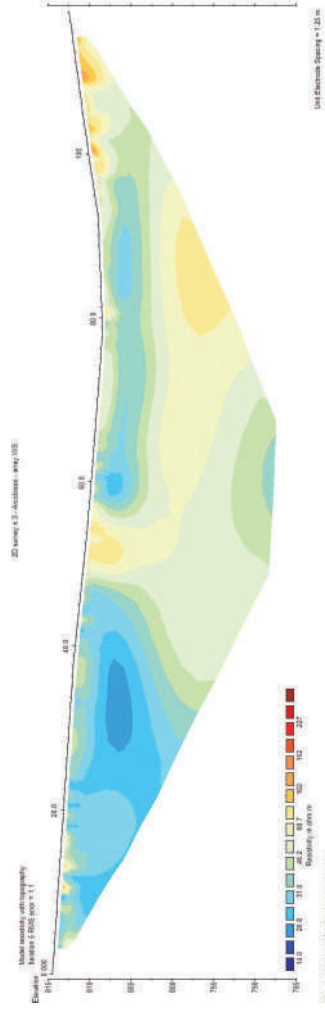
ubicazione stendimenti geoelettrici 2D su CTR / fotosat - scala 1:2.000



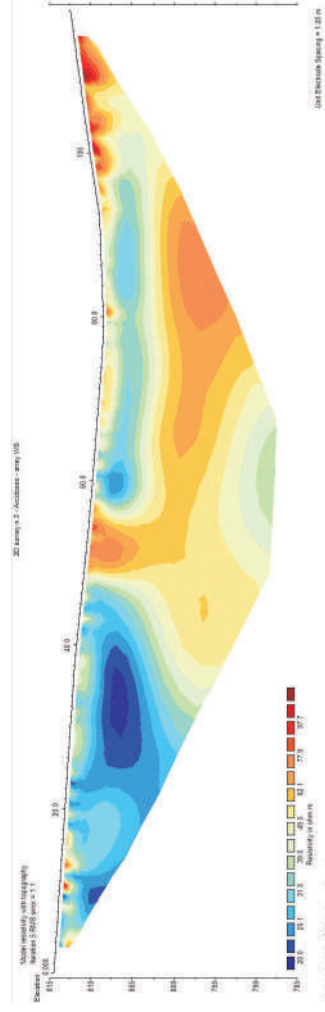
PROFILO 2

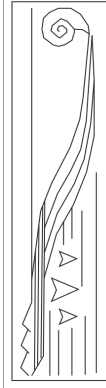


PROFILO 1

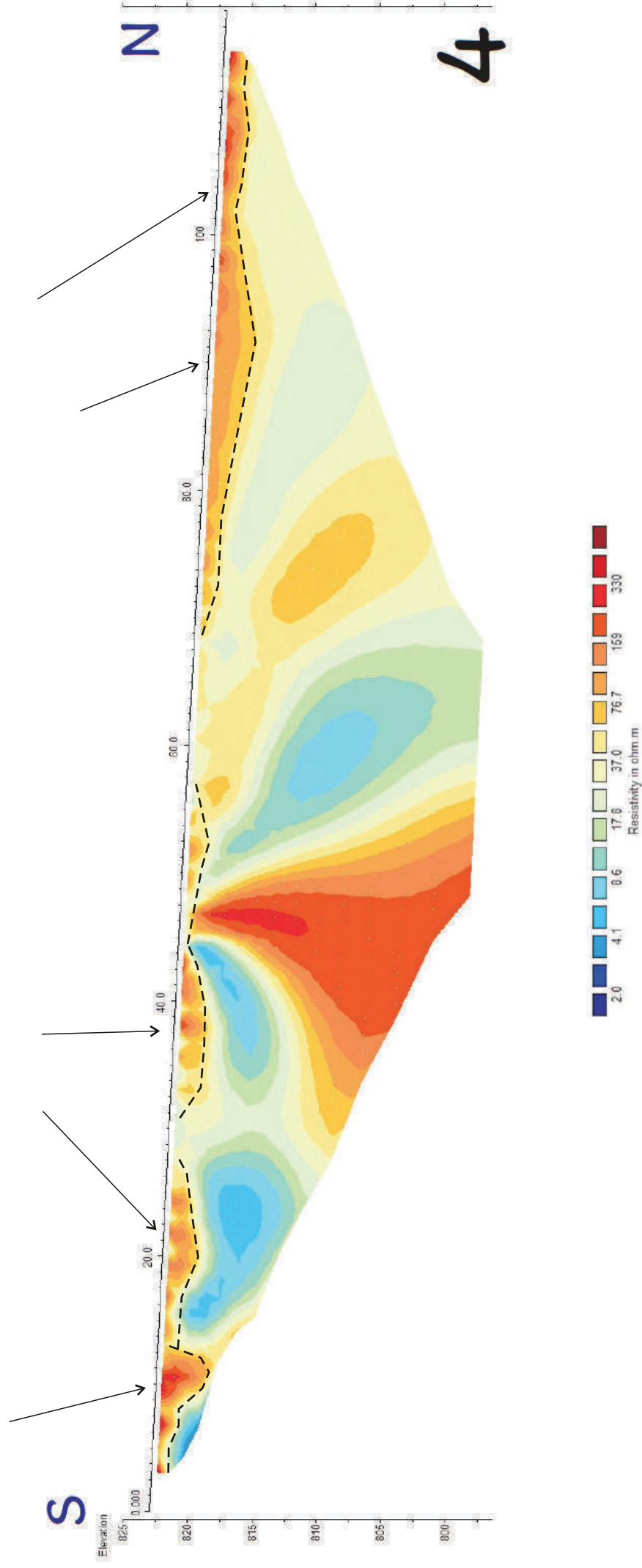


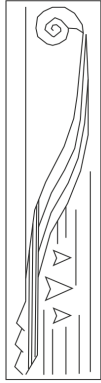
PROFILO 3



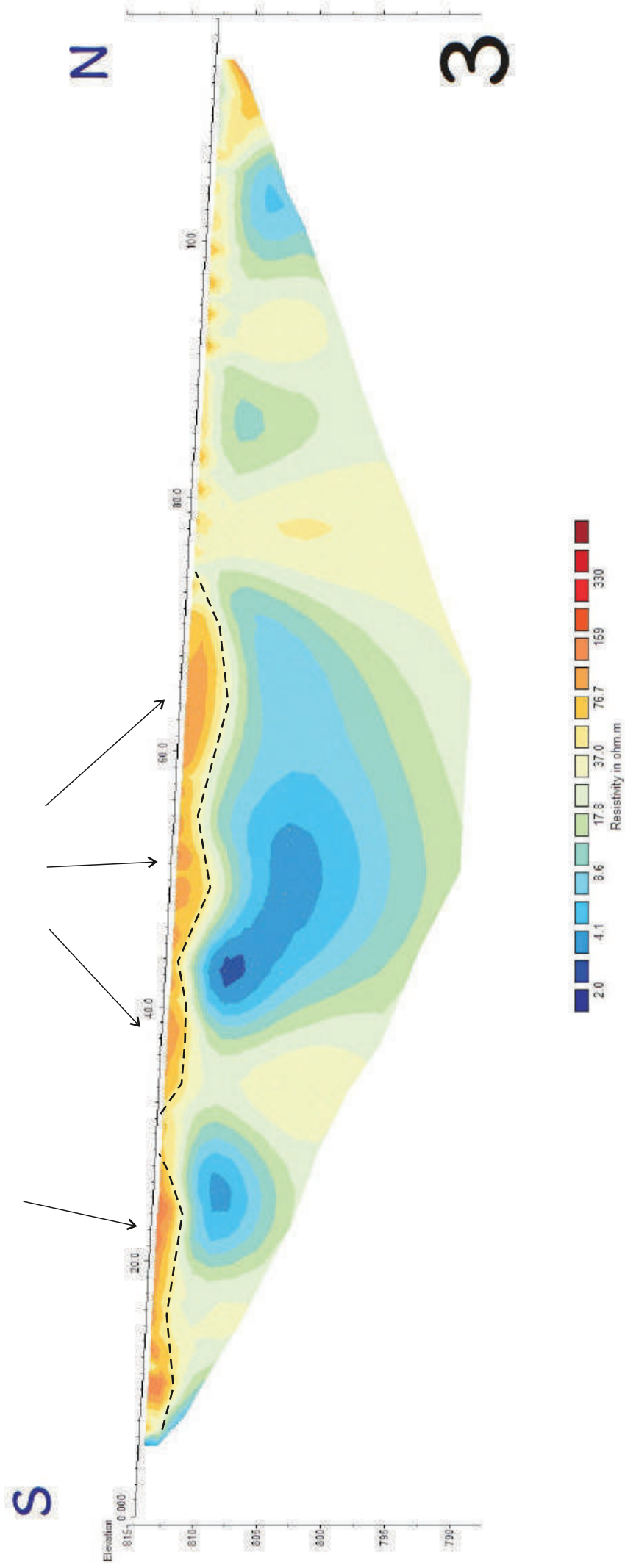


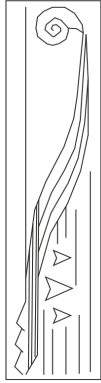
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLNZ75E14C415M



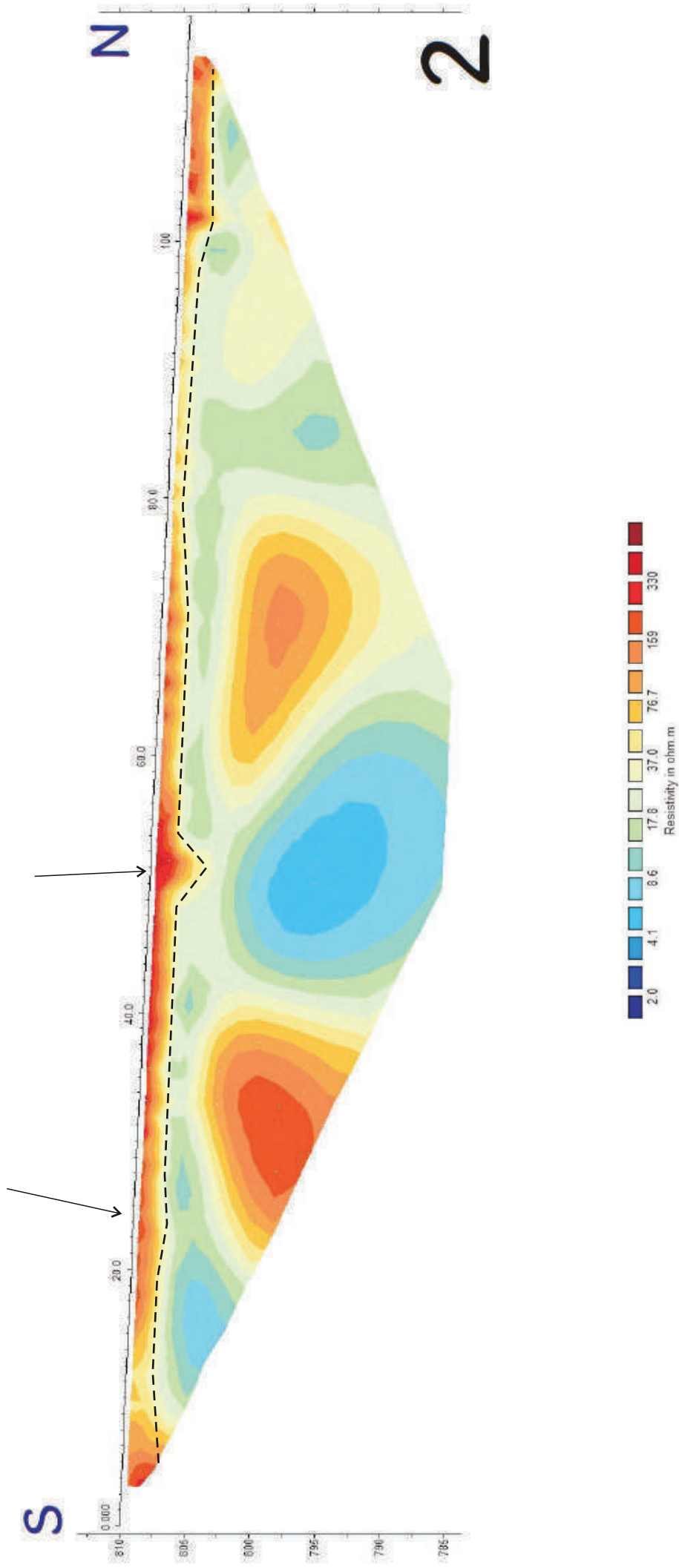


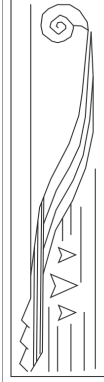
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com PIVA: 01539230498
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it C.F.: CILLNZ75E14C415M



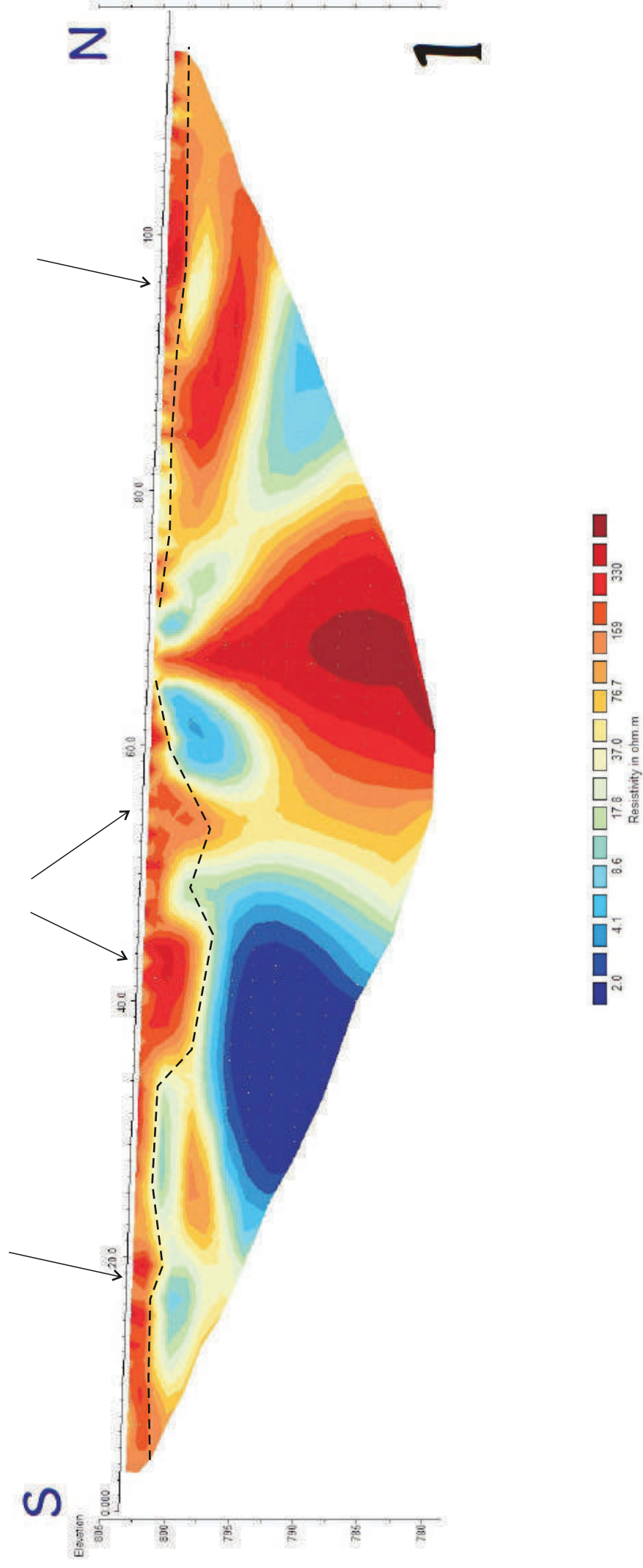


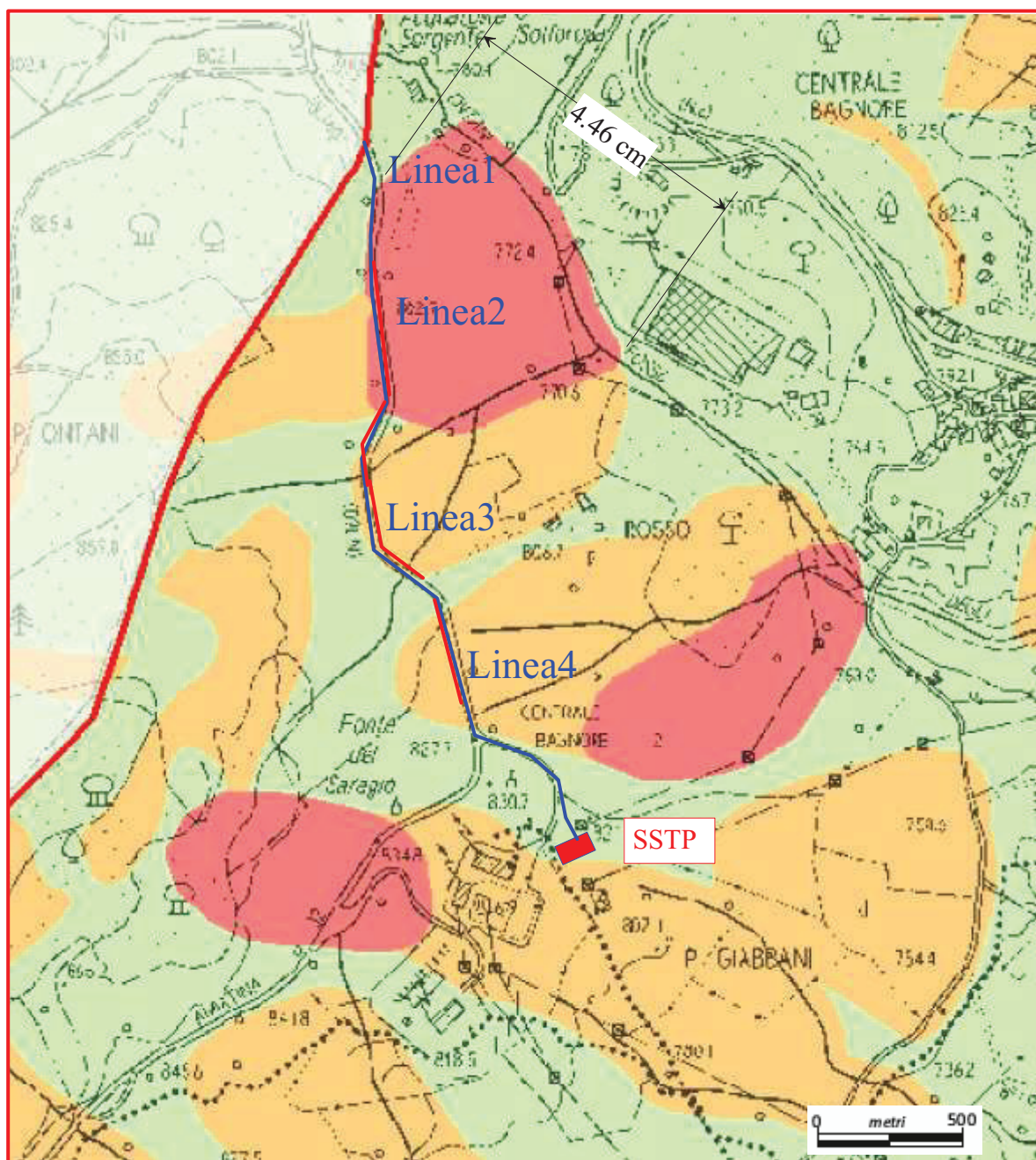
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com PIVA: 01539230498
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it C.F.: CILLNZ75E14C415M





STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CILLNZ75E14C415M





Legenda

Classi di Pericolosità Geologica (D.P.G.R. 5/R/2020)

G.4 - Pericolosità Geologica Molto Elevata

G.3 - Pericolosità Geologica Elevata

G.2 - Pericolosità Geologica Media

Goelettrica

Planimetria indagini di approfondimento nel tratto di tracciato ricadente nel Comune di Santa Fiora