

**Committente:
COMUNE DI VALLEFOGLIA**

**VARIANTE AL P.R.G. VIGENTE
AZZONAMENTO "CA' LA BALIA"**

**RELAZIONE GEOLOGICA
FATTIBILITA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA Art.89**

Sommario

1	PREMESSE	2
1.1	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	3
2	UBICAZIONE.....	4
3	VINCOLISTICA	5
3.1	P.A.I.	5
4	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	6
4.1	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO - ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE	6
4.2	MICROZONAZIONE SISMICA - COMUNE DI VALLEFOGLIA	9
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	11
5.1	GEOLOGIA	11
5.2	GEOMORFOLOGIA.....	12
5.3	IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	13
6	MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA - CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI.....	15
6.1	PROGRAMMA DI INDAGINE.....	15
6.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
6.2.1	STRATIGRAFIE.....	15
6.2.2	ANALISI DI LABORATORIO	17
6.3	INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	18
6.4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	19
6.4.1	PARTE BASSA - SONDAGGI S1 ED S2	19
6.4.2	PARTE ALTA - SONDAGGI S3 ED S4.....	20
6.5	INDAGINE SISMICA	20
6.5.1	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	20
6.5.2	STIMA DIRETTA DELLA FREQUENZA DI RISONANZA E DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	22
6.6	CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	23
7	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	24
8	STABILITA' DEL VERSANTE	26
8.1	CENNI DI TEORIA	26
8.2	MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL TERRENO.....	31
8.3	VERIFICHE DI STABILITÀ STATO DI FATTO	33
8.3.1	CONDIZIONI STATICHE.....	33
8.3.2	CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE	34
8.4	VERIFICHE DI STABILITÀ STATO DI PROGETTO	35
8.4.1	CONDIZIONI STATICHE.....	35
8.4.2	CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE	36
8.5	CONCLUSIONI	37
9	FATTIBILITA' GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (Art.89).....	38
10	VALUTAZIONI SULL'INTERVENTO	40
10.1	SBANCAMENTI.....	40
10.2	RILEVATI.....	40
10.3	FONDAZIONI	40
11	CONCLUSIONI	41

Committente:
COMUNE DI VALLEFOGLIA

**VARIANTE AL P.R.G. VIGENTE
AZZONAMENTO “CA’ LA BALIA”**

RELAZIONE GEOLOGICA
FATTIBILITA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA Art.89

1 PREMESSE

Su incarico e per conto della Committenza è stata redatta la presente relazione geologica a corredo della Variante Urbanistica al P.R.G. vigente di un’area ubicata in località Gallo e denominata (Azzonamento Cà “La Balia” - Scheda n.7).

La proposta di variante prevede la ridefinizione dell’area da *Zona “E”* a *Zona “D6.a_3CA”*.

Nell'area di intervento è stata eseguita la seguente indagine geognostica/sismica:

- n.4 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e posa in opera di piezometri;
- prove di laboratorio sui campioni di terreno prelevati;
- n.1 prova sismica di superficie MASW;
- n.1 prova sismica passiva HVSR.

Scopo dell'indagine è quello di definire:

- l'inquadramento geologico;
- la stratigrafica superficiale dei terreni;
- le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti;
- la stabilità del versante;
- la categoria del suolo di fondazione.

La planimetria scala 1: 1.500 con l'esatta ubicazione delle indagini, le relative colonne stratigrafiche ed il rapporto delle prove di laboratorio e sismiche sono riportati in allegato.

1.1 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

D.C.R. n.116, 21.01.04

«Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale» - Aggiornato al DPCM del 14 marzo 2022 (GU 10 maggio 2022; BUR Marche n. 39 del 12 maggio 2022)

D.M. 17.01.2018

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni.»

2 UBICAZIONE

L'area ricade nel Foglio 109 "Quadrante 109 II" della carta IGM scala 1: 25.000, mentre in riferimento alla Carta Tecnica Regionale redatta in scala 1: 10.000 è posta all'interno Foglio 280 Sezione 280100.

È ubicata in località "Cà Labalia" in adiacenza alla vecchia strada provinciale che conduce all'abitato di Gallo di Petriano. (Figura 1 estratta dal portale Google Earth).

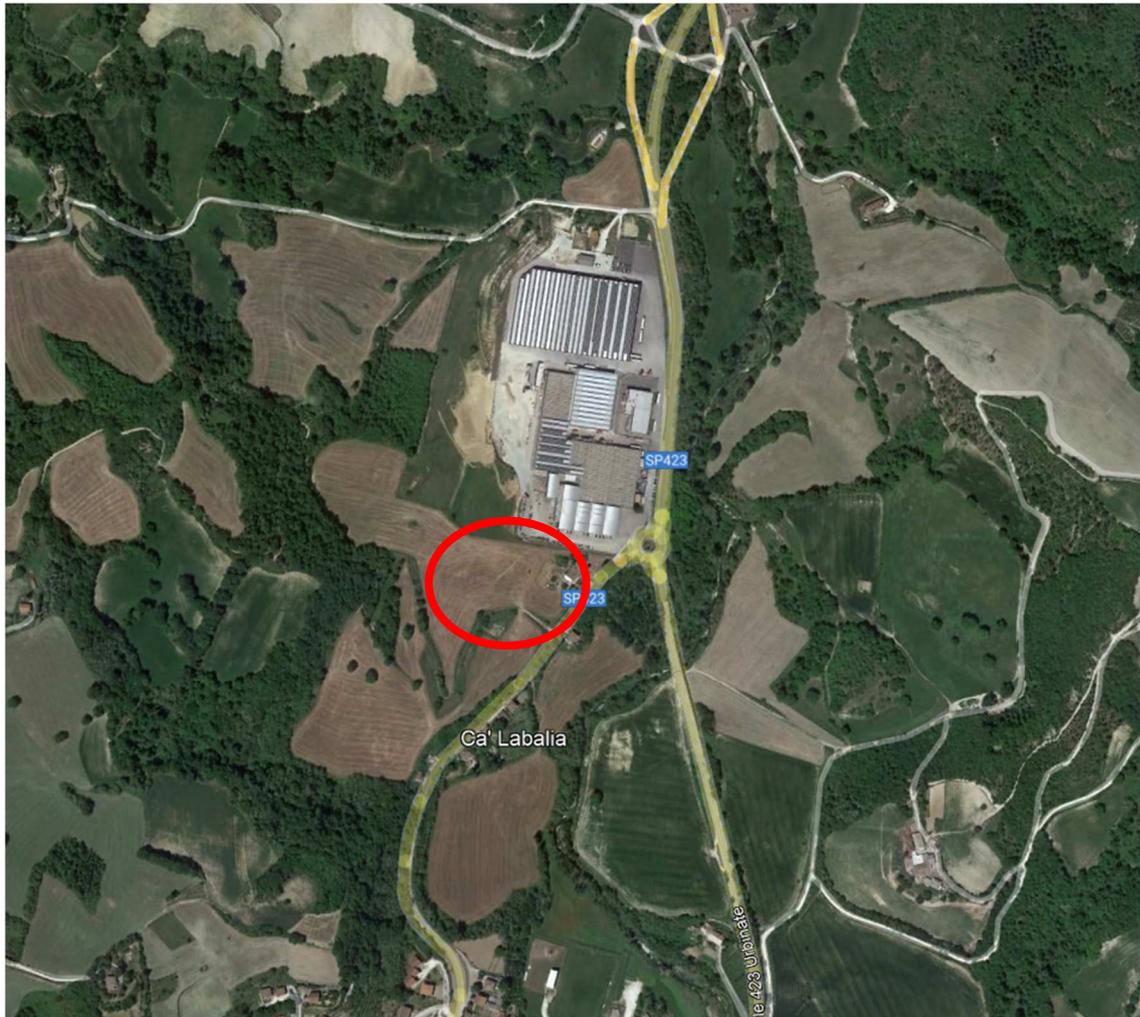


Figura 1

3 VINCOLISTICA

3.1 P.A.I.

Preso come riferimento la cartografia pubblicata dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Centrale (Regione Marche) a corredo del Progetto di Piano stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico PAI (aggiornato al DPCM del 14 marzo 2022 - GU 10 maggio 2022; BUR Marche n. 39 del 12 maggio 2022), le area d’intervento non ricade all’intero di aree sottoposte a vincolo idrogeologico (Figura 2).

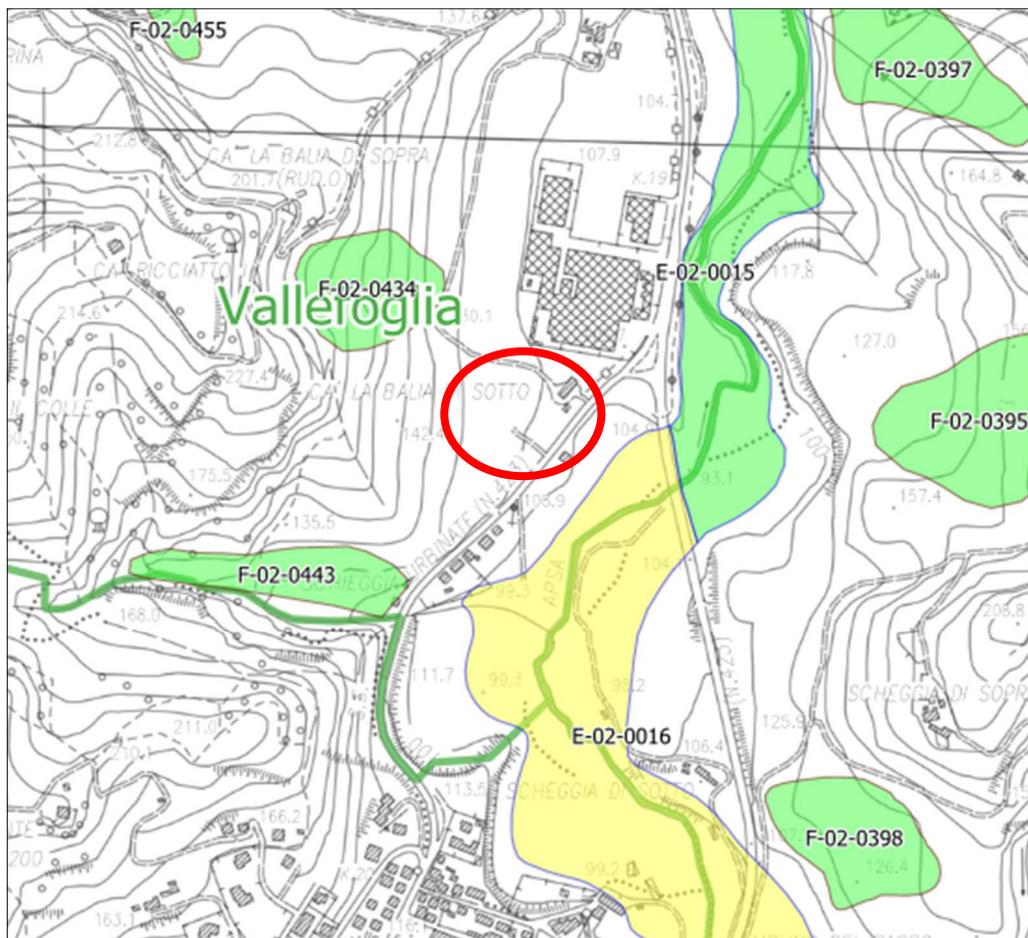


Figura 2



Autorità di Bacino Distrettuale
dell'Appennino Centrale



Piano Assetto Idrogeologico (PAI)
dei bacini di rilievo regionale delle Marche

Aggiornato al DPCM del 14 marzo 2022
(GU 10 maggio 2022; BUR Marche n. 39 del 12 maggio 2022)

CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Tavola RI 11 d

Area a rischio frana
(Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Area a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

4 CLASSIFICAZIONE SISMICA

4.1 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO - ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274, per l'individuazione delle zone sismiche sul territorio nazionale è stato redatto a cura dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) un documento denominato “*Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici*”, che rappresenta il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale (Figura 3).

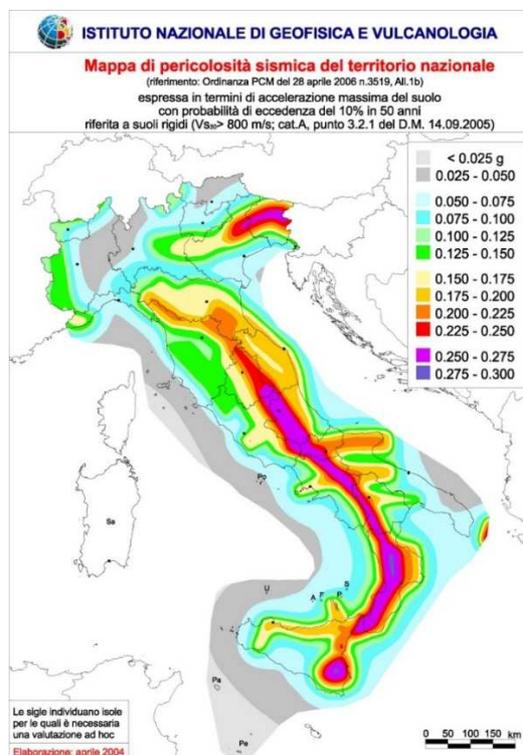


Figura 3 - Distribuzione geografica dei valori medi di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da Gruppo di Lavoro MPS, 2004)

All'interno della ricerca eseguita per tale redazione, è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 che divide tutto il territorio italiano in 36 zone. Tale zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici (cenozoici e quaternari) coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale; essa, pur basandosi ampiamente sull'impianto generale e sul

background informativo della precedente zonazione ZS4 (Scandone & Stucchi, 1996), rappresenta un suo sostanziale ripensamento, alla luce delle evidenze di tettonica attiva, delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite nei primi anni del decennio (con i fondamentali contributi del Database of Individual Seismogenic Sources - DISS-, che, combinando dati geologici, storici e strumentali, censisce le sorgenti in grado di produrre terremoti di magnitudo 5.5 e superiore) e del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (all'epoca della redazione della mappa CPTI2, ora arrivato alla versione CPTI11).

Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata, ha permesso di costruire la Carta delle Zone Sismogenetiche del territorio nazionale (Figura 4).

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo.

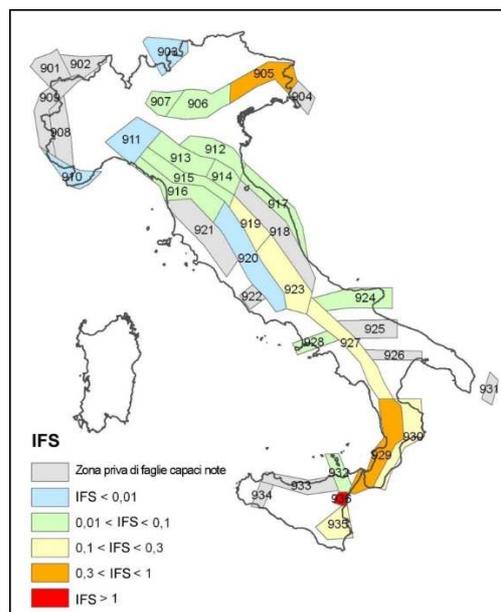


Figura 4 - Zonizzazione sismogenetica ZS9
(IFS = Indice di Fagliazione Superficiale); (INGV, 2004)

Sulla base di queste zone sismogenetiche e delle loro caratteristiche, è stata sviluppata la Carta della pericolosità sismica; per ogni comune italiano, è stata fatta una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento

ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale che rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (Tabella 1).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1 - Valori di PGA per le varie zone

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio regionale, da cui si può notare che al Comune di Petriano è attualmente attribuito un valore di PGA compreso tra 0.175g e 0.200g, che lo pone all'interno della Zona 2 definita a sismicità media (Figura 5); si ricorda che tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock sismico, cioè a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi, alla cui interfaccia superiore si presume che l'input sismico arrivi non alterato.

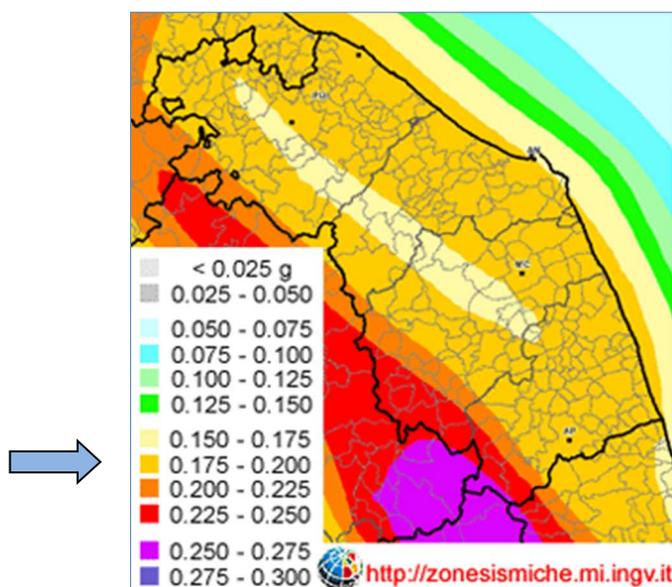


Figura 5 - Carta di pericolosità sismica del territorio regionale espressa in accelerazione orizzontale di picco PGA

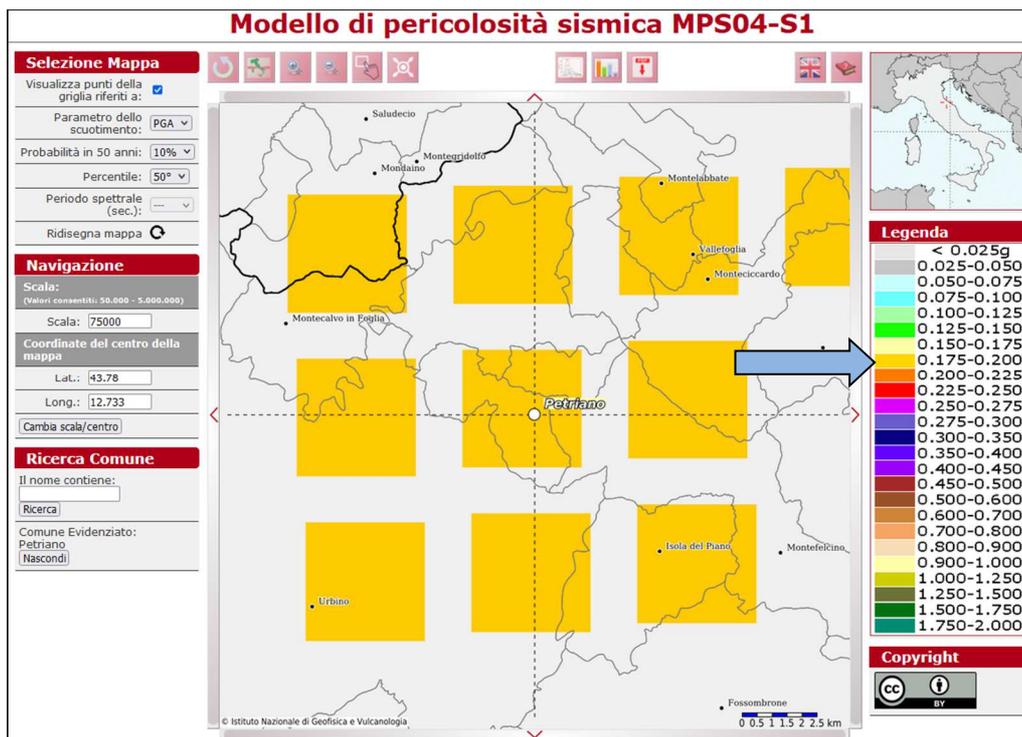


Figura 6

Particolare della Mappa relativa ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, all.1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2003).

Modello di pericolosità sismica MPS04 - Progetto S1 - Proseguimento della assistenza a DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi.

4.2 MICROZONAZIONE SISMICA - COMUNE DI VALLEFOGLIA

Dalla consultazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)¹ del comune di Vallefoglia, si conferma che l'area in esame non è stata sede di studi di Microzonazione Sismica né di primo né di secondo livello come riportato nella sottostante Figura 7.

¹ DL n.19 del 28.04.09 (convertito, con modificazioni, nella Legge 77 del 24.06.09) e attraverso l'OPCM 3907/10, (recepita a livello regionale dal DGR n.967/11).

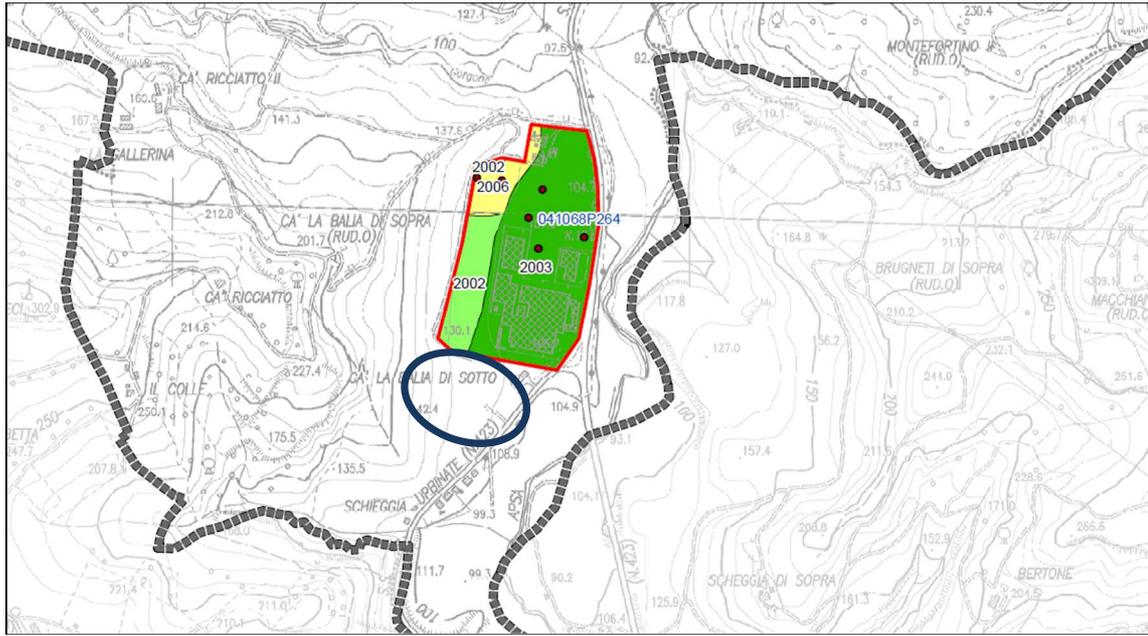


Figura 7

 Area in esame

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Zona 1
	Zona 2
	Zona 3
	Zona 4
	Zona 5
	Zona 6

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

5.1 GEOLOGIA

In base ai rilievi diretti di campagna ed alla cartografia ufficiale (Carta Geologica Regionale CTR Sezione 280010 Petriano, redatta in scala 1: 20.000 di cui se ne riporta uno stralcio in Figura 8), i terreni affioranti appartengono alle alluvioni terrazzate nella parte bassa sub-pianeggiante ed alla Formazione Marnoso-arenacea Marchigiana al piede del versante collinare.

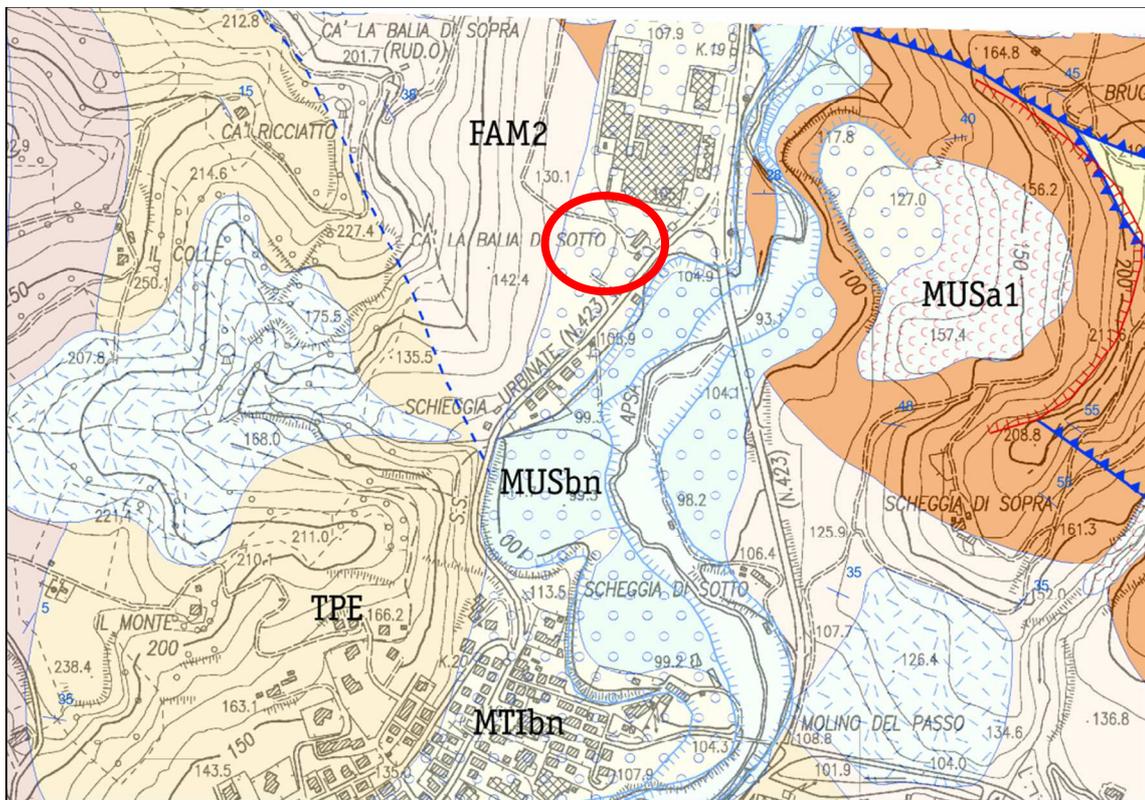


Figura 8

LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SINTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)



MUSa Detrito di versante



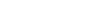
MUSa1 Frane in evoluzione

	MUSb	Deposito alluvionali attuali argille prevalenti associate a ghiaie, sabbie e limi in proporzioni variabili
	MUSb2	Deposito eluvio colluviale
	MUSbn	Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi e argille

SINTEMA DI MATELICA
(PLEISTOCENE SUPERIORE)

	MTIbn	Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi e argille
---	-------	---

SUCCESSIONE MIOCENICA

	TPE	TRIPOLI E MARNE TRIPOLACEE Messiniano inferiore
	FAM2	FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA MARCHIGIANA Membro di Urbino Mesiniano inferiore p.p.
	SCH	SCHLIER Burdigaliano p.p.- Tortoniano
		Contatto stratigrafico o litologico
		Contatto stratigrafico inconforme
		Contatto stratigrafico o litologico incerto
		Sovrascorrimento
		Faglia
		Sovrascorrimento incerto o sepolto
		Traccia di superficie assiale di anticlinale
		Orlo di scarpata di frana
		Orlo di terrazzo fluviale

Il pacco alluvionale ha generalmente spessori inferiori a circa 8.0 metri e ricopre la formazione marina sopra indicata. A monte dell'area in esame (lato Ovest) è presente un contatto stratigrafico incerto con la Formazione del Tripoli e marne tripolacee (TPE).

5.2 GEOMORFOLOGIA

Ci troviamo in sinistra idrografica del torrente Apsa che scorre a Sud-Est dell'area di intervento e ad una distanza di circa 200 ÷ 250 metri.

Morfologicamente l'area è posta ad una quota compresa tra 110 e 140 m s.l.m.m., in corrispondenza del contatto litologico tra i depositi alluvionali e quelli riconducibili al sub-strato appartenente alla formazione marnoso arenacea (FMA2).

L'area oggetto di variante urbanistica, che si estende a partire dalla strada provinciale verso monte per un tratto di circa 200 m, risulta sub-pianeggiante nella porzione di valle (zona est) dove affiorano i depositi alluvionali, mentre proseguendo verso ovest il terreno sale progressivamente fino a raccordarsi con la sovrastante collina caratterizzata dalla presenza della FMA2 sub-affiorante.

Dal rilievo geomorfologico di campagna l'area risulta stabile e non sono evidenti forme di superficie riconducibili a fenomeni di dissesto in atto o potenzialmente attivi.

Anche in base alla Carta del Rischio Idrogeologico elaborata dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale a corredo del Piano Assetto Idrogeologico PAI, di cui si allega uno stralcio, l'intera area in esame ricade al di fuori di zone sottoposte a tutela.

A nord è stata cartografata dal PAI un'area in dissesto classificata a rischio idrogeologico moderato R1 cod. (F-02-0434) che comunque non interferisce con l'area in esame.

5.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

L'area d'intervento non è solcata da alcun fosso naturale e/o artificiale ed è posta morfologicamente ad una quota compresa tra 110 e 140 m s.l.m.m.

L'elemento idrografico più rilevante è rappresentato dal torrente Apsa che sorre ad est dell'area di variante, ad una distanza compresa tra 200 e 250 m, ad una quota di circa 90-95 s.l.m.m.

La circolazione idrica sotterranea è posizionata all'interno dei depositi alluvionali costituiti prevalentemente da limo argilloso, limo argilloso con sabbia.

Sulla base ai rilievi diretti della falda eseguiti tra Dicembre 2022 e febbraio 2023 questa si rinviene all'interno del piezometro posizionato in corrispondenza del sondaggio S2 Foto 1 ad una profondità variabile da 3.7 a 4.0 metri dal piano campagna attuale.

Non sono comunque da escludere variazioni stagionali della piezometrica.



Foto 1

In corrispondenza del pozzo ubicato nella parte di valle della proprietà, in adiacenza alla casa colonica, il livello statico della falda risulta ad una quota di -5.1 m dal p.c. (misurazione febbraio 2023).

I terreni alluvionali costituiti in prevalenza da limo argilloso, limo argilloso con sabbia talora con elementi ghiaiosi, hanno nel complesso delle basse permeabilità per porosità con coefficienti K variabili da 1×10^{-5} a 1×10^{-7} m/sec.

$K (m/s)$	10^1 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11}						
	GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia		Sabbia	Sabbia molto fine	Silt
	varia	Ghiaia grossa e media	Ghiaia e sabbia	Sabbia e argilla —Limi			
GRADI DI PERMEABILITA	ELEVATA			BASSA		NULLA	
TIPI DI FORMAZIONI	PERMEABILI			SEMI-PERMEABILI		IMPER.	

limiti convenzionali

Tabella 2 - Valori coefficienti di permeabilità (da Castany).

6 MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA - CARATTERIZZAZIONE GEO-MECCANICA DEI TERRENI

6.1 PROGRAMMA DI INDAGINE

Per determinare la stratigrafia locale e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, nel mese di Agosto 2022, è stata eseguita una campagna geognostica e sismica consistente in:

- ✓ n.4 sondaggi a carotaggio continuo effettuati mediante una sonda a testa idraulica con un campionatore del diametro 101 mm;
- ✓ n.3 campioni di terreno prelevati in fase di avanzamento dei carotaggi con prelievo di campioni;
- ✓ n.1 piezometro installato nel foro di sondaggio S2;
- ✓ analisi di laboratorio sui campioni di terreno prelevato;
- ✓ n.1 prova sismica di superficie MASW;
- ✓ n.1 prova sismica passiva HVSR.

6.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

I sondaggi a carotaggio continuo, spinti ad una profondità massima di 10.0 m, e comunque raggiungendo sempre il sub-strato geologico, sono stati eseguiti mediante una sonda con testina di rotazione idraulica dotata di un carotiere semplice \varnothing 101 mm.

Le carote estratte sono state riposte in apposite cassette catalogatrici (in cui ogni scomparto ha una lunghezza pari ad 1 m) contenenti ciascuna 5 m totali di materiale estratto. Sulle porzioni di terreno estratto maggiormente rappresentative sono state condotte prove speditive in situ mediante l'utilizzo di strumentazione tascabile, quale un Pocket Penetrometer per definirne la resistenza a compressione (kg/cm^2).

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati, sempre in fase di avanzamento, un totale di 3 campioni di terreno indisturbato tramite campionatore a pareti sottili tipo Shelby, sottoposti successivamente ad analisi di laboratorio.

All'interno del foro S2 è stato installato un piezometro a tubo aperto per rilevare e monitorare il livello della falda acquifera.

6.2.1 STRATIGRAFIE

I sondaggi a carotaggio continuo hanno fornito le seguenti stratigrafie:

SONDAGGIO S1

dal p.c.	a	1.0 m	terreno agrario;
da 1.0 m	a	6.0 m	limo argilloso, sabbia argillosa con limo, di colore nocciola talora con calcinelli, a buona consistenza (depositi alluvionali);
da 6.0 m	a	7.0 m	limo argilloso, argilla limosa plastica e plastico-molle, di colore nocciola con rari elementi ghiaiosi medio-grossolani a spigoli vivi (depositi alluvionali);
da 7.0 m	a	8.6 m	marna argillosa di colore grigio-azzurro compatta con livelli/strati arenacei di colore grigio (formazione).

SONDAGGIO S2

dal p.c.	a	0.5 m	terreno agrario;
da 0.5 m	a	4.8 m	limo argilloso, limo argilloso con sabbia di colore nocciola talora con calcinelli, a buona consistenza (depositi eluvio-colluviali);
da 4.8 m	a	10.0 m	marna argillosa di colore grigio-azzurro compatta con livelli/strati arenacei di colore nocciola e grigio (formazione).

SONDAGGIO S3

dal p.c.	a	0.8 m	terreno agrario;
da 0.8 m	a	2.5 m	marna argillosa di colore grigio-azzurro compatta con livelli/strati arenacei di colore nocciola e grigio (formazione alterata);
da 2.5 m	a	3.0 m	prelievo campione;
da 3.0 m	a	6.0 m	arenarie di colore nocciola compatte con livelli marnoso-argillosi (Formazione).

SONDAGGIO S4

dal p.c.	a	0.2 m	terreno agrario;
da 0.2 m	a	0.4 m	limo argilloso, limo argilloso con sabbia di colore nocciola (depositi eluvio-colluviali);

da 0.4 m a 3.0 m arenarie/sabbie di colore nocciola con livelli mar-
noso-argillosi (Formazione alterata);

da 3.0 m a 7.2 m arenarie compatte di colore nocciola alternate a
marne argillose consistenti/compatte di colore gri-
gio azzurro e nocciola (Formazione).

6.2.2 ANALISI DI LABORATORIO

Sui campioni indisturbati, prelevati durante i sondaggi sono state eseguite le prove di laboratorio geomeccanico riportate a seguire:

- Determinazione delle caratteristiche fisiche;
- Granulometrie
- Limiti di Consistenza
- Prova di taglio diretto (CD);

Le prove sui campioni indisturbati hanno permesso di caratterizzare i terreni come ri-
portato nella sottostante Tabella 4.

SONDAGGIO		S1	S2	S3
CAMPIONE		C1 (2.2/2.4)	C1 (3.5/3.7)	C1 (2.5/3.0)
CARATTERISTICHE FISICHE				
UMIDITA' NATURALE	%			25.3
PESO DI VOLUME UMIDO	kN/m ³			20.8
PESO DI VOLUME SECCO	kN/m ³			16.6
LIMITI DI ATTERBERG				
LIMITE DI LIQUIDITA' (LL)	%	27.93	23.23	43.53
LIMITE DI PLASTICITA' (LP)	%	19.53	19.42	25.37
INDICE DI PLASTICITA' (IP)		8.4	3.81	18.16
ANALISI GRANULOMETRICHE				
GHIAIA	%	0.2	0.2	
SABBIA	%	42.78	42.06	30.1
LIMO	%	38.37	42.86	50.52
ARGILLA	%	18.64	14.88	19.38
PROVA DI TAGLIO DIRETTO				
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (ϕ')	°			26.7
COESIONE INTERCETTA (c')	kN/m ²			7.4

Tabella 3

I risultati dei limiti di Atterberg per i campioni esaminati sono stati riportati nella sot-
tostante Carta di plasticità di Casagrande (Grafico 1), che correla gli indici di plasticità
(IP) con i limiti di liquidità (WL).

Dalle risultanze dei campioni analizzati i terreni del sito in studio ricadono nel campo
delle CL-ML ossia argille inorganiche a bassa plasticità ($W_L < 30$) e nel campo ML-OL
ossia limi inorganici di media compressibilità e limi organici ($30 \leq W_L \leq 50$).

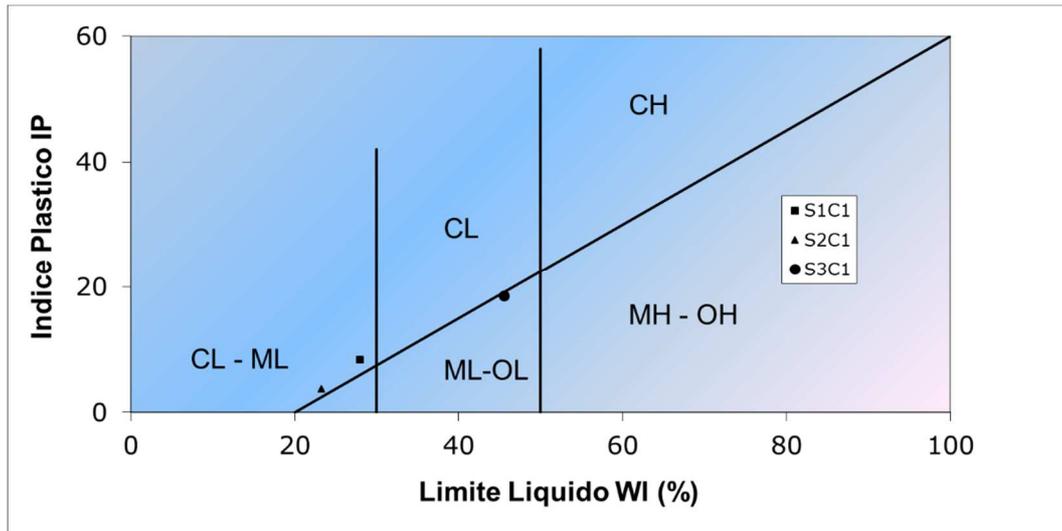


Grafico 1

6.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Dalla correlazione dei sondaggi geognostici, è stata ricostruita una sezione litostratigrafica in scala 1:400 disposta lungo la direzione di massima pendenza del versante, come da planimetria ubicazione indagini riportata nella Tavola 1.

È stata tracciata lungo da est verso ovest correlando i sondaggi a carotaggio continuo S1, S2 ed S4.

Partendo dal piano campagna è stato riscontrato un primo strato di terreno antropico e d'alterazione fino alla profondità di -0.2 -1.0 metri; a questo seguono, fino alla profondità di -4.8 -7.0 metri, i depositi alluvionali fini costituiti da limo argilloso, limo argilloso con sabbia talora con tracce di ghiaietto (sondaggi S1 ed S2). In tale tratto alle alluvioni fini segue la formazione costituita da un'alternanza arenarie compatte e marne argillose consistenti/compatte.

Tra il sondaggio S2 ed il sondaggio S4, in corrispondenza del quale non è presente il litotipo alluvionale, nella sezione litostratigrafica viene schematizzato indicativamente il passaggio litologico tra i depositi alluvionali e quelli formazionali che costituiscono la sovrastante collina. Nella parte alta dell'area (sondaggio S4) la formazione riscontrata a partire da -3.0 m e ricoperta dal sub-strato alterato e da un modesto spessore di terreno agrario.

6.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

La caratterizzazione geotecnica dei terreni viene effettuata in base ai risultati dell'indagine geognostica e delle analisi di laboratorio su campioni di terreno.

Il terreno investigato viene suddiviso in tre unità principali alle quali, escluso il terreno vegetale, si attribuiscono i seguenti parametri geotecnici.

6.4.1 PARTE BASSA - SONDAGGI S1 ED S2

Unità A1: da -0.5 -1.0 m a -4.8 -7.0 m

Depositi alluvionali fini costituiti prevalentemente da limo argilloso, limo argilloso con sabbia nel complesso a media consistenza.

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	19	20	19
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	22	25	23
Coesione non drenata	Cu	kN/m ²	50	80	60
Coesione	c'	kN/m ²	4	8	5

Unità B1: da -4.8 -7.0 m a -15 -20 m

Sub strato costituito da un'alternanza arenarie compatte e marne argillose consistenti e compatte.

Al litotipo prevalentemente arenaceo si possono attribuire i seguenti parametri geomeccanici:

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	21	22	21
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	34	40	36
Coesione	c'	kN/m ²	25	35	25

Al litotipo prevalentemente marnoso-argilloso si possono attribuire i seguenti parametri geomeccanici:

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	20	21	20
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	24	26	24
Coesione non drenata	Cu	kN/m ²	200	300	250
Coesione	c'	kN/m ²	20	30	20

6.4.2 PARTE ALTA - SONDAGGI S3 ED S4

Unità A2: da -0.2 -0.8 m a -3.0 m

Formazione alterata costituita da un'alternanza di marne argillose a buona consistenza con arenarie.

Al litotipo marnoso argilloso, nel caso specifico più rappresentativo, si possono attribuire i seguenti parametri geomeccanici:

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	20	21	20
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	25	28	26
Coesione	c'	kN/m ²	6	10	7

Unità B1: da -3.0 m a -15 -20 m

Sub strato costituito da un'alternanza arenarie compatte e marne argillose consistenti/compatte.

Al litotipo prevalentemente arenaceo si possono attribuire i seguenti parametri geomeccanici:

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	21	22	21
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	34	40	36
Coesione	c'	kN/m ²	25	35	25

Al litotipo prevalentemente marnoso-argilloso si possono attribuire i seguenti parametri geomeccanici:

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	20	21	20
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	24	26	24
Coesione non drenata	c_u	kN/m ²	200	300	250
Coesione	c'	kN/m ²	20	30	20

6.5 INDAGINE SISMICA

6.5.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per individuare la categoria del suolo di fondazione è stato preso in esame un profilo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguito in corrispondenza dell'area di intervento.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo lo stendimento.

Nel caso specifico essendo la stratigrafia, caratterizzata da un graduale aumento delle V_s con la profondità, non emergono le condizioni per le quali si possano verificare contrasti d'impedenza ed inversioni di velocità. Per la determinazione dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s'eq}$), si ritiene applicabile la procedura semplificata.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del DM 17/01/2018, la determinazione dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s'eq}$ è calcolata applicando la seguente espressione:

$$V_{s'eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{V_{s'i}}}$$

Dove:

hi = spessore dell'i-esimo strato (m);

$V_{s'i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato (m/s);

N = numero di strati;

H = profondità del sub-strato sismico (m), definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per i depositi con profondità H del sub strato sismico maggiore 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s'eq}$ è definita dal parametro $V_{s'30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m.

Nel caso in esame non è stato raggiunto il sub-strato sismico entro la profondità di 30 m il valore $V_{s'30}$ riferito al piano campagna attuale risulta pari a:

$$V_{s'30} = 487 \text{ m/sec.}$$

Il valore di cui sopra identifica la categoria di terreni in: **CATEGORIA B**, ovvero *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”*.

6.5.2 STIMA DIRETTA DELLA FREQUENZA DI RISONANZA E DELLA CATEGORIA DI SOTTO-SUOLO

Per la stima diretta della frequenza fondamentale di risonanza (F_0) del sito in esame, è stata eseguita una prova sismica passiva HVSR.

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un tromometro digitale “TROMINO - TZ3-0088/02-19” (brevetto internazionale della Micromed S.p.A.). Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici con frequenza 4.5 Hz e di una memoria interna da 1 GB.

Le acquisizioni sono state eseguite per una durata di 16 minuti con una frequenza di campionamento di 128 Hz con l’elaborazione eseguita tra 0.1 e 20 Hz.

La prova HVSR (Figura 9) evidenzia un contrasto d’impedenza a circa 9-10 Hz con ampiezza H/V di circa 3.5-4 Hz. Tale dato, opportunamente correlato con le risultanze dei valori di V_s dei terreni superficiali ricavati dalla prova MASW e con la stratigrafia, indica un di un contrasto d’impedenza abbastanza superficiale attribuibile al passaggio alluvioni sub-strato.

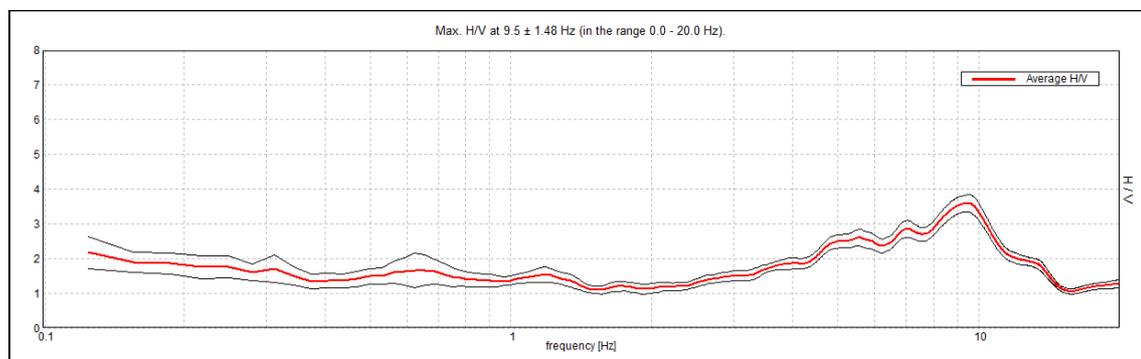


Figura 9

La prova HVSR è stata utilizzata anche per la determinazione della categoria di sotto-suolo a supporto dell’indagine di superficie MASW precedentemente descritta.

La curva di sintesi derivante dal modello sismico ipotizzato (Figura 10– colore blu), elaborata per la stima delle velocità V_s del terreno nell’area indagata, approssima la curva sperimentale H/V in maniera soddisfacente.

L’elaborazione della prova geofisica permette quindi di stimare i valori di $V_{s_{eq}}$ e determinare in la categoria del suolo di fondazione.

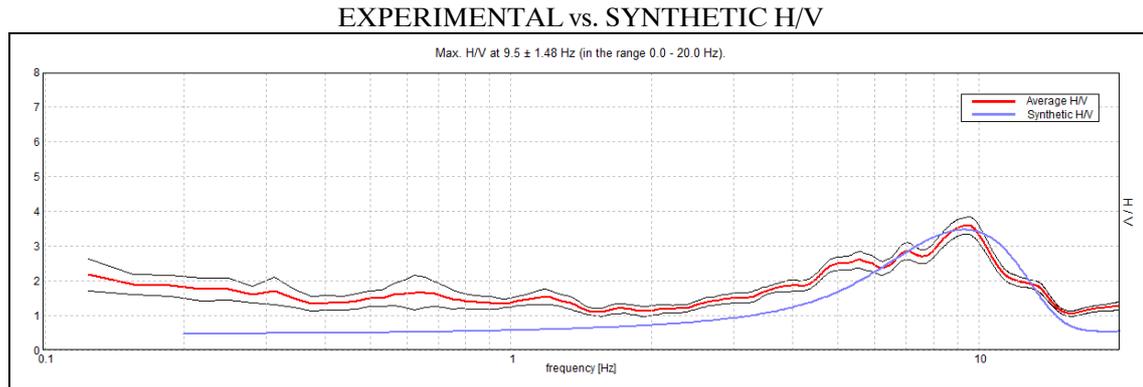


Figura 10

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	190	0.35
5.50	3.70	250	0.35
8.50	3.00	390	0.35
20.50	12.00	540	0.35
inf.	inf.	700	0.35

Tabella 3

$$V_{s_eq}(0.0-30.0)=443\text{m/s}$$

Nel caso in esame come determinato anche dalla prova MASW non è stato raggiunto il sub-strato sismico entro la profondità di 30 m di conseguenza il valore $V_{S'30}$ riferito al piano campagna attuale risulta pari a:

$$V_{S'30} = 443 \text{ m/sec.}$$

Tale valore, anche tenendo conto di un grado d'incertezza che generalmente per le prove sismiche si assume $\pm 20\%$, conferma quanto ottenuto dalla prova MASW ossia la **CATEGORIA B** del suolo di fondazione.

L'elaborato numerico delle prove sismiche è riportato a fine relazione in allegato.

6.6 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Nel suo insieme il versante, nel tratto interessato dall'intervento di progetto, presenta delle pendenze comprese tra 12° e 21° con una pendenza media di 17° .

Quale categoria topografica si attribuisce la categoria T2.

7 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 17/1/2018.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

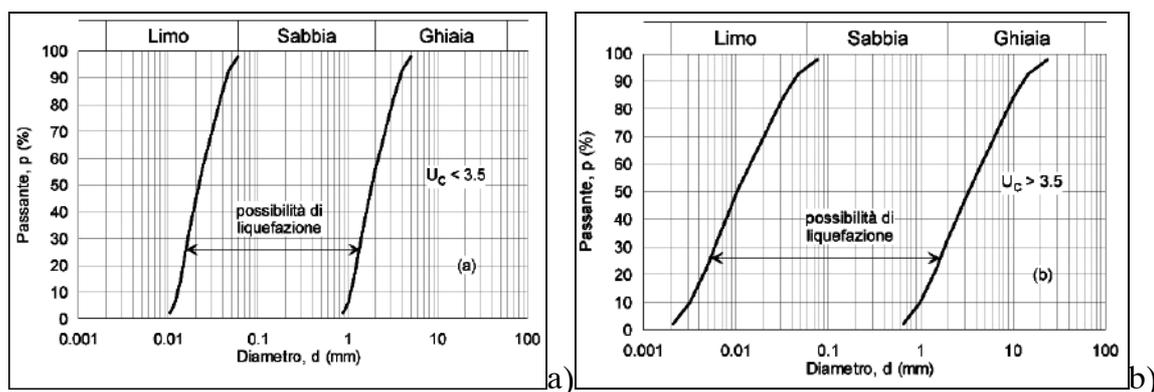


Figura 11

da Fig. 7.11.1 DM 17/1/2018 fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

La falda, come precedentemente riportato, si rinviene all'interno dei depositi alluvionali ad una quota di -3.8 m.

La distribuzione granulometrica del litotipo depositi alluvionali (Tabella 4) per il quale viene valutato il potenziale di liquefazione evidenzia la presenza argilloso-limosa con percentuali variabili dal 58 al 70%; la presenza di sabbia varia tra 30 ed il 42%.

Essendo in prevalenza ghiaia con limo argilla e sabbia, il Coefficiente di Uniformità² dei terreni in esame risulta $CU > 3.5$, quindi le curve di distribuzione granulometrica vanno rappresentate all'interno del grafico b della soprastante Figura 11.

CAMPIONI DISTURBATI			
SONDAGGI	S1	S2	S3
CAMPIONI	C1 (2.2/2.4)	C1 (3.5/3.7)	C1 (2.5/3.0)
ANALISI GRANULOMETRICHE			
GHIAIA	%	0.2	0.2
SABBIA	%	42.78	42.06
LIMO	%	38.37	42.86
ARGILLA	%	18.64	14.88

Tabella 4

Riportando le curve di distribuzione granulometrica dei campioni esaminati nella Figura 11 (Grafico 2), queste escono dal fuso granulometrico di riferimento, per tutti campioni analizzati e quindi è soddisfatta la condizione del punto 4.

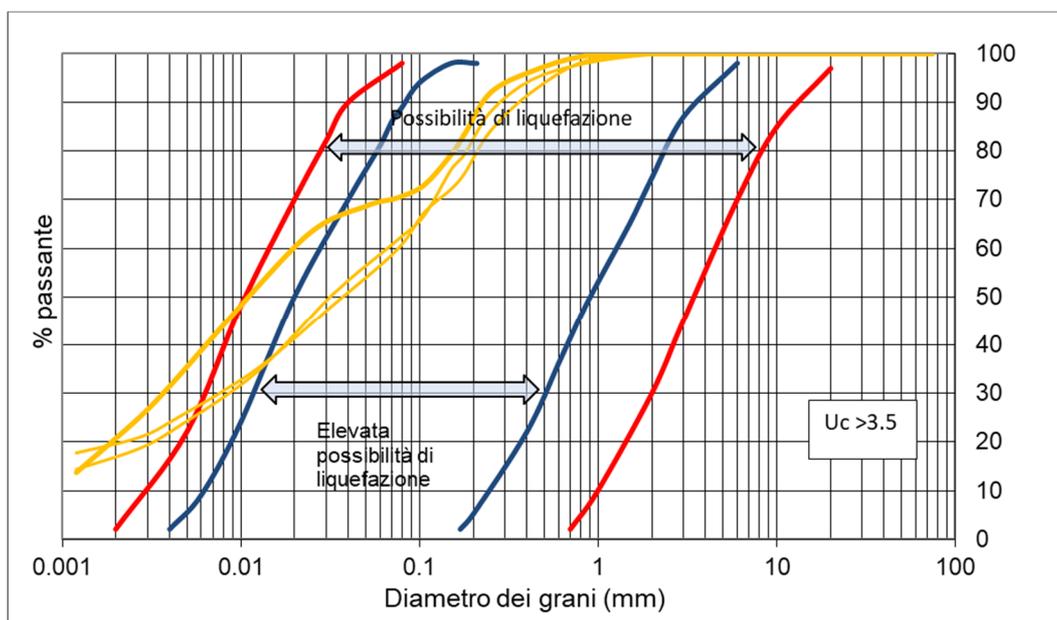


Grafico 2

La verifica a liquefazione può essere quindi omessa.

² $CU = D_{60}/D_{10}$, ove D_{60} e D_{10} sono i diametri corrispondenti al 60% e al 10% del passante, rispettivamente. Se $CU < 2$ la terra è 'uniforme', se $CU > 4$ la terra è 'ben assortita'.

8 STABILITA' DEL VERSANTE

Morfologicamente l'area è posta in corrispondenza del contatto litologico tra i depositi alluvionali e quelli del sub-strato.

Come riportato nella caratterizzazione geomorfologica il sito in studio, risulta sub-pianeggiante nella porzione di valle dove affiorano i depositi alluvionali, mentre proseguendo verso monte (lato ovest), il terreno sale progressivamente fino a raccordarsi con la sovrastante collina.

In base alla Carta del Rischio Idrogeologico PAI (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (Regione Marche) in corrispondenza dell'area d'intervento non sono state cartografate aree in dissesto.

La stabilità globale del versante è stata analizzata prendendo come riferimento la sezione litostratigrafica tracciata lungo la linea di massima pendenza del declivio (vedi tavola 1).

Essendo la parte di valle sub-pianeggiante, l'analisi di stabilità è stata condotta in corrispondenza della porzione di monte dell'area oggetto di variante urbanistica.

È stata svolta utilizzando il codice di calcolo denominato SLIDE 2 e le verifiche sono state elaborate con il metodo di gle/morgenstern-price, utilizzando superfici di scorrimento a direttrici circolari, che interessano la porzione di versante in esame.

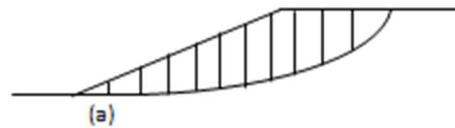
Nelle tavole allegate a fine relazione sono riportate le superfici di scivolamento più significative delle oltre alle 500 superfici analizzate ed il fattore di sicurezza F_s della superficie più critica.

8.1 CENNI DI TEORIA

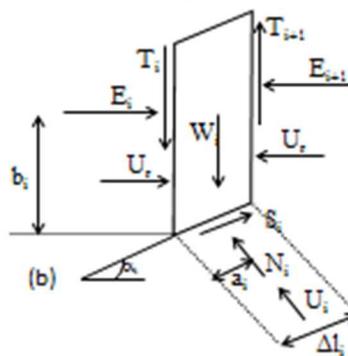
I metodi dell'equilibrio limite applicati per le verifiche di stabilità di pendii naturali e artificiali in terra determinano il grado di stabilità di un pendio in esame secondo le seguenti principali ipotesi che sono comuni a tutti i metodi messi fino ad ora a punto da diversi autori:

1. Esiste o viene assunta a priori una reale o potenziale superficie di scivolamento;
2. Si esaminano le condizioni di equilibrio della massa di terreno compresa tra il profilo del pendio e la superficie di scivolamento; la figura sottostante (a)

riporta la sezione verticale di un pendio e la potenziale superficie di scivolamento



La massa è suddivisa in conci, la figura di seguito (b) riporta un generico concio, la sua geometria e le forze agenti;



3. Per migliorare la qualità del calcolo la massa scivolante viene suddivisa in un numero finito n di conci e l'equilibrio globale della massa è determinato dalla somma degli "equilibri" di tutti gli n conci;
4. La rottura del pendio può avvenire per taglio sulla reale o potenziale superficie di scivolamento;
5. La resistenza a taglio sulla superficie di scivolamento è definita dal criterio di Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma' \tan \varphi'$ dove c' e φ' sono la coesione drenata e l'angolo d'attrito o di resistenza al taglio drenata rispettivamente σ' è lo sforzo normale agente sulla superficie di scivolamento;
6. Il grado di stabilità del pendio, rispetto alla superficie di scivolamento esaminata è definito da un fattore di sicurezza F , espresso come:

$$F = \tau_{res} / \tau_{mobilitata}$$

dove:

- τ_{res} è la resistenza del terreno espressa dal criterio di Mohr-Coulomb detta anche resistenza mobilitata
- $\tau_{mobilitata}$ è la resistenza che viene realmente mobilitata.

Il fattore di sicurezza può essere espresso anche in termini di forze come:

$$F = (\text{forze resistenti}) / (\text{forze attive o scivolanti});$$

per cui si può anche scrivere:

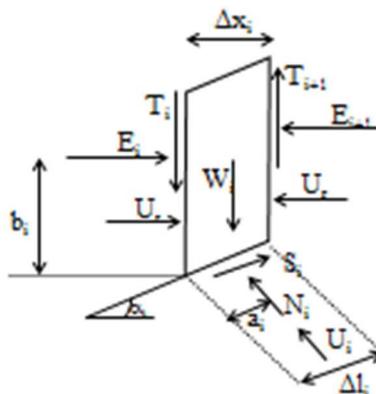
$$\tau_{\text{mobilitata}} = (c' + \sigma' \tan \varphi')/F$$

7. Poiché tale equazione è estesa su tutta la superficie di scivolamento consegue che, su ogni tratto di questa superficie di scivolamento (basi dei conci) è mobilitata la stessa aliquota di resistenza a taglio. A tutto ciò consegue ancora che la deformabilità della massa scivolante deve essere costante. Ne deriva ancora che non è corretto esaminare con il metodo dell'equilibrio limite masse di terreno che hanno diversa rigidità e soprattutto masse di terreno non omogenee costituite in parte da terreni rammollenti, perché sul terreno più rigido e rammollente viene mobilitata la massima resistenza a taglio, quando questa non è ancora stata mobilitata sul terreno più deformabile.
8. Da tale equazione ne consegue ancora che i contributi di resistenza a taglio dato dalla coesione e dall'attrito sono mobilitati dalle stesse aliquote. Tutto ciò non è corretto perché generalmente un terreno sottoposto a sforzi di taglio fino alla sua rottura perde prima la sua resistenza coesiva.
9. Il comportamento sforzi-deformazioni assunto per il terreno è rigido-plastico. Ne consegue che il metodo non può essere utilizzato per un confronto tra misure di tipo inclinometrico in sito ma soltanto per valutare attraverso il fattore di sicurezza, il grado di stabilità di un pendio o, con una ricostruzione del fenomeno, attraverso un procedimento di analisi a ritroso, detta back analysis, i parametri di resistenza a taglio del terreno o la geometria della superficie di falda;
10. Il problema è affrontato in campo piano, quindi se, per esempio, la superficie di scivolamento in esame è circolare, ad essa corrisponde, nell'ipotesi di deformazione piana, una superficie cilindrica a direttrice circolare. Se la superficie da esaminare è "a cucchiaio", con sezione centrale circolare, gli effetti stabilizzanti dati dalle costrizioni laterali sono trascurati.

Dal momento che la geometria del pendio è nota, sono noti:

- La larghezza Δx_i l'altezza h_i di ogni concio;

- Il loro prodotto, moltiplicato per il peso specifico del terreno dà il peso del concio per una profondità di lunghezza unitaria del terreno;
- Sono incognite le altre forze rappresentate nella figura precedente (b).
- Il termine U_i definisce la forza dovuta alla sottospinta dell'acqua, i metodi per calcolare questa forza possono essere più o meno semplificati. Si può moltiplicare l'altezza d'acqua relativa alla superficie di scivolamento per il peso specifico dell'acqua e ottenere la pressione interstiziale e poi moltiplicare tale pressione per la larghezza del concio e ottenere la forza richiesta. Si può, se si è costituito il reticolo di flusso (esiste un moto di filtrazione che dà oggetto a forze idrodinamiche), si può prendere, per ogni concio, l'altezza relativa all'equipotenziale che passa per la base del concio. Poiché ogni concio è influenzato dagli effetti degli adiacenti conci di monte e di valle, si introducono le forze di interazione E_i e T_i che rappresentano gli effetti della massa a monte e a valle sul generico concio. La posizione geometrica di queste forze è anch'essa incognita, come le forze di interazione e le forze normali N_i e T_i che agiscono alla base del concio.
- Si impone per semplicità di calcolo che le forze N_i passino per il punto medio della base di ogni concio, l'inclinazione della base di ogni concio è detta α_i ed è nota.



Se si hanno n conci:

- n valori delle forze normali N_i
- n valori delle forze di taglio
- n valori delle forze normali ΔE_i ($\Delta E_i = E_{i+1} - E_i$)

- n valori delle forze tangenziali ΔT_i ($\Delta T_i = T_{i+1} - T_i$)
- n valori di $(b_i + b_{i+1})/2$
- 5n condizioni richieste per rendere statisticamente determinando il problema

A disposizione si hanno

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale
- n equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale
- n equazioni di equilibrio al ribaltamento
- 3n equazioni di equilibrio dell'intera massa scivolante

La soluzione è indeterminata (più incognite di equazioni)

E' necessario quindi introdurre ipotesi semplificative per poter ottenere una soluzione,

Esistono delle ipotesi semplificative comuni a tutti i modelli:

1. Utilizzando il criterio di Mohr Coluomb e determinando il fattore di sicurezza come rapporto tra le resistenze a taglio mobilitabile e quella mobilitata si ha:

$$S_i = \frac{c_i \Delta x_i + N_i t g \varphi}{F}$$

S_i e N_i diventano dipendenti, perciò si eliminano n incognite e ne rimangono 4n.

2. I metodi dell'equilibrio limite si differenziano soprattutto per le ipotesi che sono assunte per ridurre il numero di incognite e portarle uguali a quelle delle equazioni.
 - a) I metodi semplificati (Janbu e Bishop) trascurano le differenze tra E_i e E_{i+1}
 - b) I metodi come quello di Morgenstern & Price e quello di Sarma che ipotizzano che i rapporti tra le forze di interazione normali e di taglio T_i/E_i siano costanti lungo tutta la superficie di scivolamento o siano esprimibili con una funzione analitica dipendente da 1 o 2 costanti.
 - c) I metodi come Janbu completo, che ipotizzano che sia noto $(b_i+b_{i+1})/2$ il punto medio sull'asse del concio di applicazione della forza E_i ossia la linea di spinta (unione tra i vari punti di applicazione).
 - d) I metodi come quello di Bell, che ipotizzano nota e dipendente da soltanto due costanti la distribuzione delle N_i lungo la linea di scivolamento

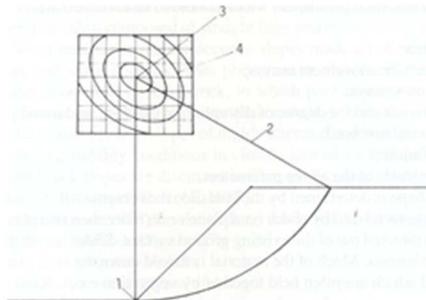
Con queste ipotesi le incognite diventano $3n+1$ per il metodo di Janbu, $3n+2$ per il metodo di Morgenstern & Price e $3n+3$ per il metodo di Bell.

La ricerca della superficie a cui compete valore di F minimo può essere svolta in sede di progetto per una costruzione in terra come un rilevato, uno sbarramento fluviale o una discarica o può essere svolto in sede di verifica, se la superficie non è, dal punto di vista geometrico completamente nota.

Molti sono i metodi pubblicati nella letteratura scientifica per questo scopo; in questa sede se ne esamina uno che effettua la ricerca per tentativi. Si ipotizza che la superficie di scivolamento critica sia circolare e si esaminano “famiglie” di superfici aventi qualche caratteristica geometrica comune. In particolare i centri degli archi di cerchio che rappresentano, nel piano, le superfici di scivolamento, costituiscono i nodi di una maglia prefissata.

Dal momento che un cerchio è noto dal punto di vista analitico se si conosce il suo centro e il suo raggio, nel metodo in esame sono noti i centri (i nodi della maglia della figura) e i raggi attraverso una condizione prefissata.

Questa condizione può essere un punto di passaggio dell'arco di cerchio (nella figura è il piede del pendio) o una retta di tangenza che può essere un contatto con un terreno più resistente. A ognuna delle superfici di scivolamento esaminate corrisponderà un valore di F . A questo punto si tracciano le curve che hanno ugual valore di F .



8.2 MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL TERRENO

La verifica di stabilità globale del pendio è stata realizzata per lo stato attuale e per lo stato di progetto considerando, sia la condizione statica, sia la condizione pseudo-statica.

I parametri geotecnici utilizzati sono riportati nella seguente Tabella 5.

Sia per le verifiche eseguite in condizioni statiche, sia per quelle eseguite in condizioni pseudo-statiche, sono stati adottati parametri geomeccanici in termini di tensioni efficaci (drenate) come riportato nella sottostante Tabella 5.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
COLTRE		19	Mohr-Coulomb	5	23	None	0.1
FORMAZIONE ALTERATA		20	Mohr-Coulomb	7	26	None	0
FORMAZIONE		21	Mohr-Coulomb	25	36	None	0

Tabella 5: - parametri geotecnici adottati

Per le verifiche eseguite sullo stato attuale, nella modellazione idrogeologica del terreno, è stata considerata la presenza d'acqua, rilevata in corrispondenza del piezometro S2 e del pozzo a valle dell'area. Le simulazioni sono state eseguite ipotizzando un'oscillazione del livello statico della falda fino ad una quota massima prossima al piano campagna (vedi Grafico 3 riportato nel paragrafo 8.3.1).

Per le verifiche eseguite sullo stato di progetto, tenuto conto della quota di sbanco, della realizzazione dell'opera di contenimento e dei relativi drenaggi, nella modellazione idrogeologica del terreno è stata considerata cautelativamente la presenza d'acqua nel litotipo coltre, tramite l'uso del coefficiente r_u ($r_u = u/\sigma = \gamma_w h_w / \gamma h$). Tale parametrizzazione è stata adottata non essendo possibile attualmente definire con precisione la geometria della falda a seguito delle opere di sbanco e dei drenaggi. Il livello della falda conseguente ai drenaggi andrà definito in modo dettagliato nella fase di progetto esecutivo.

Nelle simulazioni eseguite si è analizzato cautelativamente come varia il coefficiente di sicurezza al variare delle condizioni idrauliche (vedi Grafico 4 paragrafo 8.4.1).

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti sismici, K_h e K_v , questi sono estrapolati da quanto riportato nella tabella dei coefficienti sismici, relativi allo stato limite ultimo SLV.

Pertanto, attribuendo al terreno investigato una categoria di sottosuolo C ed al pendio una categoria topografica T1, sono stati ricavati i seguenti coefficienti sismici:

$$K_h = 0.063 \quad K_v = \pm 0.031$$

Il nuovo fabbricato sarà impostato su fondazioni profonde e quindi nelle simulazioni non verranno apportati nuovi sovraccarichi sul versante.

8.3 VERIFICHE DI STABILITÀ STATO DI FATTO

8.3.1 CONDIZIONI STATICHE

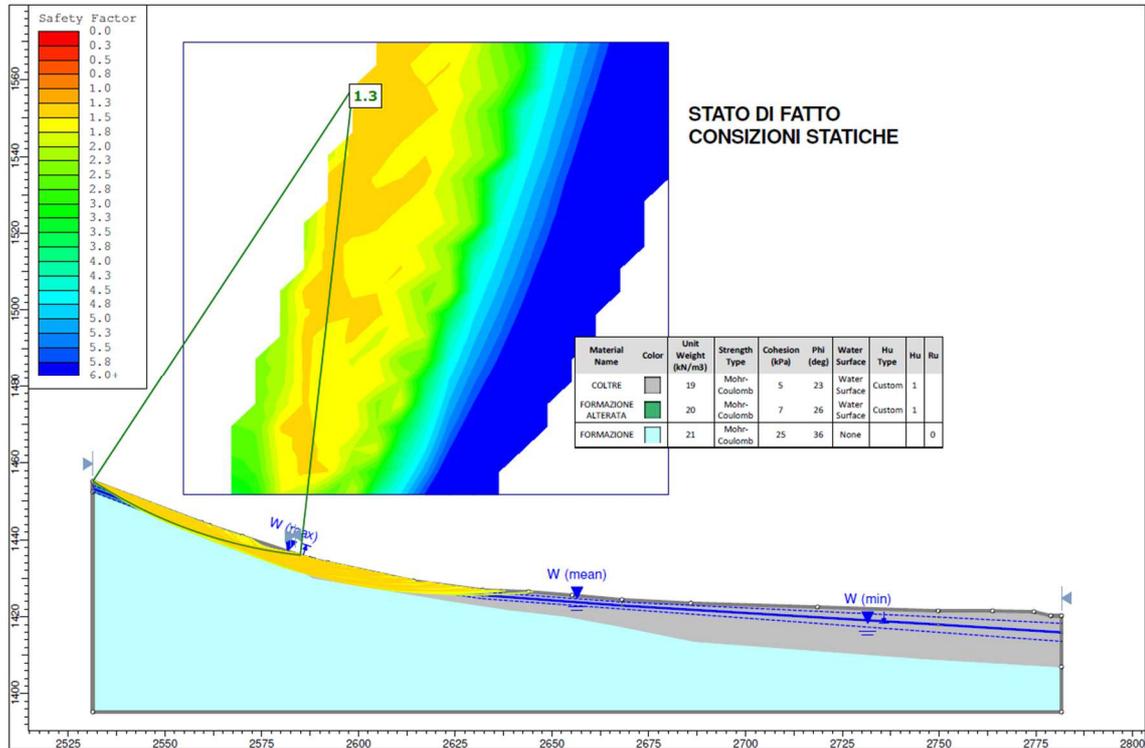
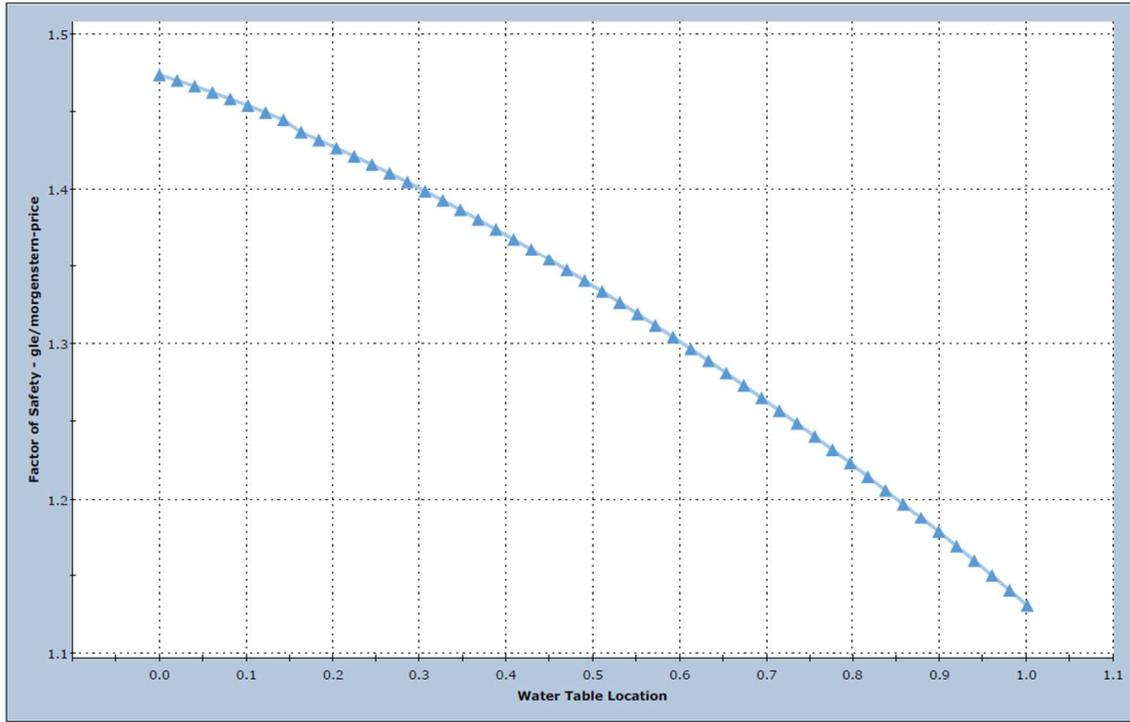


Figura 12

La verifica eseguita in condizioni statiche ha fornito un coefficiente di sicurezza di 1.3. Come riportato in precedenza in base alla modellazione idrogeologica la falda è posizionata all'interno del litotipo 1 (coltre).

Nelle simulazioni eseguite è stato ipotizzando un'oscillazione del livello statico della piezometrica fino ad una quota prossima al piano campagna.

Come risulta dal Grafico 3 anche nella condizione più severa ipotizzata (falda prossima al piano campagna) il coefficiente di sicurezza risulta maggiore di 1.1.



Water Table Location

Grafico 3

8.3.2 CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

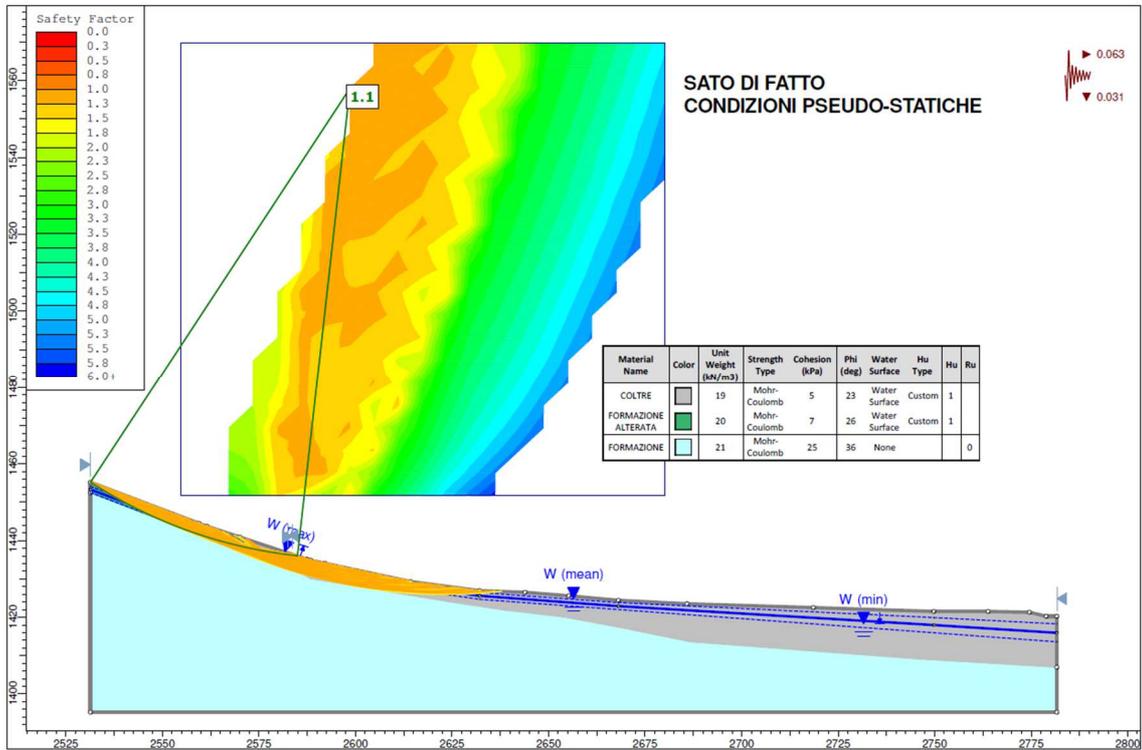


Figura 13

La verifica eseguita in condizioni pseudo-statiche ha fornito un coefficiente di sicurezza di 1.1.

8.4 VERIFICHE DI STABILITÀ STATO DI PROGETTO

Tenuto conto che in questa fase la geometria degli sbancamenti, la posizione dell'opera di contenimento e dei relativi drenaggi non sono state definite nel dettaglio, le verifiche eseguite nella condizione di progetto riguardano il versante nel suo insieme.

Si rimanda ad una fase esecutiva per le verifiche locali da eseguire in corrispondenza della zona di sbanco una volta definito il progetto dell'opera di contenimento con l'effettivo piano di sbanco.

8.4.1 CONDIZIONI STATICHE

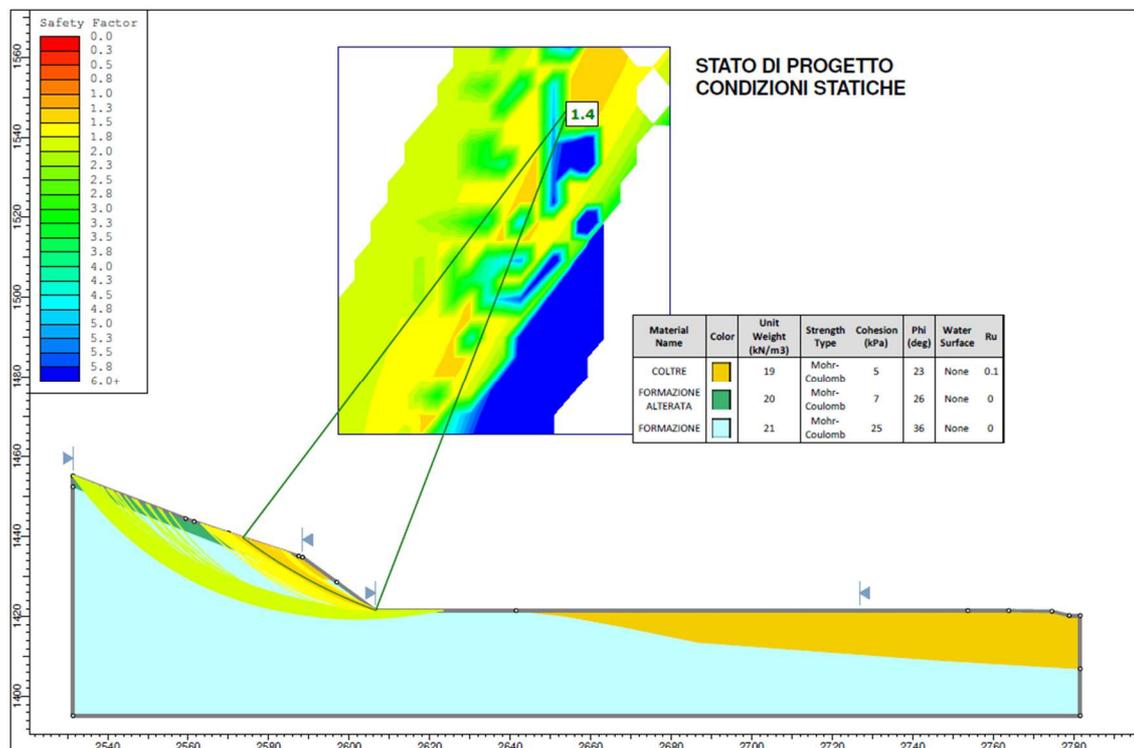
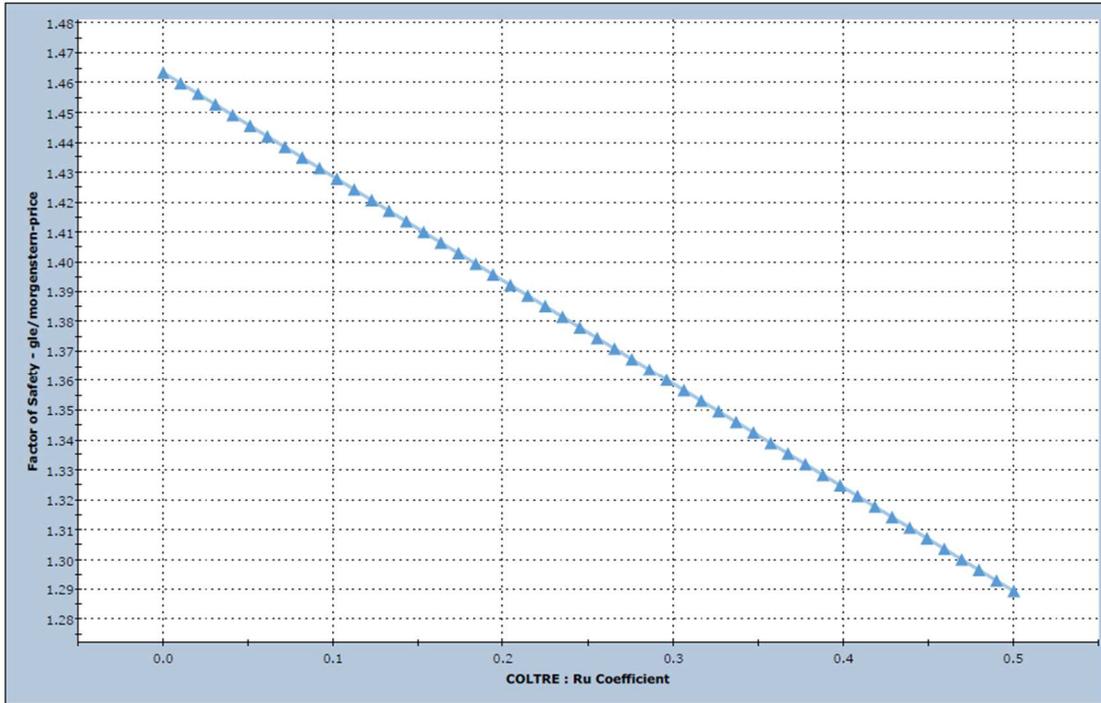


Figura 14

La verifica eseguita in condizioni statiche ha fornito un coefficiente di sicurezza di 1.4. Nella modellazione idrogeologica del terreno è stata considerata cautelativamente la presenza d'acqua nel litotipo coltre, tramite l'uso del coefficiente r_u ($r_u = u/\sigma = \gamma_w h_w / \gamma h$). Nelle simulazioni eseguite si è analizzato cautelativamente come varia il coefficiente di sicurezza al variare della saturazione del litotipo 1; come risulta dal Grafico 4 anche

nella condizione più severa ipotizzata (completa saturazione del litotipo 1 ossia $r_u=0.5$) il coefficiente di sicurezza risulta maggiore di 1.2.



COLTRE : Ru Coefficient

Grafico 4

8.4.2 CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

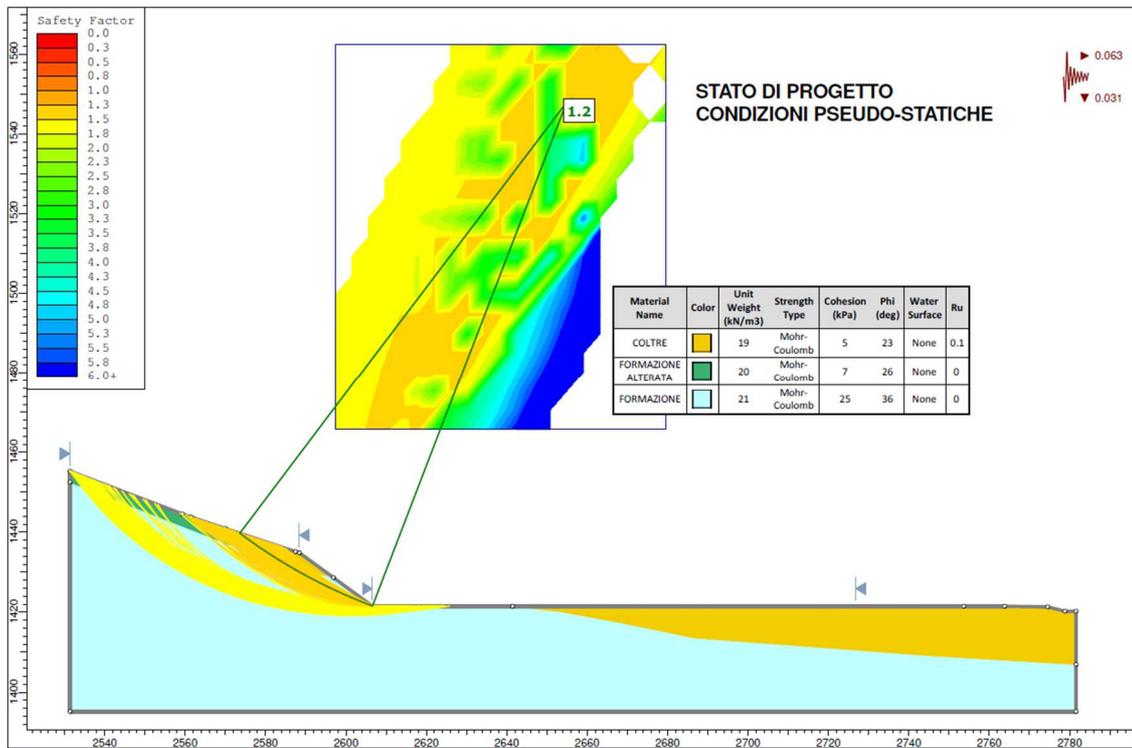


Figura 15

La verifica eseguita in condizioni pseudo-statiche ha fornito un coefficiente di sicurezza di 1.2.

8.5 CONCLUSIONI

Tutti i cerchi analizzati sia in condizioni statiche che in condizioni pseudo-statiche hanno fornito dei coefficienti di sicurezza, sempre superiori ad 1.1.

Tutte le verifiche di cui sopra, soddisfano i requisiti del D.M. 17.01.2018.

9 FATTIBILITA' GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (ART.89)

L'area di variante si sviluppa in corrispondenza del versante a monte della Strada Provinciale che conduce al centro abitato della frazione Gallo di Petriano, ad una quota di compresa tra 110 e 140 metri slm.

Morfologicamente l'area è posta al contatto litologico tra i depositi alluvionali e quelli riconducibili al sub-strato appartenente alla formazione marnoso arenacea (FMA2).

Nella porzione di valle, per un tratto di circa 140-150 m, l'area risulta sub-pianeggiante, mentre proseguendo verso ovest il terreno sale progressivamente fino a raccordarsi con la sovrastante collina caratterizzata dalla presenza della FMA2 sub-affiorante.

Non essendo presenti fossi in corrispondenza dell'area di variante e nelle sue immediate vicinanze, il reticolo idrografico principale è rappresentato dal torrente Apsa che scorre a Sud-Est dell'area di intervento e ad una distanza di circa 200 ÷ 250 metri e ad una quota di circa 40 – 50 m più bassa rispetto all'area di variante

Dal punto di vista geologico, in base alla ricostruzione litostratigrafica (vedi Tav.1), nella parte bassa dell'area sono stati riscontrati depositi alluvionali nel complesso a media consistenza fino alla profondità di -4.8 -7.0 metri, (sondaggi S1 ed S2). In tale tratto alle alluvioni segue la formazione costituita da un'alternanza di arenarie compatte e marne argillose consistenti/compatte.

Nella parte di monte, tra il sondaggio S2 ed il sondaggio S4, avviene il passaggio litologico tra i depositi alluvionali e quelli del sub-strato che costituisce la sovrastante collina. Nella parte alta dell'area la formazione consistente si riscontra a partire da -3.0 m ed è ricoperta dal sub-strato alterato e da un modesto spessore di terreno agrario.

Dal rilievo geomorfologico di campagna l'area risulta stabile e non sono evidenti forme di superficie riconducibili a fenomeni di dissesto in atto o potenzialmente attivi.

Anche in base alla Carta del Rischio Idrogeologico elaborata dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale a corredo del Piano Assetto Idrogeologico PAI, di cui si allega uno stralcio, l'intera area in esame ricade al di fuori di zone sottoposte a tutela.

A nord è stata cartografata dal PAI un'area in dissesto classificata a rischio idrogeologico moderato R1 cod. (F-02-0434) che comunque non interferisce con l'area in esame.

Le verifiche di stabilità eseguite in condizioni statiche e pseudo statiche hanno fornito valori superiori a quelli previsti dalla normativa esistente.

Eventuali sbancamenti in corrispondenza della parte di monte del lotto potranno essere eseguiti previa realizzazione di opere di contenimento e relativi drenaggi per garantire le attuali condizioni idrogeologiche dell'area

In base a quanto sopra riportato, si conferma la fattibilità geomorfologica del sito oggetto di Variante Urbanistica.

10 VALUTAZIONI SULL'INTERVENTO

In base ai dati attualmente a disposizione il fabbricato da realizzare delle dimensioni di 75 x 130 metri sarà posizionato prevalentemente nella parte bassa e sub-pianeggiante del versante.

Per garantire l'accesso all'opificio e la circolazione dei mezzi dediti al carico/scarico delle merci è prevista la realizzazione di strade e piazzali della larghezza di circa 10 m sul perimetro del fabbricato.

L'intervento, per la sua collocazione morfologica, prevede l'esecuzione di una serie di operazioni di sbanco nella parte di monte e modesti riporti in quella di valle.

10.1 SBANCAMENTI

Per la realizzazione del capannone e della strada perimetrale, in corrispondenza della parte di monte dell'area d'intervento, sono previsti sbancamenti dell'altezza massima variabile di 7.0-9.0 m circa per un fronte della lunghezza di circa 90-100 m, mentre in corrispondenza del lato occidentale, mentre nella parte sud il tratto oggetto di sbanco ha un'estensione più contenuta.

Preliminarmente all'esecuzione delle operazioni di sbancamento dovrà essere realizzata un'opera di contenimento quale ad esempio una paratia di pali in cls di grosso diametro.

A tergo dell'opera di contenimento dovranno essere realizzate opere drenanti per contrastare eventuali innalzamenti del livello piezometrico.

10.2 RILEVATI

Nella parte di valle del fabbricato di progetto e della sottostante strada di servizio saranno previsti modesti riporti, previa asportazione del terreno agrario superficiale.

Per il rilevato si consiglia materiale arido ghiaia/pietrisco opportunamente costipato o terreno di risulta selezionato proveniente da scavi.

10.3 FONDAZIONI

Per il fabbricato si prevedono fondazioni profonde tipo pali trivellati incastrati nella formazione consistente/compatta.

11 CONCLUSIONI

Dall'analisi della cartografia PAI (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale), l'area oggetto di studio non presenta zone sottoposte a regime di vincolo idrogeologico.

Dal rilievo geomorfologico di campagna l'area risulta stabile e non sono evidenti forme di superficie riconducibili a fenomeni di dissesto in atto o potenzialmente attivi.

Le verifiche di stabilità eseguite in condizioni statiche e pseudo statiche hanno fornito valori superiori a quelli previsti dalla normativa esistente.

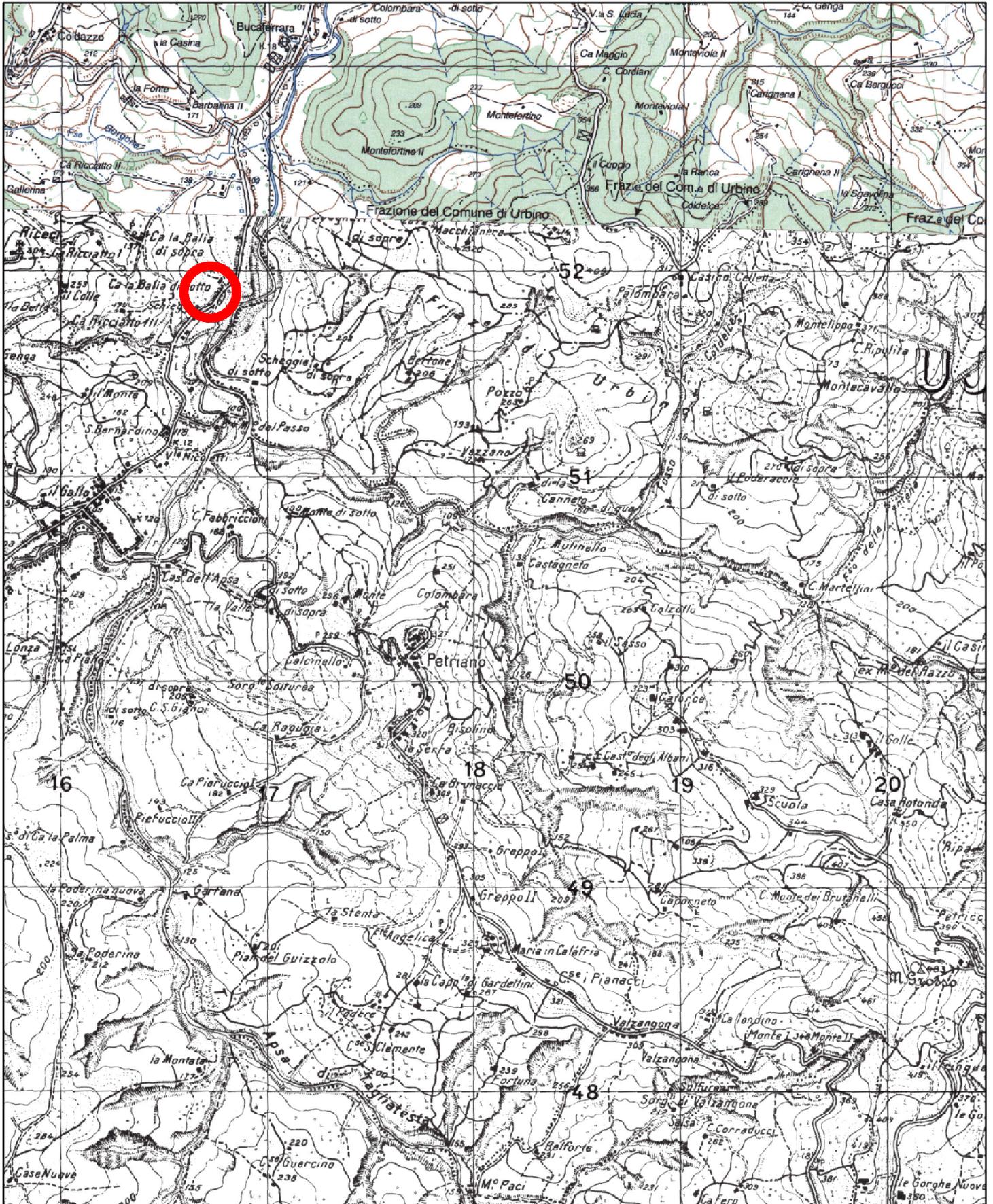
Esaminata la vincolistica dell'area ed i risultati dell'indagine geognostica si attesta l'idoneità del sito dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico all'intervento in esame.

L'indagine sismica ha permesso di determinare la categoria "B" di sottosuolo.

ALLEGATO 1

COROGRAFIA	scala 1: 25.000
RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO	scala 1: 10.000
RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO	scala 1: 2.000
CARTA GEOLOGICA	scala 1: 5.000
CARTA IDROGRAFICA	scala 1: 10.000
CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	fuori scala

Corografia Scala 1:25.000

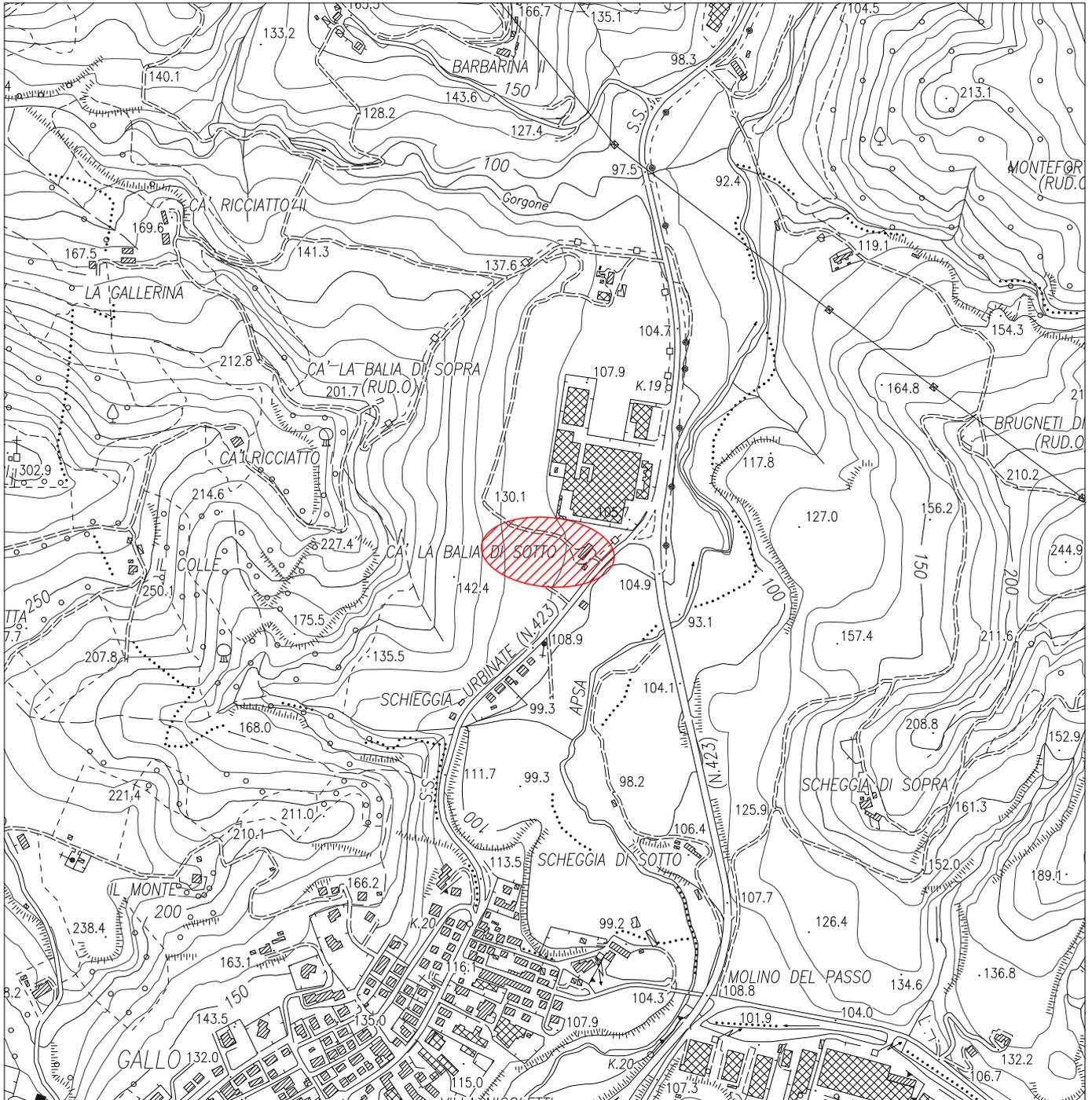


 Area in esame

Rilievo Aerofotogrammetrico

Scala 1: 10000

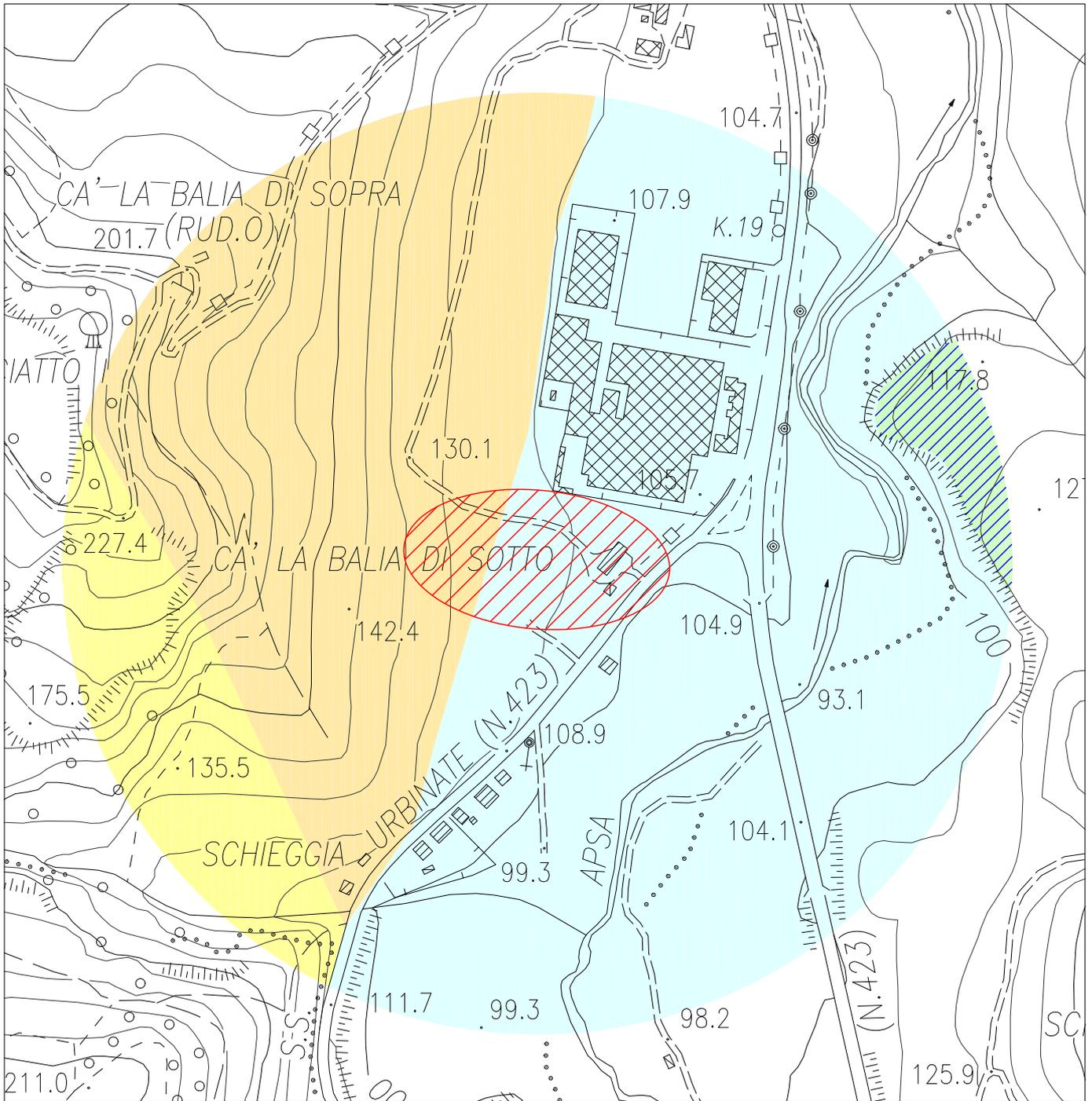
foglio 280, sezione 208010



Area in esame

Carta Geologica

Scala 1: 5000



Area in esame



Depositi alluvionali terrazzati



Tripoli e marne tripolacee (*Messiniano inferiore*)



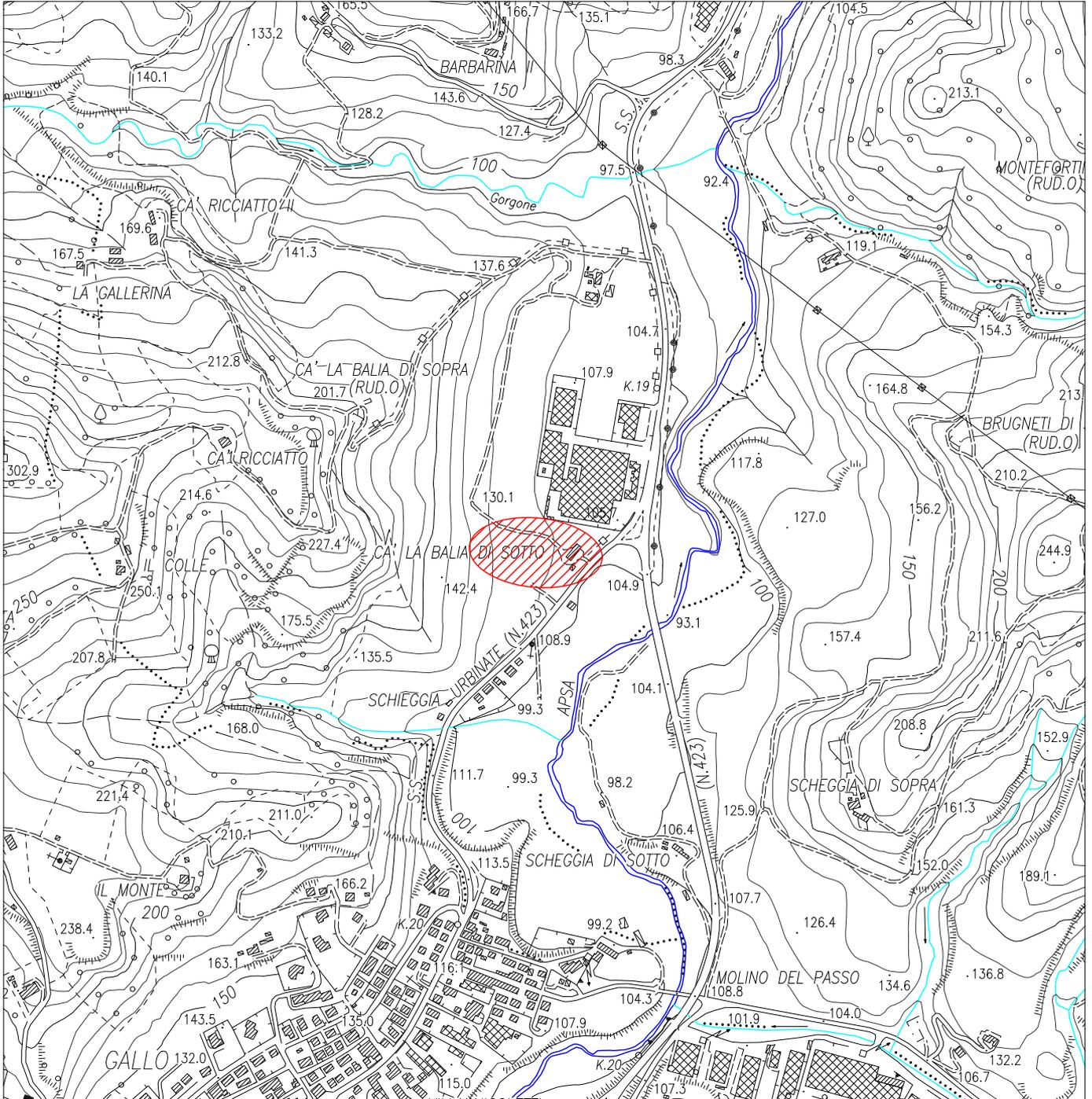
Formazione marnoso-arenacea marchigiana, membro di Urbino (*Messiniano inferiore p.p.*)



Alternanza di marne, marne calcaree e calcari marnosi bianco-grigiastri, talora con orizzonti di argille montorillonitiche, **FORMAZIONE DELLO SCHLIER** (*Burdigaliano p.p. - Tortoniano*)

Carta idrografica

Scala 1: 10.000



Area in esame



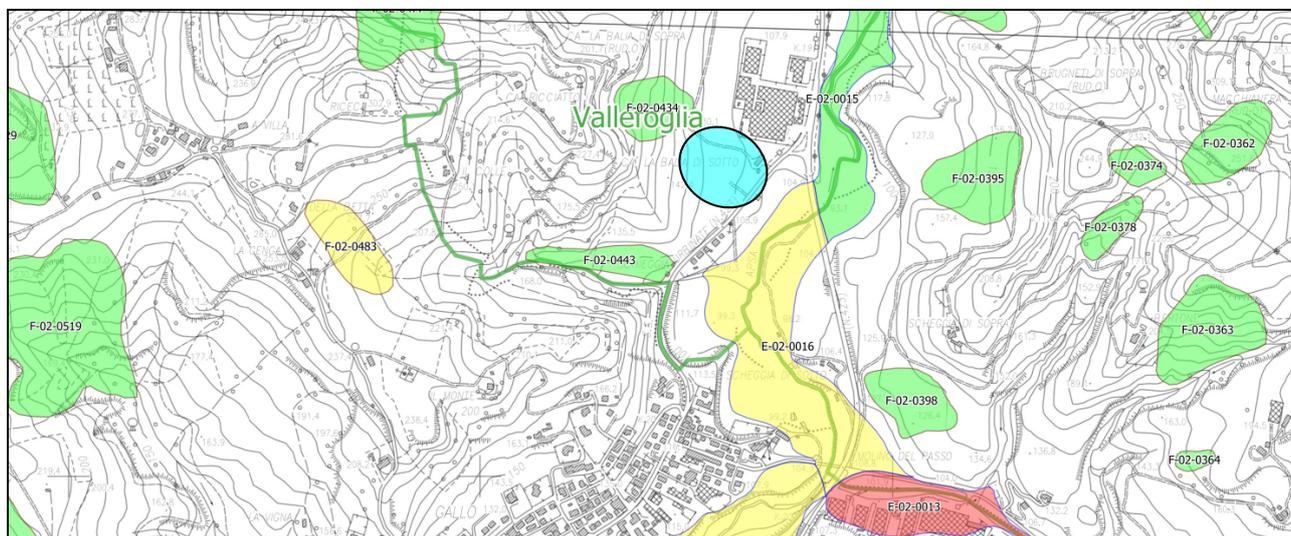
Idrografia principale



Idrografia secondaria

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale
PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)
dei bacini di rilievo regionale delle Marche
 Aggiornato al DPCM del 14 marzo 2022
 (GU 10 maggio 2022; BUR Marche n. 39 del 12 maggio 2022)

CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO



fuori scala



Area in esame

**Area a rischio valanga
(Codice V-xx-yyyy)**

Rischio molto elevato (R4)

**Area a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)**

Rischio moderato (R1)

Rischio medio (R2)

Rischio elevato (R3)

Rischio molto elevato (R4)

**Area a rischio frana
(Codice F-xx-yyyy)**

Rischio moderato (R1)

Rischio medio (R2)

Rischio elevato (R3)

Rischio molto elevato (R4)

Limite comunale

Limite di bacino idrografico

ALLEGATO 2

COLONNE STRATIGRAFICHE

TABULATI ANALISI DI LABORATORIO GEOMECCANICO

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

TABULATI INDAGINE SISMICA DI SUPERFICIE MASW

TABULATI INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR

Località: Gallo di Petriano (PU)	S.G. ASSOCIATI Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. 0721.202625 fax 0721.1710024 C.F. e P.IVA: 02540340417 e-mail: sg@netco.it
Committente: FRATELLI GIOVANNINI SRL	
Sondaggio: S1	
Tipo di sondaggio: carotaggio continuo 101 mm	
Quota:	
Data ultimazione: 31 Agosto 2022	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Vane Test	Falda
1	1.00		terreno agrario				
2			limo argilloso, sabbia argillosa con limo di colore nocciola talora con calcinelli, a buona consistenza (depositi alluvionali)	2.20 S1-C1 2.40	6.5/7.0		
3					6.5/7.0		
4					6.5/7.0		
5					6.5/7.0		
6	6.00				5.0/6.0		
7	7.00		limo argilloso, argilla limosa plastica e plastico-molle, di colore nocciola con rari elementi ghiaiosi medio-grossolani a spigoli vivi (depositi alluvionali)		4.5		
8					6.0		
9	8.60		marna argillosa, di colore grigio/azzurro, compatta, con livelli/strati arenacei di colore grigio (formazione)		3.5/4.0		
10					>8.0		
11					>8.0		
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Località: Gallo di Petriano (PU)	S.G. ASSOCIATI Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. 0721.202625 fax 0721.1710024 C.F. e P.IVA: 02540340417 e-mail: sg@netco.it
Committente: FRATELLI GIOVANNINI SRL	
Sondaggio: S2	
Tipo di sondaggio: carotaggio continuo 101 mm	
Quota:	
Data ultimazione: 31 Agosto 2022	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Vane Test	Falda
			terreno agrario				
1	0.50		limo argilloso, limo argilloso con sabbia di colore nocciola talora con calcinelli, a buona consistenza (depositi alluvionali)		4.0		
2					4.0		
3					4.0		
4					3.50 S2-C1 3.70		
5	4.80		marna argillosa, argilla marnosa, di colore grigio/azzurro, compatta, con strati arenacei di colore nocciola e grigio (formazione)		4.0		
6					7.0		
7					8.0		
8					>8.0		
9					>8.0		
10	10.00				>8.0		
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Località: Gallo di Petriano (PU)	S.G. ASSOCIATI Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. 0721.202625 fax 0721.1710024 C.F. e P.IVA: 02540340417 e-mail: sg@netco.it
Committente: FRATELLI GIOVANNINI SRL	
Sondaggio: S3	
Tipo di sondaggio: carotaggio continuo 101 mm	
Quota:	
Data ultimazione: 31 Agosto 2022	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Vane Test	Falda
1	0.80		terreno agrario				
2			marna argillosa di colore grigio-azzurro compatta con livelli/strati arenacei di colore nocciola e grigio (formazione alterata)				
3	2.50		campione indisturbato S3-C1	2.50			
4	3.00		arenarie di colore nocciola, compatte con livelli argilloso-limosi (formazione)	S3-C1 3.00			
5							
6	6.00						
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Località: Gallo di Petriano (PU)	S.G. ASSOCIATI Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. 0721.202625 fax 0721.1710024 C.F. e P.IVA: 02540340417 e-mail: sg@netco.it
Committente: FRATELLI GIOVANNINI SRL	
Sondaggio: S4	
Tipo di sondaggio: carotaggio continuo 101 mm	
Quota:	
Data ultimazione: 31 Agosto 2022	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Vane Test	Falda
	-0.20		terreno agrario				
1	0.40		limo argilloso, limo argilloso con sabbia di colore nocciola (depositi eluvio-colluviali)				
2			arenarie/sabbie di colore nocciola con livelli marnoso-argillosi (formazione alterata)				
3	3.00		arenarie compatte di colore nocciola, alternate a marne argillose consistenti/compatte di colore grigio-azzurro e nocciola (formazione)		>8.0		
4					>8.0		
5					>8.0		
6							
7							
8	7.20						
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							



LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	1
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROFONDITA' da m	2,20
RIF.	G22-079	a m	2,40
Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	242/22
Data certificati	19.09.2022	Certificati	

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG			
Contenuto in acqua	Wn	%		Limite di liquidità	LL	27,93	%
Peso di volume umido	γ	g/cmc		Limite di plasticità	LP	19,53	%
Peso di volume secco	γ_d	g/cmc		Limite di ritiro	LR		%
Peso specifico	G	g/cmc		Indice liquido	IL		
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP	8,40	
Porosità	n	%		Indice di consistenza	IC		
Umidità di saturazione	Wsat	%		Ritiro lineare	IS		%
Grado di saturazione	Sr	%		Grado di attività	A		
Blu di metilene	Vb			Sensibilità	St		
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESSIONE			
Ciottoli	C	%		Compressione semplice (ELL)	σ_c		KPa
Ghiaia	G	0,20	%		Deformazione a rottura	ev	
Sabbia	S	42,78	%	PP-VT			
Limo+argilla	L+A		%		da	a	
Limo	L	38,37	%	Pocket penetrometer	PP		KPa
Argilla	A	18,64	%	Vane Test	VT		KPa
Coeff. di uniformità	U						
Classificazione CNR-UNI 10006							
PROVA DI TAGLIO DIRETTO							
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'	°	Coesione efficace	C'		KPa
Test CD vc	a volume costante	ϕ_{vc}	°	Coesione	C vc		KPa
Test CR	Angolo residuo	ϕ_{res}	°	Coesione residua	Cres		KPa
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE							
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'	°	Coesione efficace	C'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	ϕ_{cu}	°	Coesione non drenata	ccu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	ϕ_{uu}	°	Coesione non drenata	cuu		KPa
PROVA EDOMETRICA							
Modulo edometrico	Ed	Mpa		Gradino di carico	σ		KPa
Coeff. di consolidazione	Cv	cmq/sec		Indice di rigonfiamento	Cs		
Coeff. di compress. edom.	Mv	mq/KN					
Coeff. di permeabilità	K	m/sec		Coeff. di cons. second.	Ca		%

Note:

Lo Sperimentatore Dr. Marino Mularoni
Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Marino Mularoni





LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	2
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROFONDITA' da m	3,50
RIF.	G22-079	a m	3,70
Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	243/22
Data certificati	19.09.2022	Certificati	

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG			
Contenuto in acqua	Wn	%		Limite di liquidità	LL	23,23	%
Peso di volume umido	γ	g/cm ³		Limite di plasticità	LP	19,42	%
Peso di volume secco	γ_d	g/cm ³		Limite di ritiro	LR		%
Peso specifico	G	g/cm ³		Indice liquido	IL		
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP	3,81	
Porosità	n	%		Indice di consistenza	IC		
Umidità di saturazione	W _{sat}	%		Ritiro lineare	IS		%
Grado di saturazione	S _r	%		Grado di attività	A		
Blu di metilene	V _b			Sensibilità	St		
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESSIONE			
Ciottoli	C	%		Compressione semplice (ELL)	σ_c		KPa
Ghiaia	G	0,20	%		Deformazione a rottura	ev	
Sabbia	S	42,06	%	PP-VT			
Limo+argilla	L+A		%		da	a	
Limo	L	42,86	%	Pocket penetrometer	PP		KPa
Argilla	A	14,88	%	Vane Test	VT		KPa
Coeff. di uniformità	U						
Classificazione CNR-UNI 10006							
PROVA DI TAGLIO DIRETTO							
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'	°	Coazione efficace	C'		KPa
Test CD vc	a volume costante	ϕ_{vc}	°	Coazione	C vc		KPa
Test CR	Angolo residuo	ϕ_{res}	°	Coazione residua	C _{res}		KPa
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE							
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'	°	Coazione efficace	C'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	ϕ_{cu}	°	Coazione non drenata	ccu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	ϕ_{uu}	°	Coazione non drenata	cuu		KPa
PROVA EDOMETRICA							
Modulo edometrico	Ed	Mpa		Gradino di carico	σ		KPa
Coeff. di consolidazione	Cv	cm ² /sec		Indice di rigonfiamento	Cs		
Coeff. di compress. edom.	Mv	m ² /KN					
Coeff. di permeabilità	K	m/sec		Coeff. di cons. second.	Ca		%

Note:

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROFONDITA' da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00
Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	244/22
Data certificati	19.09.2022	Certificati	

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG				
Contenuto in acqua	Wn	25,30	%	Limite di liquidità	LL	43,53	%	
Peso di volume umido	γ	2,12	g/cmc	Limite di plasticità	LP	25,37	%	
Peso di volume secco	γ_d	1,69	g/cmc	Limite di ritiro	LR		%	
Peso specifico	G		g/cmc	Indice liquido	IL			
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP	18,16		
Porosità	n		%	Indice di consistenza	IC	1,00		
Umidità di saturazione	Wsat		%	Ritiro lineare	IS		%	
Grado di saturazione	Sr		%	Grado di attività	A			
Blu di metilene	Vb			Sensibilità	St			
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESSIONE				
Ciottoli	C		%	Compressione semplice (ELL)	σ_c		KPa	
Ghiaia	G		%		Deformazione a rottura	ev		%
Sabbia	S	30,10	%	PP-VT				
Limo+argilla	L+A		%	Pocket penetrometer	da	a		
Limo	L	50,52	%		PP	250	420	KPa
Argilla	A	19,38	%	Vane Test	VT	110	180	KPa
Coeff. di uniformità	U							
Classificazione CNR-UNI 10006								
PROVA DI TAGLIO DIRETTO								
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'	26,7	°	Coazione efficace	C'	7,4	KPa
Test CD vc	a volume costante	ϕ_{vc}		°	Coazione	C vc		KPa
Test CR	Angolo residuo	ϕ_{res}		°	Coazione residua	Cres		KPa
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE								
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'		°	Coazione efficace	C'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	ϕ_{cu}		°	Coazione non drenata	ccu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	ϕ_{uu}		°	Coazione non drenata	cuu		KPa
PROVA EDOMETRICA								
Modulo edometrico	Ed		Mpa		Gradino di carico	σ		KPa
Coeff. di consolidazione	Cv		cmq/sec		Indice di rigonfiamento	Cs		
Coeff. di compress. edom.	Mv		mq/KN					
Coeff. di permeabilità	K		m/sec		Coeff. di cons. second.	Ca		%

Note:

Lo Sperimentatore
Dr. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO
 del Dr. Geol. M. Mularoni
 Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

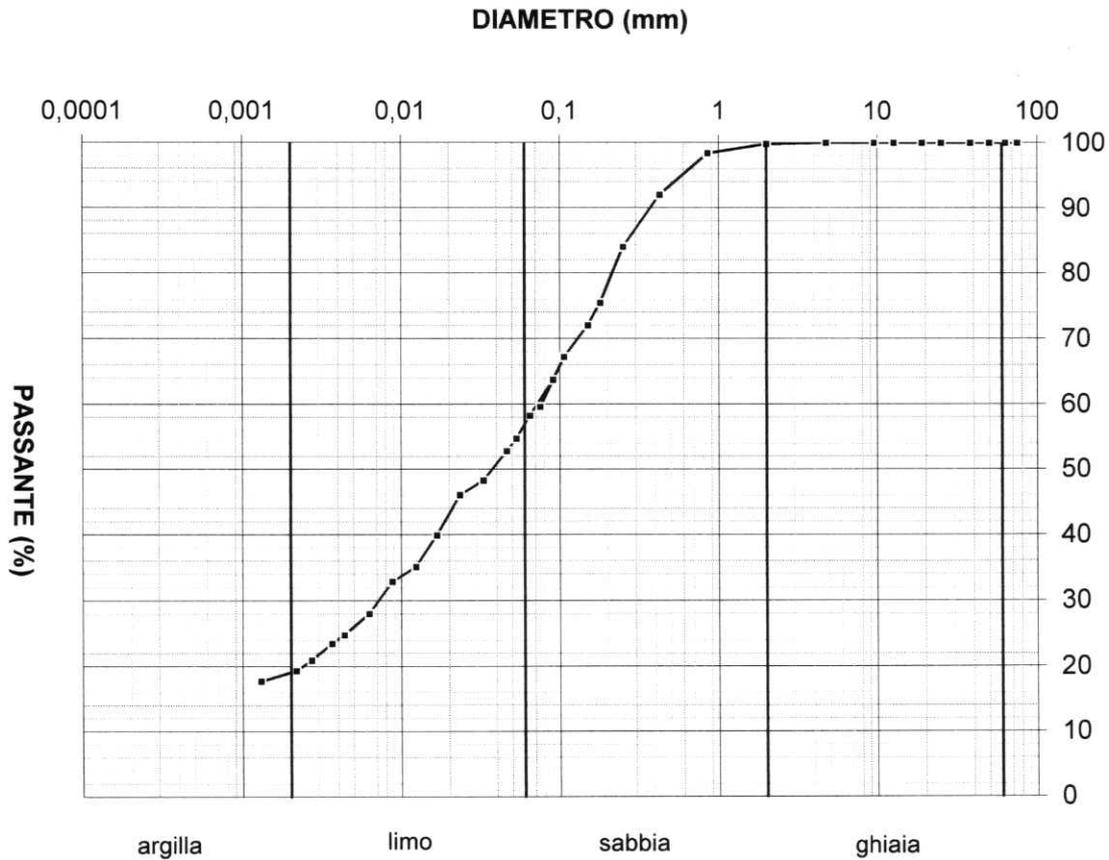
Azienda certificata ISO 9001:2015
 Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n..	1
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	2,20
RIF.	G22-079	a m	2,40

Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	242/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63) - CURVA CUMULATIVA



Descrizione AGI	SABBIA CON LIMO ARGILLOSA	d10 (mm)	0,00000	d15 (mm)	0,00000
		d60 (mm)	0,0730	d85 (mm)	0,2600

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità
 (d60/d10) **U** =

Certificato n. **242/22.1**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore Dr. Geol. Marino Mularoni
 Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n.	1
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF da m	2,20
RIF.	G22-079	a m	2,40
Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	242/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

peso campione alla sedimentazione (g):	40,00	densimetro utilizzato:	ASTM 151 H
temperatura di prova (°C):	24,0	peso specifico:	2,70

tempo (min')	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,09057	22,40	63,73
0,5	0,06475	20,70	58,26
0,75	0,05324	19,60	54,72
1	0,04628	19,00	52,79
2	0,03301	17,60	48,28
4	0,02344	16,90	46,03
8	0,01677	15,00	39,92
15	0,01235	13,50	35,09
30	0,00877	12,80	32,84
60	0,00626	11,30	28,01
125	0,00436	10,30	24,80
180	0,00364	9,90	23,51
330	0,00270	9,10	20,94
520	0,00216	8,60	19,33
1440	0,00130	8,10	17,72

*correzioni applicate:
 $C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 1,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,20
% sabbia	42,78
% limo	38,37
% argilla	18,64

Certificato n. **242/22.1**
 Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Marino Mularoni

Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n.	1
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF da m	2,20
RIF.	G22-079	a m	2,40

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	242/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA*peso terreno setacciato (g):* **500**

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
75	0,00	500,00	100,00
63	0,00	500,00	100,00
50	0,00	500,00	100,00
38,1	0,00	500,00	100,00
25	0,00	500,00	100,00
19	0,00	500,00	100,00
12,7	0,00	500,00	100,00
9,5	0,00	500,00	100,00
4,75	0,00	500,00	100,00
2	1,00	499,00	99,80
0,85	8,00	492,00	98,40
0,425	40,00	460,00	92,00
0,25	80,00	420,00	84,00
0,18	123,00	377,00	75,40
0,15	140,00	360,00	72,00
0,106	164,00	336,00	67,20
0,075	202,00	298,00	59,60

Certificato n. **242/22.1**Data certificato **19.09.2022**Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

GEODE**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.lli GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	1
CANTIERE	F.lli GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	2,20
RIF.	G22-079	a m	2,40

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	242/22
Data esecuzione prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.07

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
13	60,19	45,60	32,00	11,40	9,50	
18	69,48	53,60	29,63	11,98	10,05	
23	70,55	54,51	29,43	11,82	9,90	
27	73,07	44,22	26,89			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)
Ritiro lineare	mm	140,0	120,8
		iniziale	finale

(Umidità naturale	W	%
-------------------	---	---

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	27,93	%
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	19,53	%
LIMITE DI RITIRO	Wr		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	8,40	
INDICE DI LIQUIDITA'	IL		
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
RITIRO LINEARE	RI		%
GRADO DI ATTIVITA'	A		

Certificato n. **242/22.3**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore
Dr. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO

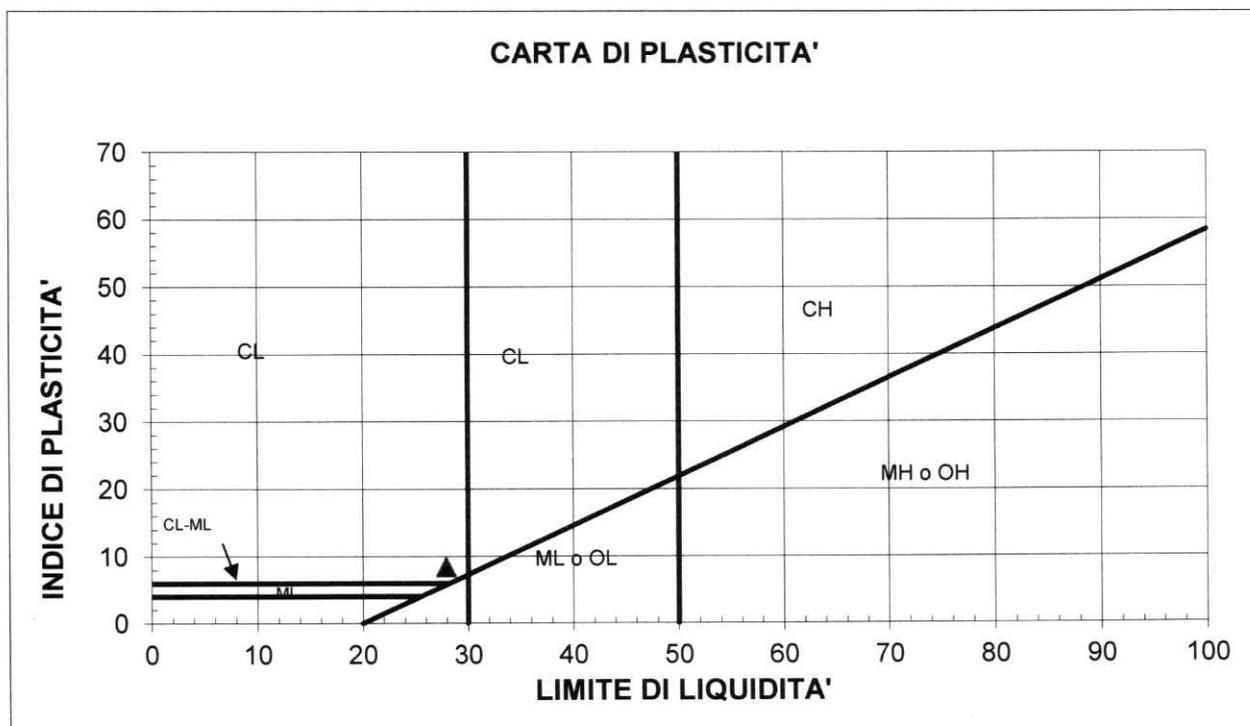
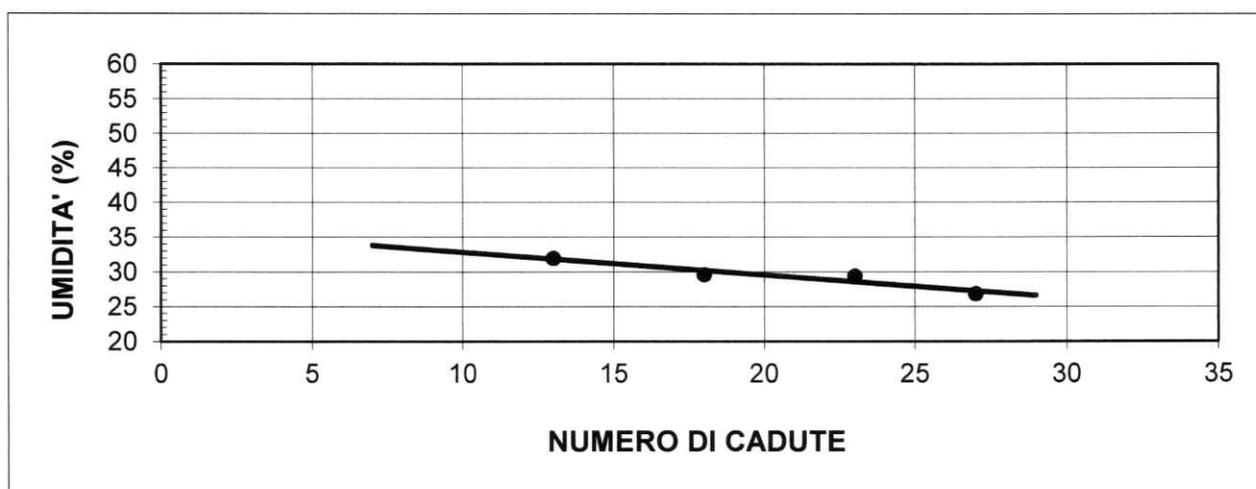
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	1
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	2,20
RIF.	G22-079	a m	2,40

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	242/22
Data esecuzione prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidita'
H = alto limite di liquidita'

Certificato n. **242/22.3**

Data certificato **19.09.2022**

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO
 del Dr. Geol. M. Mularoni
 Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

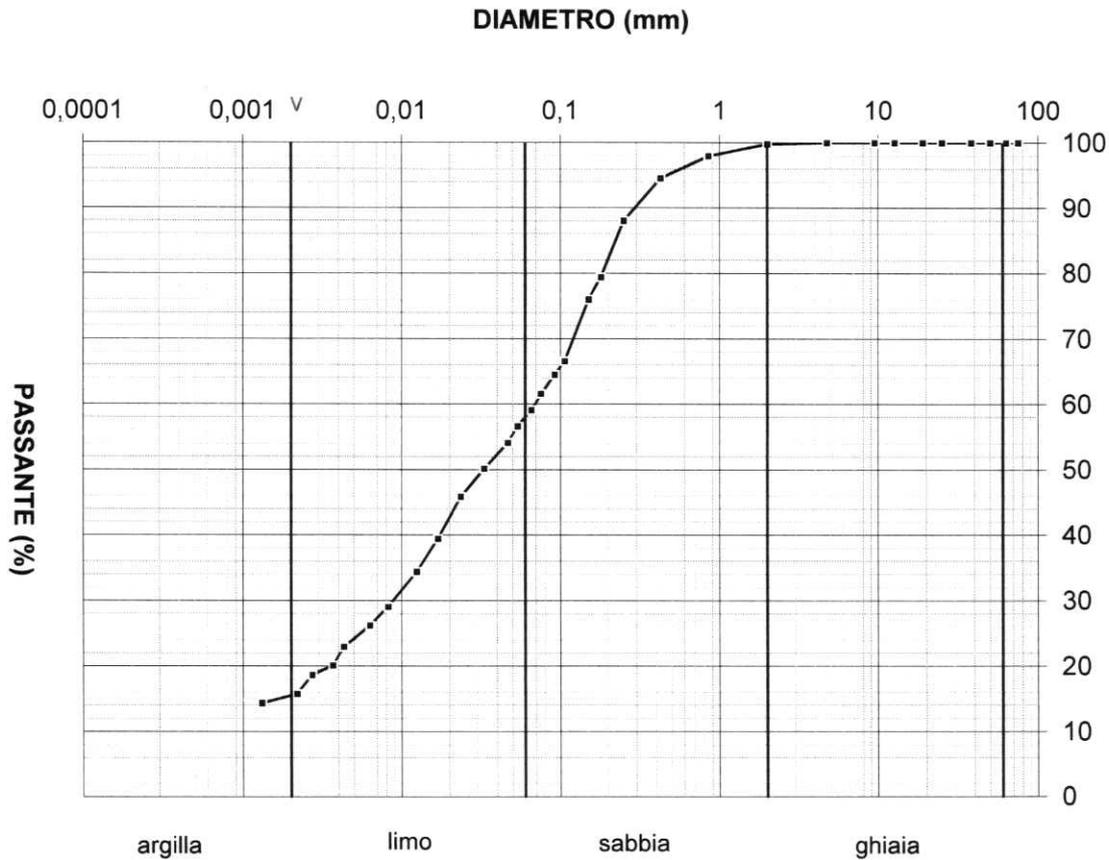
Azienda certificata ISO 9001:2015
 Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n..	2
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	3,50
RIF.	G22-079	a m	3,70

Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	243/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63) - CURVA CUMULATIVA



Descrizione AGI	LIMO CON SABBIA ARGILLOSO	d10 (mm)	0,00000	d15 (mm)	0,00160
		d60 (mm)	0,0680	d85 (mm)	0,2200

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità
 (d60/d10) **U =**

Certificato n. **243/22.1**

Lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. Marino Mularoni

Data certificato 19.09.2022

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n.	2
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF da m	3,50
RIF.	G22-079	a m	3,70
Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	243/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

<i>peso campione alla sedimentazione (g):</i>	40,00	<i>densimetro utilizzato:</i>	ASTM 151 H
<i>temperatura di prova (°C):</i>	24,0	<i>peso specifico:</i>	2,70

<i>tempo (min')</i>	<i>∅ equivalente (mm)</i>	<i>lettura densimetrica*</i>	<i>passante (%)</i>
0,25	0,09163	20,60	64,48
0,5	0,06541	19,10	59,11
0,75	0,05364	18,40	56,61
1	0,04665	17,70	54,10
2	0,03321	16,60	50,16
4	0,02365	15,40	45,86
8	0,01691	13,60	39,42
15	0,01245	12,20	34,40
35	0,00822	10,70	29,03
60	0,00631	9,90	26,17
130	0,00431	9,00	22,94
180	0,00368	8,20	20,08
330	0,00272	7,80	18,65
520	0,00218	7,00	15,78
1440	0,00131	6,60	14,35

**correzioni applicate:*
 $C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 1,9$

<i>composizione granulometrica</i>	
% ghiaia	0,20
% sabbia	42,06
% limo	42,86
% argilla	14,88

Certificato n. **243/22.1**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniDirettore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n.	2
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF da m	3,50
RIF.	G22-079	a m	3,70

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	243/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): **500**

\varnothing / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
75	0,00	500,00	100,00
63	0,00	500,00	100,00
50	0,00	500,00	100,00
38,1	0,00	500,00	100,00
25	0,00	500,00	100,00
19	0,00	500,00	100,00
12,7	0,00	500,00	100,00
9,5	0,00	500,00	100,00
4,75	0,00	500,00	100,00
2	1,00	499,00	99,80
0,85	10,00	490,00	98,00
0,425	27,00	473,00	94,60
0,25	60,00	440,00	88,00
0,18	103,00	397,00	79,40
0,15	120,00	380,00	76,00
0,106	167,00	333,00	66,60
0,075	192,00	308,00	61,60

Certificato n. **243/22.1**

Data certificato **19.09.2022**

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	2
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	3,50
RIF.	G22-079	a m	3,70

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	243/22
Data esecuzione prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.07

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
9	64,19	49,75	29,03	11,76	9,83	
16	73,19	57,48	27,33	11,22	9,43	
22	74,15	58,95	25,78	12,06	10,08	
28	72,66	44,22	20,94			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)
Ritiro lineare	mm	140,0	120,8
		iniziale	finale

(Umidità naturale	W	%)
-------------------	---	----

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	23,23	%
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	19,42	%
LIMITE DI RITIRO	Wr		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	3,81	
INDICE DI LIQUIDITA'	IL		
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
RITIRO LINEARE	RI		%
GRADO DI ATTIVITA'	A		

Certificato n. **243/22.3**Data certificato **19.09.2022**Lo Sperimentatore
Dr. Marino MularoniAutorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO

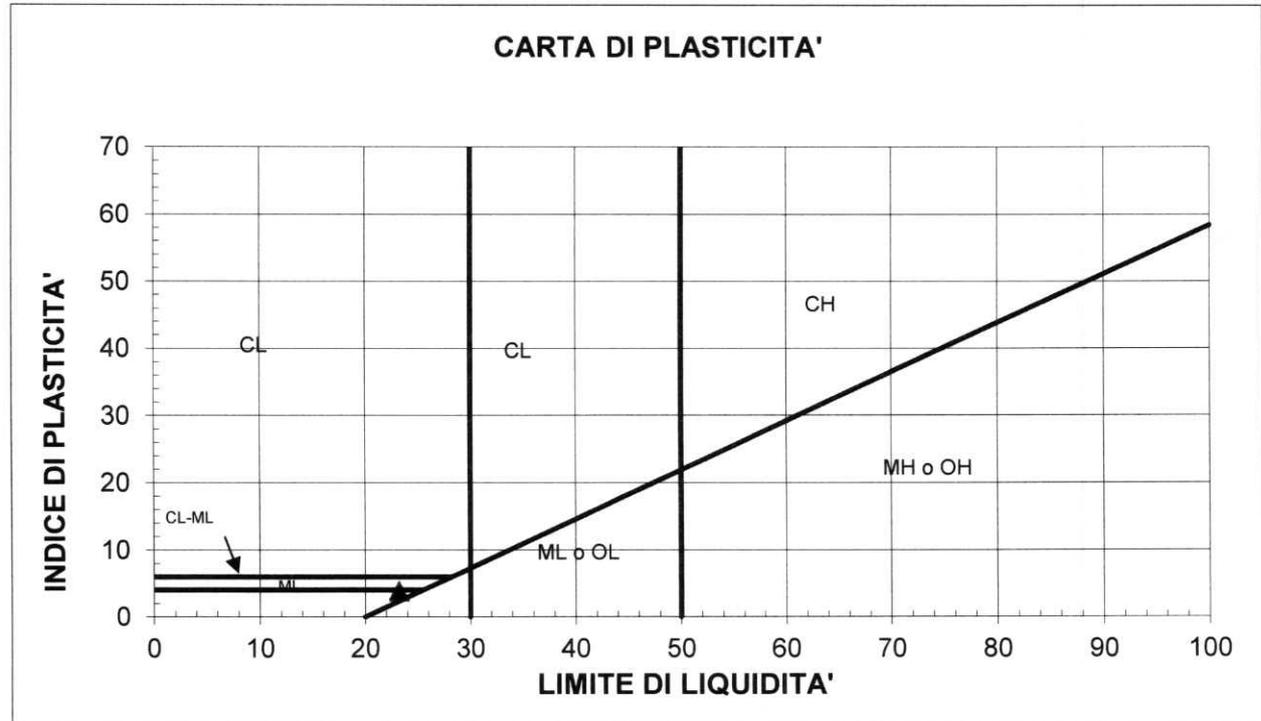
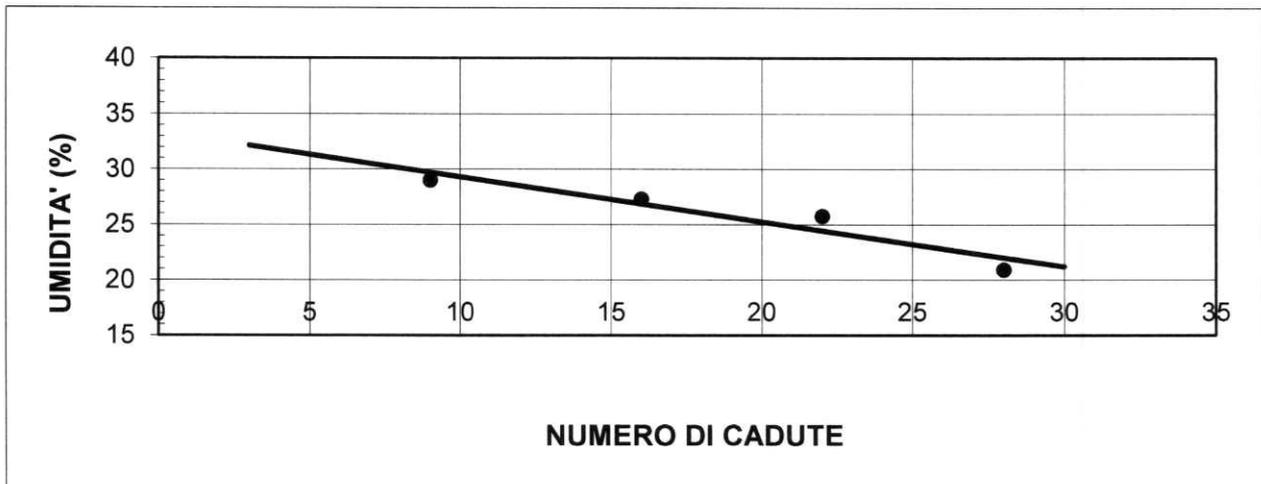
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.lli GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	2
CANTIERE	F.lli GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	3,50
RIF.	G22-079	a m	3,70

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	243/22
Data esecuzione prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici
 C = argille inorganiche
 O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
 H = alto limite di liquidità

Certificato n. **243/22.3**

Data certificato **19.09.2022**

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.LLI GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.LLI GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROFONDITA' da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	08.09.2022	Procedura operativa	IST 06/01

APERTURA E DESCRIZIONE CAMPIONI (ASTM 2488 - AGI 1977)

Contenitore:	fustella metallica	Diametro campione	84 mm
Classe di qualità (AGI 1977)	Q5	Lunghezza campione	30 cm

PP		VT		PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO		DESCRIZIONE LITOLOGICA
da	a	da	a			
2,5	3,0	1,1	1,3	Apertura	10 cm	Limo sabbioso-argilloso nocciola con variegazioni brune. Locali livelletti e passate sabbiose.
3,9	4,2	1,6	1,8	Volumetria	20 cm	
				Granul. Cumulativa	30 cm	
3,1			1,40	Limiti di Atterberg	40 cm	
				Taglio Casagrande CD	50 cm	
					60 cm	
					70 cm	
					80 cm	
					90 cm	
					100 cm	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Certificato n. **244/22.1**
Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**
il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00
Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	08.09.2022	Procedura operativa	

PARAMETRI CALCOLATI*sulla base dei risultati di prova*

DATI MISURATI

<i>Peso di volume naturale</i>	γ	2,12	Mg/m ³
<i>Umidità allo stato naturale</i>	W	25,30	%
<i>Temperatura media delle prove</i>	T	22	°C
<i>Peso specifico dei granuli</i>	γ_r		Mg/m ³

ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

<i>Peso specifico dell'acqua</i>	δ_w	1,00	Mg/m ³
----------------------------------	------------	------	-------------------

PARAMETRI CALCOLATI

<i>peso di volume saturo</i>	γ_w		Mg/m ³
<i>peso di volume secco</i>	γ_d	1,69	Mg/m ³
<i>indice dei vuoti</i>	e		
<i>porosità</i>	n		%
<i>grado di saturazione</i>	S_r		%

Certificato n. **244/22.2**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00
Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	08.09.2022	Procedura operativa	IST 06.03

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

<i>volume (cm³)</i>	<i>peso umido (g)</i>
942,14	1996,60

Peso di volume ρ **2,119** Mg/m³

Certificato n. **244/22.2**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00
Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	08.09.2022	Procedura operativa	IST 06.02

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>
1996,60	1593,50

Umidità allo stato naturale **W 25,30 %**Certificato n. **244/22.2**

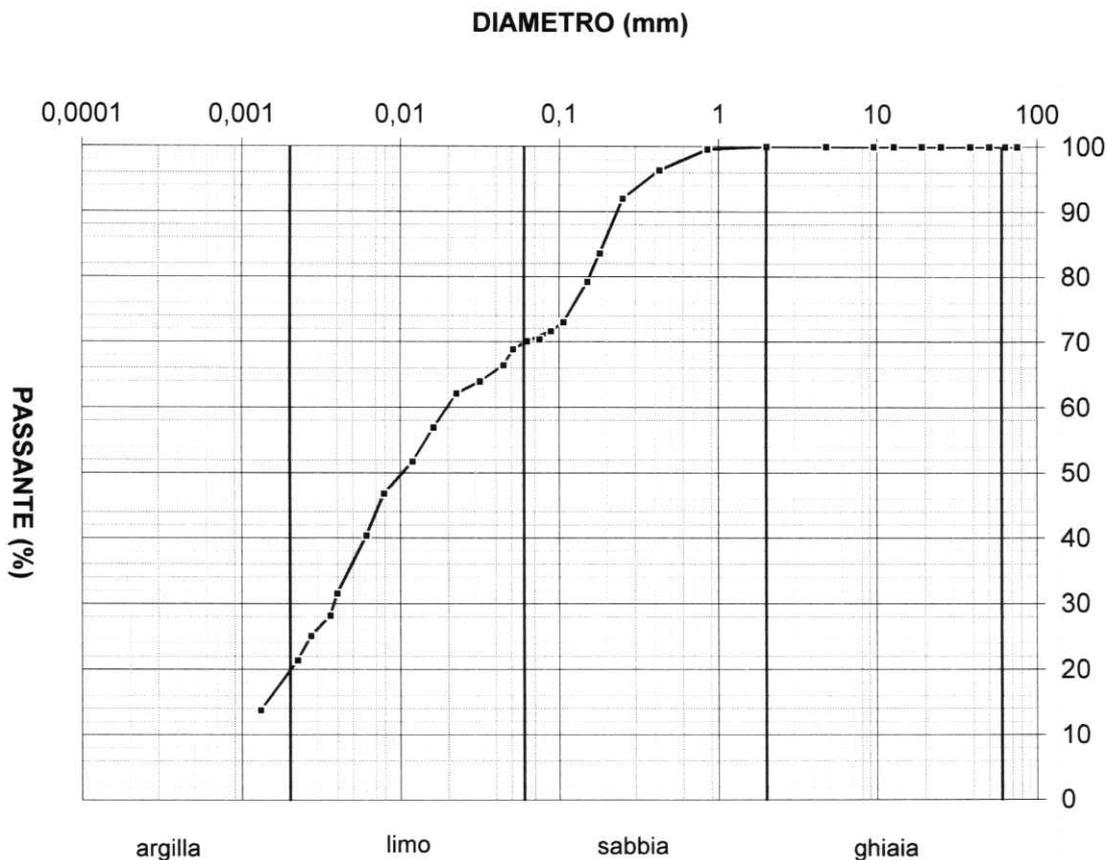
Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore **Il Direttore del Laboratorio**
Dr. Geol. Marino Mularoni **Dr. Geol. Marino Mularoni**

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n..	3
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00

Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	244/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63) - CURVA CUMULATIVA

Descrizione AGI	LIMO CON SABBIA ARGILLOSO	d10 (mm)	0,00000	d15 (mm)	0,00140
		d60 (mm)	0,0200	d85 (mm)	0,2000

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità
(d60/d10) **U =**Certificato n. **244/22.1**Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

Data certificato 19.09.2022



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n.	3
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00
Data ricevimento campione	06.09.2022	Verbale accettazione	244/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

peso campione alla sedimentazione (g):	40,00	densimetro utilizzato:	ASTM 151 H
temperatura di prova (°C):	24,0	peso specifico:	2,70

tempo (min')	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,08841	26,00	71,63
0,5	0,06273	25,50	70,10
0,75	0,05136	25,10	68,88
1	0,04472	24,30	66,43
2	0,03179	23,50	63,98
4	0,02257	22,90	62,14
8	0,01614	21,20	56,94
15	0,01191	19,50	51,74
35	0,00788	17,90	46,84
60	0,00609	15,80	40,42
145	0,00399	12,90	31,54
180	0,00360	11,80	28,18
320	0,00272	10,80	25,12
480	0,00223	9,58	21,38
1440	0,00131	7,10	13,79

*correzioni applicate:
 $C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 1,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,00
% sabbia	30,10
% limo	50,52
% argilla	19,38

Certificato n. **244/22.1**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO n.	3
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE n.	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00
Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	09.09.2022	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): **500**

ϕ / maglia (μm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
75	0,00	500,00	100,00
63	0,00	500,00	100,00
50	0,00	500,00	100,00
38,1	0,00	500,00	100,00
25	0,00	500,00	100,00
19	0,00	500,00	100,00
12,7	0,00	500,00	100,00
9,5	0,00	500,00	100,00
4,75	0,00	500,00	100,00
2	0,00	500,00	100,00
0,85	2,00	498,00	99,60
0,425	18,00	482,00	96,40
0,25	40,00	460,00	92,00
0,18	82,00	418,00	83,60
0,15	104,00	396,00	79,20
0,106	135,00	365,00	73,00
0,075	148,00	352,00	70,40

Certificato n. **244/22.1**

Data certificato **19.09.2022**

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.II GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.II GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.07

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
17	44,91	30,83	45,67	12,21	9,74	
22	69,11	48,04	43,86	11,34	9,06	
27	68,67	47,87	43,45	10,95	8,72	
35	70,12	44,22	40,89			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)
Ritiro lineare	mm	140,0	120,8
		iniziale	finale

(Umidità naturale	W	25,30 %)
-------------------	---	----------

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	43,53 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	25,37 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	18,16
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	0,00
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	1,00
RITIRO LINEARE	RI	%
GRADO DI ATTIVITA'	A	

Certificato n. **244/22.3**

Data certificato 19.09.2022

Lo Sperimentatore
Dr. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO

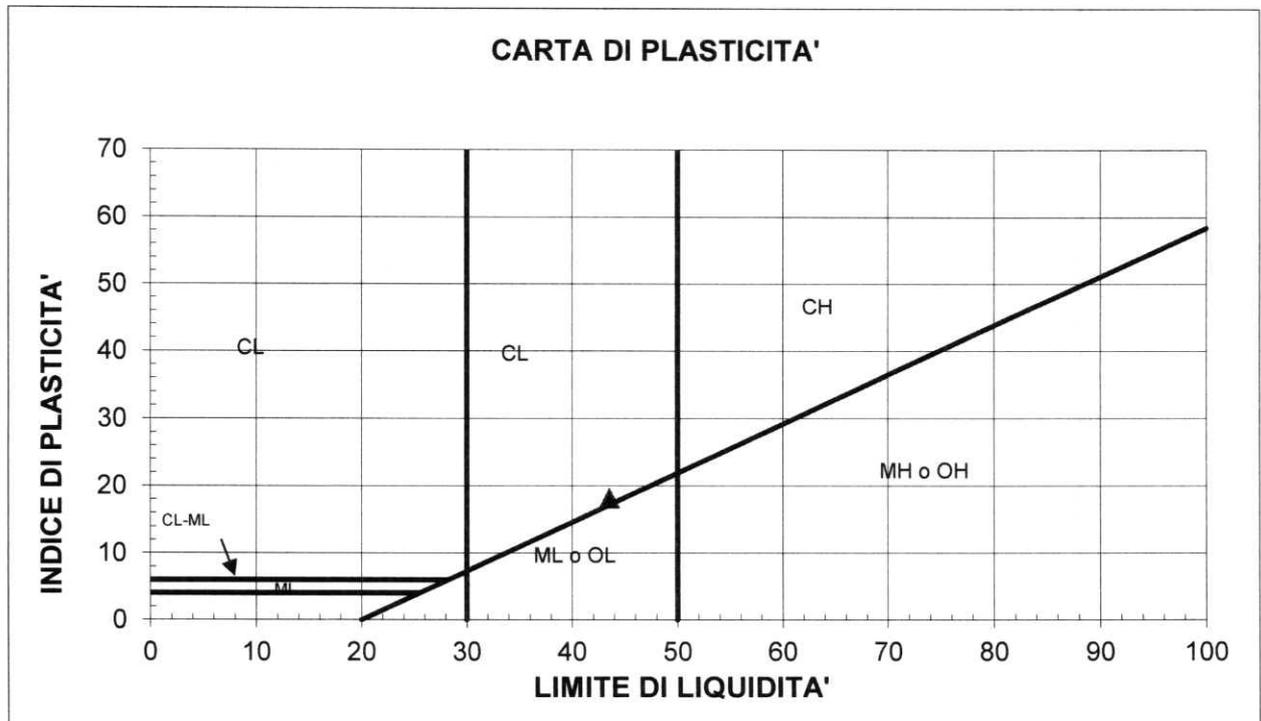
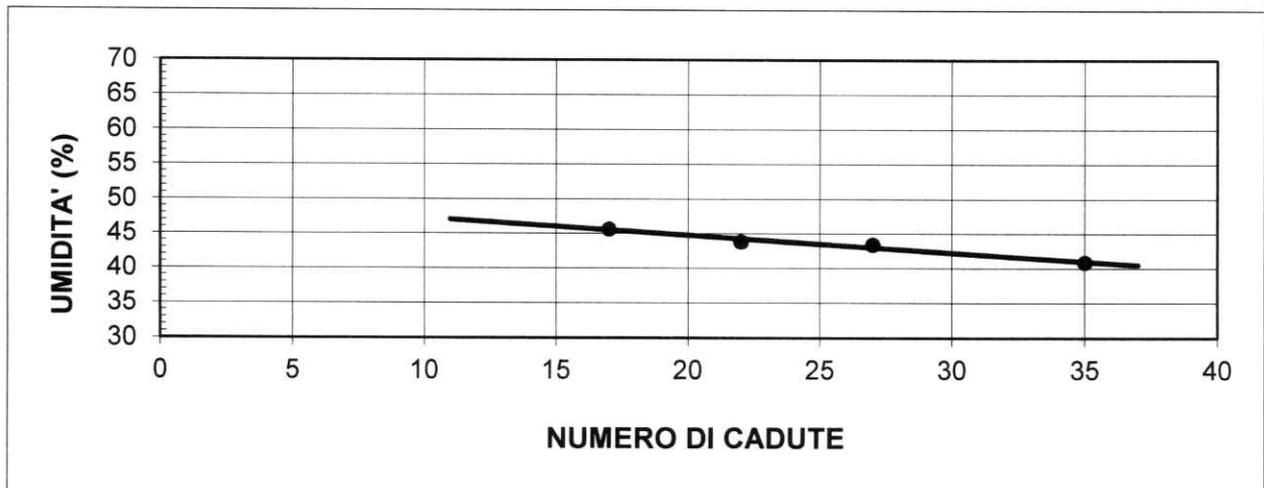
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.lli GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.lli GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. da m	2,50
RIF.	G22-079	a m	3,00

Data ricevimento campione	06.09.2022	Numero accettazione	244/22
Data esecuzione prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

Certificato n. **244/22.3**

Data certificato **19.09.2022**

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **F.Ili GIOVANNINI S.r.l.**
CANTIERE **F.Ili GIOVANNINI**
LOCALITA' **GALLO (PU)**
RIF. **G22-079**

SONDAGGIO **3**
CAMPIONE **1**
PROF. Da m **2,50**
a m. **3,00**

Data ricevimento Campione 06.09.2022 Numero di accettazione 244/22
Data esecuzione Prova 12.09.2022 Procedura operativa IST 06.11

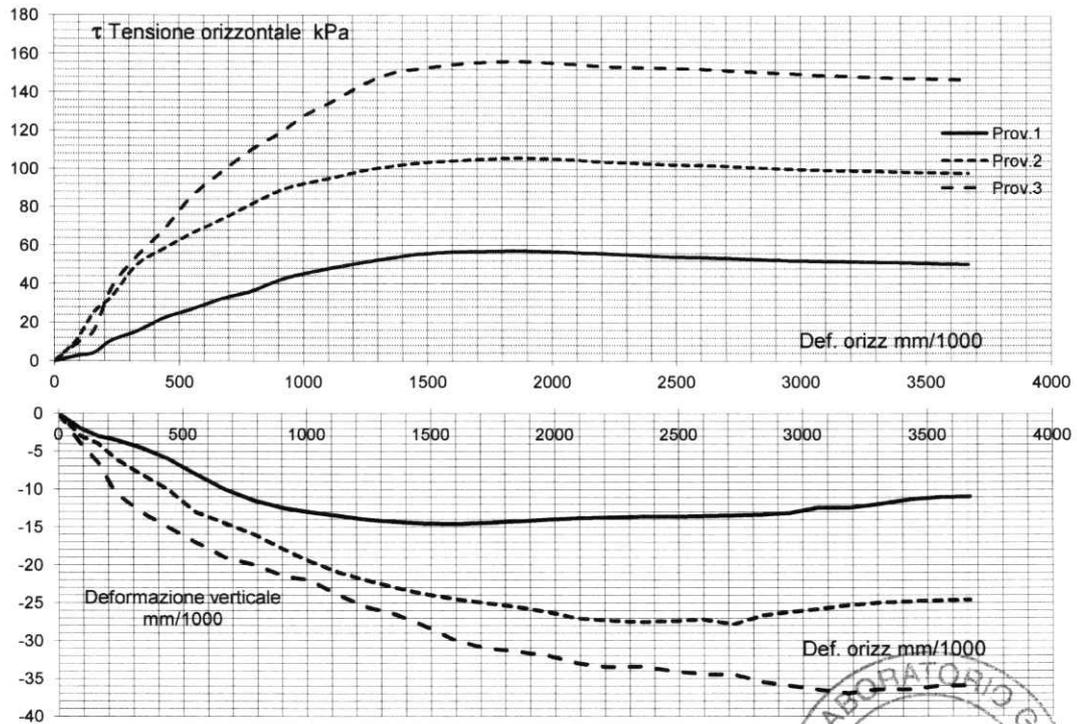
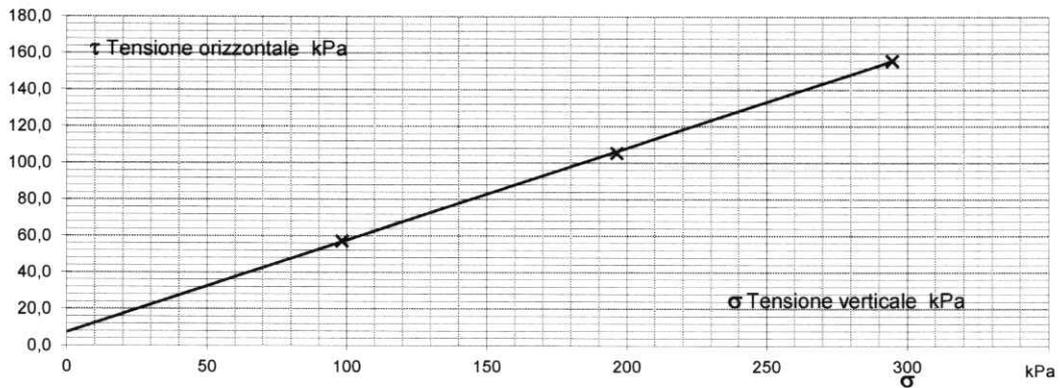
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO $\tau-\sigma$ $C' = (\text{kPa})$ **7,4**
Regressione Lineare $\phi' = (^\circ)$ **26,7**

Scelta valori manuale SI/NO: NO

Sforzo a rottura 57 106 156
Deformazione a rottura 2,747 2,747 2,7



Certificato n. 244/22.5

Data certif. 19.09.2022

Lo Sperimentatore **IL Direttore**
Dott. Marino Mularoni **del** **Trasporti**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.Ili GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.Ili GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. Da m	2,50
RIF.	G22-079	a m.	3,00
Data ricevimento Campione	06.09.2022	Numero di accettazione	244/22
Data esecuzione Prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINI (Inizio Prova)	UM	Simbolo	Provino 1	Provino 2	Provino 3	Medie
Condizione provino	/		indisturbato	indisturbato	ricostituito	
Diametro iniziale	mm	ϕ_o	67,7	67,7	67,7	
Altezza iniziale	mm	h_o	20	20	20	
Sezione iniziale	mm ²	A_o	3600	3600	3600	
Volume iniziale	mm ³	V_o	71994	71994	71994	
Peso di volume iniziale	gr/cm ³	γ_o	2,13	2,12	2,09	
Contenuto d'acqua iniziale	%	W_i	25,7	24,6	26,9	
Peso di volume secco	gr/cm ³	γ_d	1,693	1,70	1,65	1,68
Peso specifico dei grani	gr/cm ³	G	2,710	2,710	2,710	2,71
Determinato / assunto						
Indice dei Vuoti	/	e	0,27	0,28	0,30	0,28
Porosità	%	n	21,43	21,78	22,85	22,0
Umidità di saturazione	%	Wsat	12,65	12,80	13,87	13,1
Grado saturazione	%	Sr	203,43	192,32	193,84	196,5
CONSOLIDAZIONE - PROVA						
Pressione di cella	KPa	σ_v	98	196	295	
Velocità pressa	mm/min	vel	0,004	0,004	0,004	

FASE DI ROTTURA

Criterio di rottura (1 =Raggiungimento del picco; 2 = Deform. magg. 15 %)				1		
Deformazione a rottura	mm		1,86	1,86	1,86	
Deformazione a rottura	%		2,7	2,7	2,7	
Tempo rottura effettivo	min		510	510	510	
Velocità media a rottura	mm/min		0,0036	0,0036	0,0036	
Tensione di rottura	KPa	τ	57	106	156	

Note: Macchine Utilizzate:
Taglio Casagrande Tecnocest: Prov.1 TG04; Provino 2 TG05; Provino 3 TG06

Certificato n. 244/22.5

Data certif. 19.09.2022

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	F.lli GIOVANNINI S.r.l.	SONDAGGIO	3
CANTIERE	F.lli GIOVANNINI	CAMPIONE	1
LOCALITA'	GALLO (PU)	PROF. Da m	2,50
RIF.	G22-079	a m.	3,00
Data ricevimento Campione	06.09.2022	Numero di accettazione	244/22
Data esecuzione Prova	12.09.2022	Procedura operativa	IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINO 1

tempo min	Def. orizz. mm	e %	Def. Vert. mm	Sforzo N	Tensione Orizz. kPa
0,0	0	0	0	0	0,00
30,0	0,09	0	-0,002	10	2,78
60,0	0,16	0,24	-0,003	16	4,4
90,0	0,23	0,34	-0,0035	39	10,8
120	0,33	0,49	-0,0045	56	15,6
150	0,44	0,65	-0,006	81	22,5
180	0,55	0,81	-0,008	97	26,9
210	0,67	0,99	-0,01	116	32,2
240	0,79	1,17	-0,0115	130	36,1
270	0,91	1,34	-0,0125	152	42,2
300	1,01	1,49	-0,013	164	45,6
330	1,13	1,67	-0,0135	175	48,6
360	1,24	1,83	-0,014	184	51,1
390	1,36	2,01	-0,0143	193	53,6
420	1,47	2,17	-0,0145	200	55,6
450	1,6	2,36	-0,0146	204	56,7
480	1,72	2,54	-0,0144	205	56,9
510	1,86	2,75	-0,0142	206	57,2
540	1,97	2,91	-0,014	205	56,9
570	2,09	3,09	-0,0138	203	56,4
600	2,21	3,26	-0,0137	201	55,8
630	2,34	3,46	-0,0136	198	55,0
660	2,47	3,65	-0,0136	195	54,2
690	2,6	3,84	-0,0135	194	53,9
720	2,72	4,02	-0,0134	192	53,3
750	2,84	4,19	-0,0133	190	52,8
780	2,95	4,36	-0,0131	188	52,2
810	3,06	4,52	-0,0124	187	51,9
840	3,18	4,70	-0,0124	186	51,7
870	3,29	4,86	-0,012	185	51,4
900	3,43	5,07	-0,0113	184	51,1
930	3,55	5,24	-0,011	182	50,6
960	3,67	5,42	-0,0109	181	50,3

Certificato n. 244/22.5

Data certif. 19.09.2022

Lo Sperimentatore *M* IL Direttore
Dott. Marino Mularoni Dott. Marino Mularoni





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **F.lli GIOVANNINI S.r.l.** SONDAGGIO **3**
CANTIERE **F.lli GIOVANNINI** CAMPIONE **1**
LOCALITA' **GALLO (PU)** PROF. Da m **2,50**
RIF. **G22-079** a m. **3,00**

Data ricevimento Campione 06.09.2022 Numero di accettazione 244/22

Data esecuzione Prova 12.09.2022 Procedura operativa IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINO 2

tempo min	Def. orizz. mm	e %	Def. Vert. mm	Sforzo N	Tensione Orizz kPa
0,0	0	0	0	0	0,00
30,0	0,09	0	-0,003	40	11,11
60,0	0,16	0,24	-0,004	92	25,6
90,0	0,23	0,34	-0,006	120	33,3
120	0,33	0,49	-0,008	179	49,7
150	0,44	0,65	-0,01	210	58,3
180	0,55	0,81	-0,013	238	66,1
210	0,67	0,99	-0,0145	264	73,3
240	0,79	1,17	-0,016	292	81,1
270	0,91	1,34	-0,018	319	88,6
300	1,01	1,49	-0,0195	332	92,2
330	1,13	1,67	-0,021	344	95,6
360	1,24	1,83	-0,022	356	98,9
390	1,36	2,01	-0,023	365	101,4
420	1,47	2,17	-0,0238	371	103,1
450	1,6	2,36	-0,0245	375	104,2
480	1,72	2,54	-0,025	378	105,0
510	1,86	2,75	-0,0256	380	105,6
540	1,97	2,91	-0,0262	379	105,3
570	2,09	3,09	-0,027	377	104,7
600	2,21	3,26	-0,0273	373	103,6
630	2,34	3,46	-0,0275	371	103,1
660	2,47	3,65	-0,0274	368	102,2
690	2,6	3,84	-0,0272	367	102,0
720	2,72	4,02	-0,0278	365	101,4
750	2,84	4,19	-0,0266	362	100,6
780	2,95	4,36	-0,0262	360	100,0
810	3,06	4,52	-0,0258	358	99,5
840	3,18	4,70	-0,0253	357	99,2
870	3,29	4,86	-0,025	356	98,9
900	3,43	5,07	-0,0248	354	98,3
930	3,55	5,24	-0,0247	353	98,1
960	3,67	5,42	-0,0246	352	97,8

Certificato n. 244/22.5

Data certif. 19.09.2022

Lo Sperimentatore **Dott. Marino Mularoni** Il Direttore **Dott. Marino Mularoni**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **F.lli GIOVANNINI S.r.l.** SONDAGGIO **3**
CANTIERE **F,lli GIOVANNINI** CAMPIONE **1**
LOCALITA' **GALLO (PU)** PROF. Da m **2,50**
RIF. **G22-079** a m. **3,00**

Data ricevimento Campione 06.09.2022 Numero di accettazione 244/22

Data esecuzione Prova 12.09.2022 Procedura operativa IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINO 3

tempo min	Def. orizz. 1000	e %	Def. Vert. mm	Sforzo N	Tensione Orizz kPa
0,0	0	0,00	0	0	0,0
30,0	0,09	0,13	-0,004	33	9,2
60,0	0,16	0,24	-0,0065	58	16,1
90,0	0,23	0,34	-0,0105	137	38,1
120	0,33	0,49	-0,013	195	54,2
150	0,44	0,65	-0,015	246	68,3
180	0,55	0,81	-0,017	307	85,3
210	0,67	0,99	-0,019	353	98,1
240	0,79	1,17	-0,02	395	109,7
270	0,91	1,34	-0,0215	428	118,9
300	1,01	1,49	-0,022	461	128,1
330	1,13	1,67	-0,024	489	135,8
360	1,24	1,83	-0,0255	518	143,9
390	1,36	2,01	-0,0265	540	150,0
420	1,47	2,17	-0,028	548	152,2
450	1,6	2,36	-0,03	556	154,5
480	1,72	2,54	-0,031	560	155,6
510	1,86	2,75	-0,0315	562	156,1
540	1,97	2,91	-0,032	560	155,6
570	2,09	3,09	-0,033	557	154,7
600	2,21	3,26	-0,0335	553	153,6
630	2,34	3,46	-0,0334	551	153,1
660	2,47	3,65	-0,034	550	152,8
690	2,6	3,84	-0,0345	548	152,2
720	2,72	4,02	-0,0345	545	151,4
750	2,84	4,19	-0,0355	542	150,6
780	2,95	4,36	-0,036	540	150,0
810	3,06	4,52	-0,0365	537	149,2
840	3,18	4,70	-0,037	535	148,6
870	3,29	4,86	-0,0365	533	148,1
900	3,43	5,07	-0,0365	531	147,5
930	3,55	5,24	-0,036	530	147,2
960	3,67	5,42	-0,036	528	146,7

Certificato n. **244/22.5**

Data certif. **19.09.2022**

Lo Sperimentatore **Il Direttore**
Dott. Marino Mularoni del Tras. Dott. Marino Mularoni



Documentazione fotografica

SONDAGGIO S1



Foto 1: piazzola



Foto 2: cassa n.1 dal p.c. a 5.0m



Foto 3: cassa n.2 da 5.0 a 8.5m

SONDAGGIO S2



Foto 4: piazzola



Foto 5: cassa n.1 dal p.c. a 5.0m



Foto 6: cassa n.2 da 5.0m a 10.0m

SONDAGGIO S3



Foto 7: piazzola



Foto 8: cassa n.1 dal p.c. a 5.0m



Foto 9: cassa n.2 da 5.0m a 5.7m

SONDAGGIO S4



Foto 10: piazzola



Foto 11: cassa n.1 dal p.c. a 5.0m



Foto 12: cassa n.2 da 5.0m a 7.0m

Committente

F.Ili GIOVANNINI S.r.l.

**PROVINCIA DI PESARO-URBINO
COMUNE DI PETRIANO**

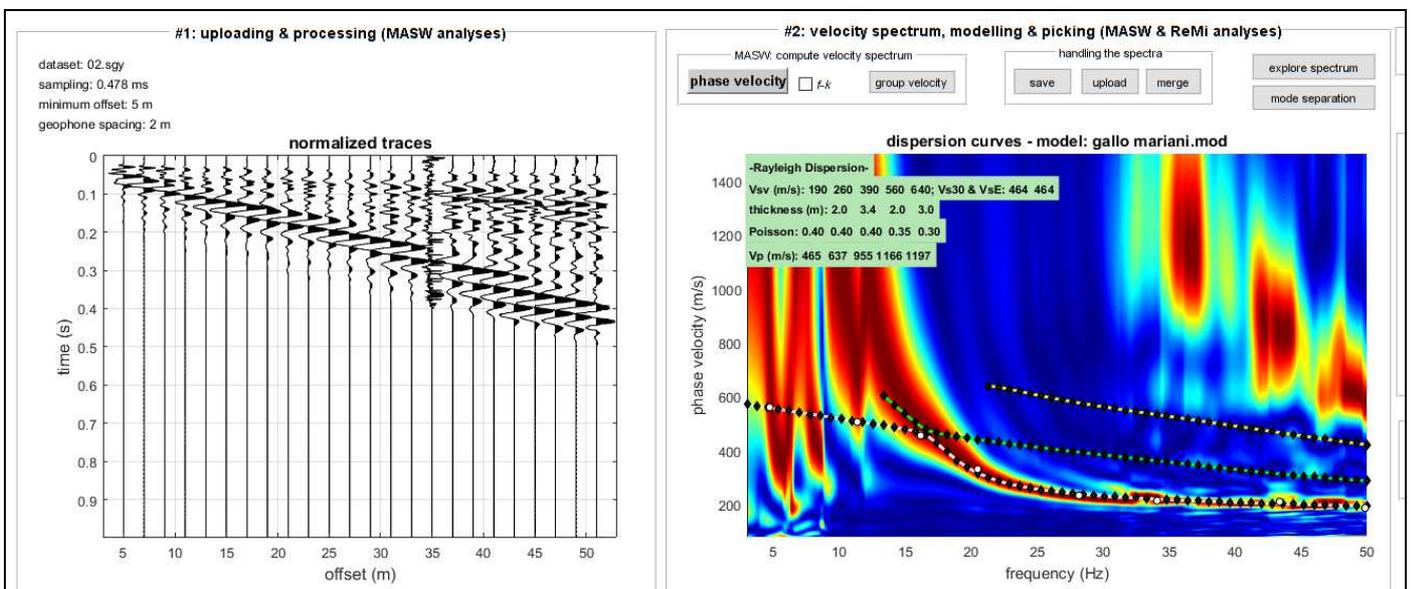
**“STUDIO TRAMITE MASW PER LA
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI UN TERRENO
SITO IN LOCALITA' GALLO”**

RELAZIONE GEOFISICA

SETTEMBRE 2022

PREMESSA

L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni, nota la stratigrafia, sulle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche Vs nel terreno oggetto di intervento.



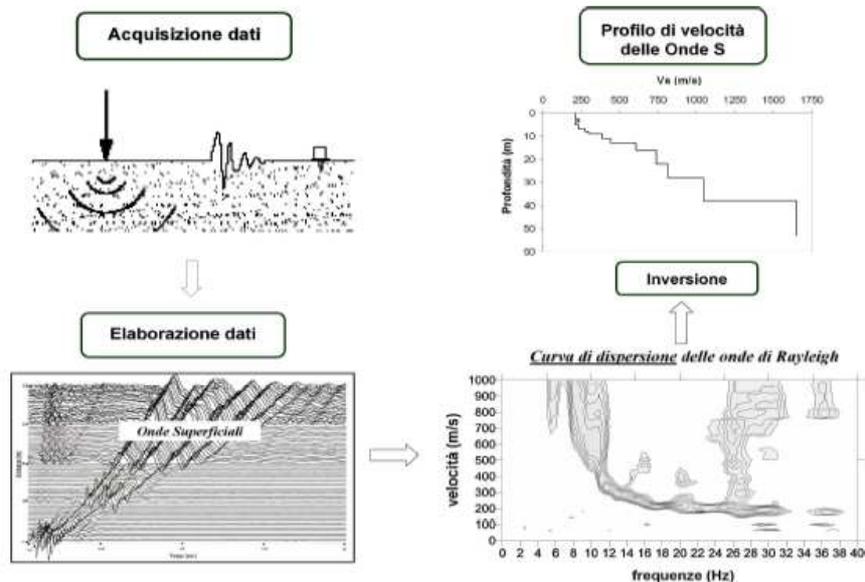
SEGNALE NEL DOMINIO DEI TEMPI E DELLE FREQUENZE

ANALISI SVOLTA CON LE ONDE SUPERFICIALI – MASW

CENNI TEORICI

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S. Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

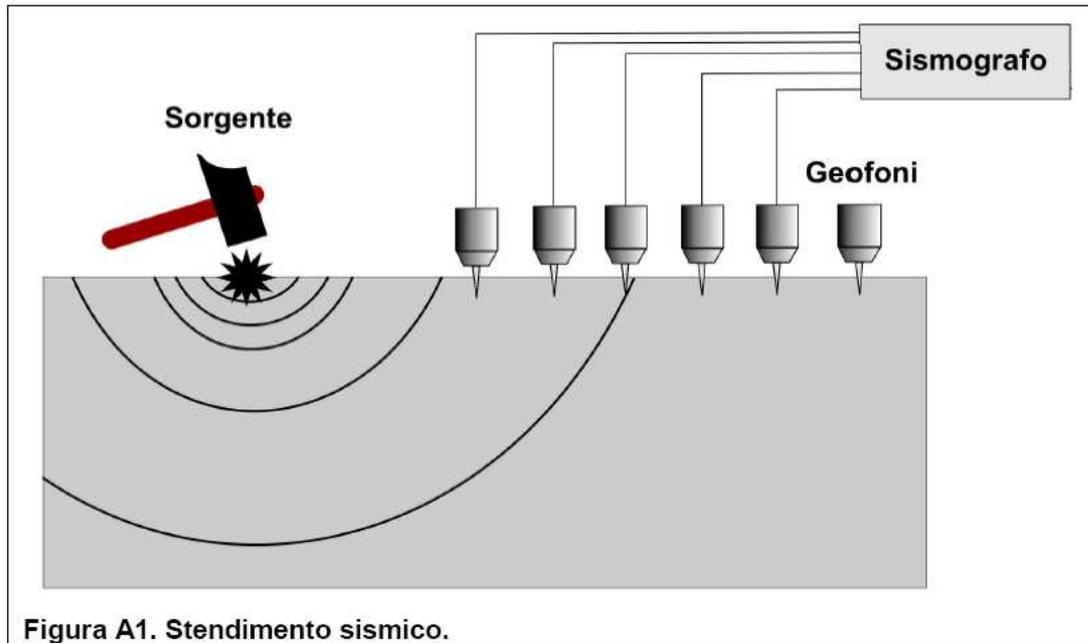


La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi (inversione) è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

STRUMENTAZIONE USATA

- Sismografo Ambrogeo Echo 2010 seismic unit
- Numero dei canali 24
- A/D conversione 16 bit
- Geofoni verticali da 4.5 hz



SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

-energizzazione per rilievo masw
Massa battente (mazza da 8 kg)

MODALITA' OPERATIVA

Si sono disposti i geofoni sul terreno quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg.

Si sono effettuate registrazioni di 1 sec.

Si sono disposti 24 geofoni da 4,5 hz alla distanza di 2.0 metri, ottenendo così una traccia lunga 46.0 metri. Eseguendo varie battute a - 5 metri dal primo geofono per ottenere più tracce per meglio analizzare le onde superficiali.

RISULTATI OTTENUTI**MODELLO MEDIO**

Vs (m/s):	175	240	391	556	723
Spessore (m) =	1.8	3.2	2.2	2.5	

curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)

modo: 0 (modo fondamentale)

modello migliore

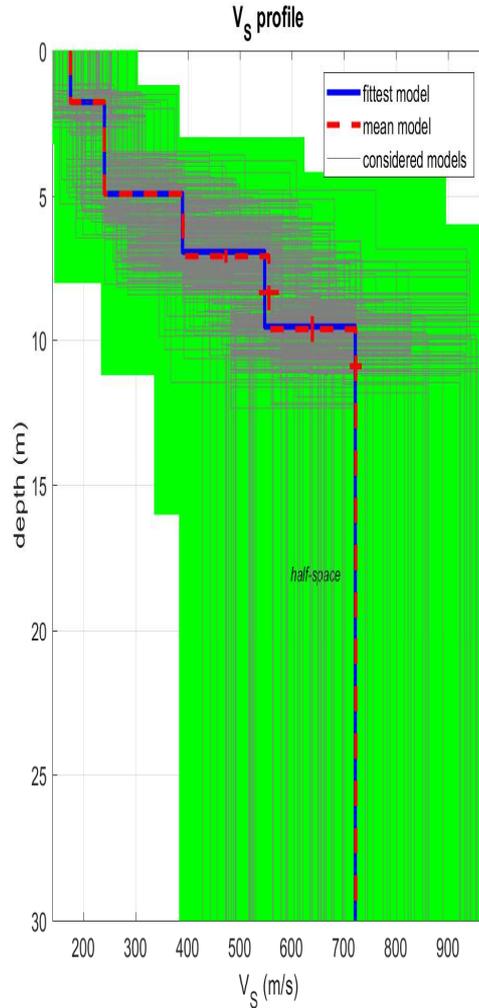
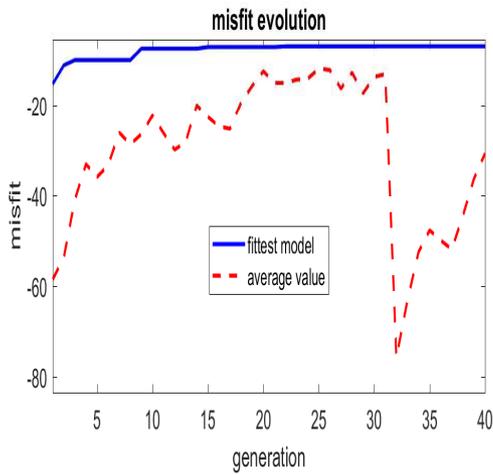
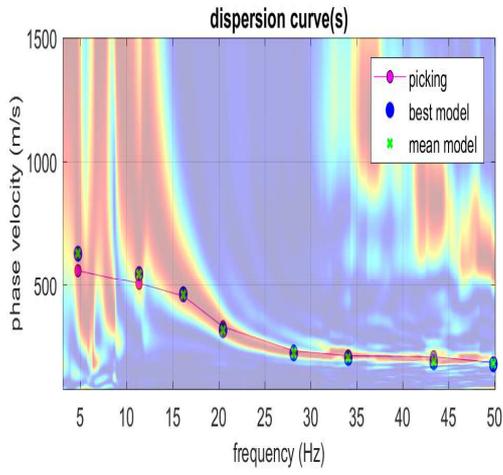
Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.72147	629.6576
11.3671	546.9892
16.1712	461.6129
20.4949	315.9033
28.1814	224.6813
34.1065	205.8565
43.3944	188.8244
49.8799	180.9819

Vs eq risulta di : 487 ($\pm 20\%$) m/sec. 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.

NOVAFELTRIA, 05/09/2022

Soil Investigation s.n.c.
Dott. Marco Rossi, Dott. Stefano Biordi



dataset: 02.sgy

dispersion curve: gallo mariani.cdp

Vs30 & VsE (best model): 488 488 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 487 487 m/s

RISULTATI MASW

Committente:
FRATELLI GOVANNINI SRL
Via Emilia Romagna
61020 GALLO di PETRIANO (PU)

**VARIANTE URBANISTICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN
LABORATORIO INDUSTRIALE IN LOCALITA' GALLO, COMUNE DI
VALLEFOGLIA**

INDAGINI SISMICA HVSR



2022073 – F.LLI GIOVANNINI - GALLO DI PETRIANO 01

Instrument: TZ3-0088/02-19

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 23/02/23 11:47:02 End recording: 23/02/23 12:03:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

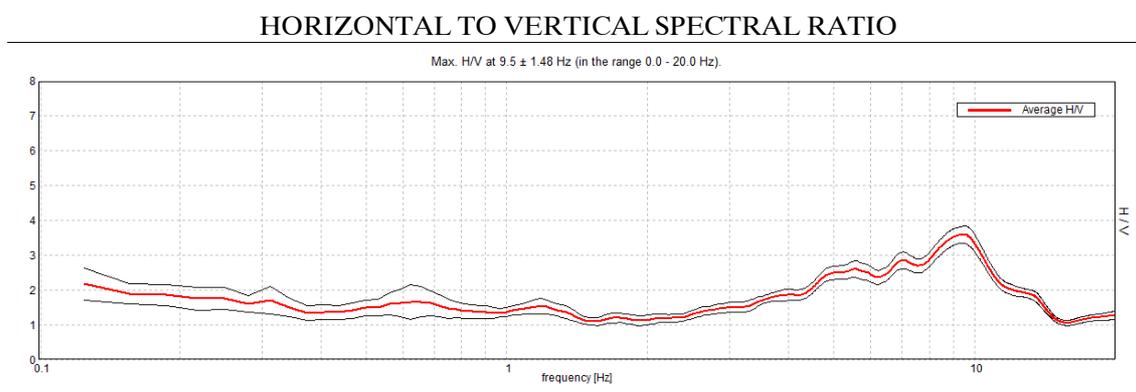


Figura 1

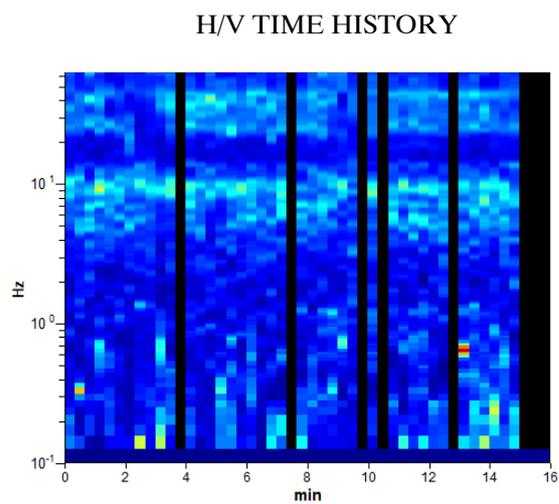


Figura 2

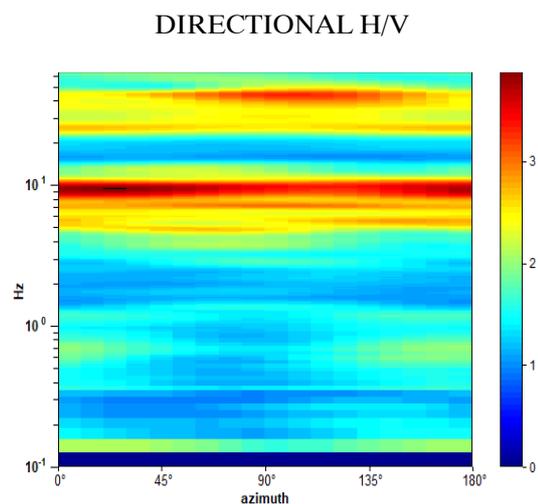


Figura 3

SINGLE COMPONENT SPECTRA

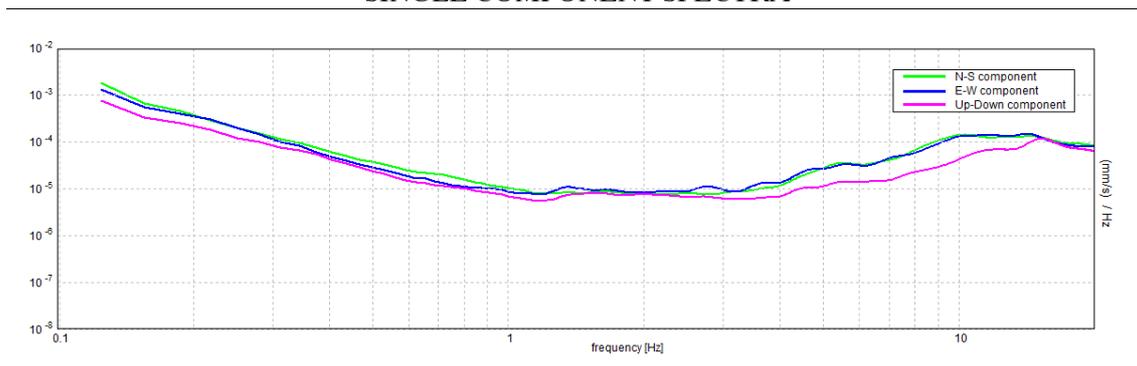


Figura 4

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

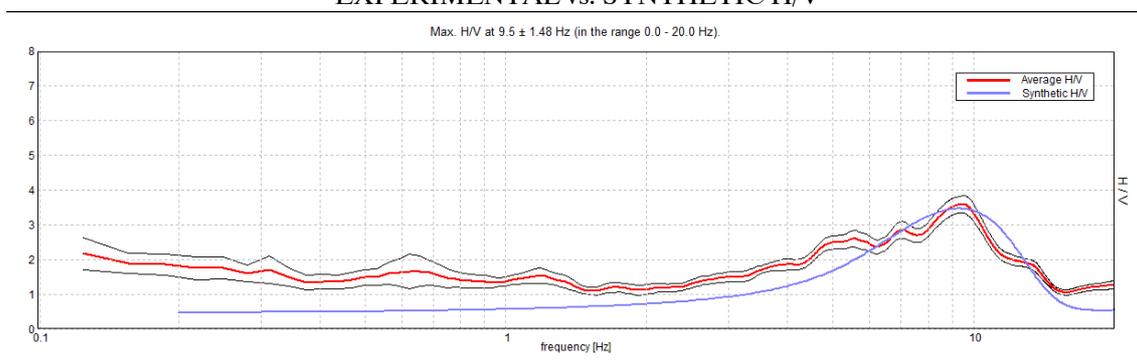


Figura 5

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	190	0.35
5.50	3.70	250	0.35
8.50	3.00	390	0.35
20.50	12.00	540	0.35
inf.	inf.	700	0.35

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=443m/s$

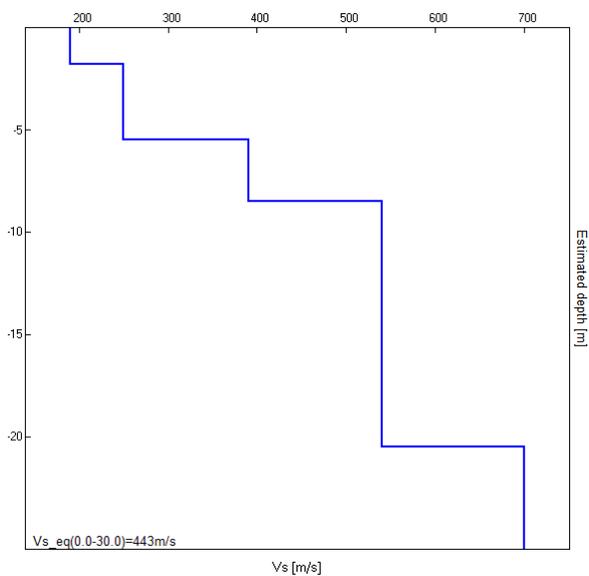


Figura 6

[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 9.5 ± 1.48 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	9.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7600.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 457 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.59 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15583 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.4804 < 0.475		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2477 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

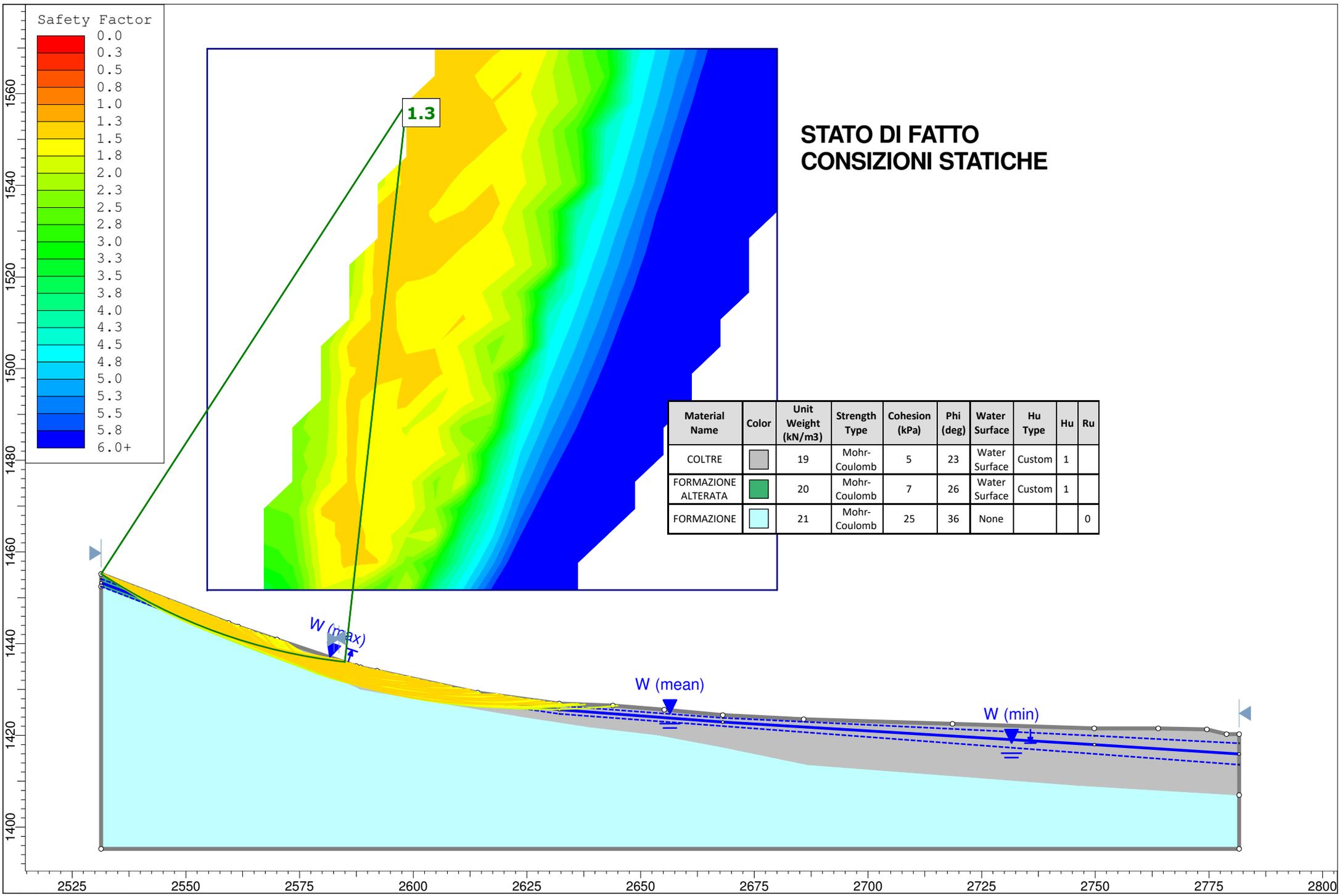
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

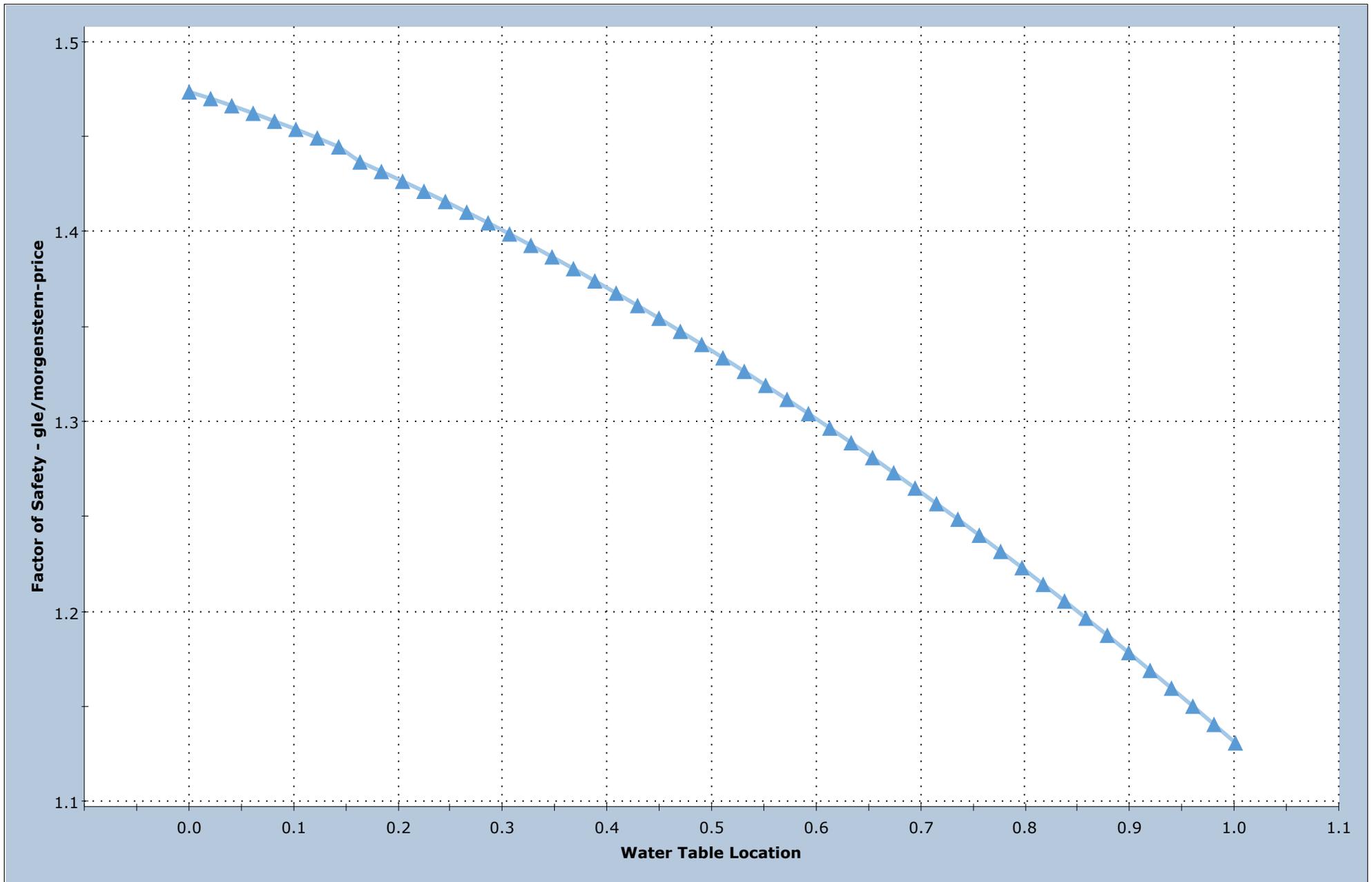
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO 3

VERIFICHE DI STABILITA'

TABULATI VERIFICHE DI STABILITA'





Water Table Location



STATO ATTUALE - CONDIZIONI STATICHE-FALDA
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 16/12/2022, 14:57:21
Software Version: 9.026

Table of Contents

Project Summary	3
General Settings	4
Design Standard	5
Analysis Options	6
Groundwater Analysis	7
Random Numbers	8
Surface Options	9
Seismic Loading	10
Materials	11
Probabilistic Input Data	12
General Settings	12
Variables	12
Global Minimums	13
Method: gle/morgenstern-price	13
Slice Data	14
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.33735	14
Interslice Data	17
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.33735	17
Entity Information	18
Group 1	18
Shared Entities	18
Scenario-based Entities	18

Slide2 Analysis Information

STATO ATTUALE - CONDIZIONI STATICHE-FALDA

Project Summary

File Name:	STATO ATTUALE - CONDIZIONI STATICHE-FALDA.slmd
Slide2 Modeler Version:	9.026
Compute Time:	00h:00m:00.196s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	16/12/2022, 14:57:21

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)
Name:	DM2018 - Combinazione 2 A2+M2+R2
Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes
Eliminate vertical segments in non-circular search	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Materials

COLTRE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	23
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

FORMAZIONE ALTERATA

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	7
Friction Angle [deg]	26
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

FORMAZIONE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	25
Friction Angle [deg]	36
Water Surface	None
Ru Value	0

Probabilistic Input Data

General Settings

Sensitivity Analysis:	On
Probabilistic Analysis:	Off
Spatial Variability Analysis:	Off

Variables

Variable	Distribution	Normalized Mean
Water Table Location	Normal	0.5
Deterministic water table is used as: Minimum		

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price

	FS	1.337350
Center:		2598.535, 1557.982
Radius:		122.765
Left Slip Surface Endpoint:		2531.362, 1455.225
Right Slip Surface Endpoint:		2584.956, 1435.970
Resisting Moment:		119755 kN-m
Driving Moment:		89546.4 kN-m
Resisting Horizontal Force:		914.047 kN
Driving Horizontal Force:		683.476 kN
Total Slice Area:		109.533 m ²
Surface Horizontal Width:		53.5939 m
Surface Average Height:		2.04375 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Slice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.33735

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	1.07951	3.0797	-32.8714	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	4.23878	5.66874	0.176162	0	0.176162	2.91535	2.91535
2	1.07951	9.06837	-32.2753	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	5.63932	7.54174	4.97645	0	4.97645	8.53807	8.53807
3	1.07951	14.7184	-31.6813	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	6.95614	9.3028	9.48981	0	9.48981	13.7829	13.7829
4	1.07951	20.0358	-31.0911	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	8.19276	10.9566	13.7283	0	13.7283	18.6687	18.6687
5	1.07951	25.0268	-30.5046	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	9.3526	12.5077	17.7036	0	17.7036	23.2137	23.2137
6	1.07951	29.6974	-29.9215	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	10.4389	13.9605	21.4268	0	21.4268	27.4347	27.4347
7	1.07951	34.053	-29.3419	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	11.4546	15.3189	24.9083	0	24.9083	31.3474	31.3474
8	1.07951	38.0993	-28.7655	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	12.4026	16.5866	28.1573	0	28.1573	34.9659	34.9659
9	1.08	41.8609	-28.1922	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	13.0604	17.4663	31.2685	0.856493	30.412	38.2691	37.4126
10	1.08	45.3065	-27.6218	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	13.4407	17.9749	34.2254	2.51014	31.7153	41.2585	38.7484
11	1.08	48.4569	-27.0544	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	13.7882	18.4397	36.9364	4.02976	32.9066	43.9784	39.9486
12	1.08	51.3168	-26.4898	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	14.1056	18.8641	39.4118	5.41741	33.9944	46.4415	41.024
13	1.08	53.8903	-25.928	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	14.3948	19.2509	41.6606	6.67504	34.9855	48.659	41.984

14	1.08	56.1817	-25.3688	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	14.6576	19.6023	43.6907	7.80451	35.8862	50.6409	42.8364
15	1.08	58.1949	-24.8122	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	14.8955	19.9205	45.5092	8.80763	36.7016	52.3958	43.5881
16	1.08	59.9336	-24.2581	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.1097	20.2069	47.1218	9.6861	37.4357	53.9307	44.2446
17	1.08	61.4015	-23.7065	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.3009	20.4627	48.5328	10.4416	38.0912	55.2515	44.8099
18	1.08	62.602	-23.1571	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.4699	20.6887	49.7461	11.0756	38.6705	56.3628	45.2872
19	1.08	63.5384	-22.61	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.6169	20.8853	50.764	11.5897	39.1743	57.2679	45.6782
20	1.08	64.2139	-22.065	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.7419	21.0524	51.588	11.9853	39.6027	57.9689	45.9836
21	1.4682	87.8913	-21.425	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.8579	21.2076	52.2896	12.2893	40.0003	58.5123	46.223
22	1.09793	65.8651	-20.7829	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.9482	21.3283	52.7668	12.457	40.3098	58.8195	46.3625
23	1.09793	65.6754	-20.2358	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.9966	21.393	52.938	12.4625	40.4755	58.835	46.3725
24	1.09793	65.2247	-19.6907	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.0193	21.4234	52.9049	12.3515	40.5534	58.6377	46.2862
25	1.09793	64.5156	-19.1473	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.0152	21.4179	52.6643	12.1249	40.5394	58.2249	46.1
26	1.09793	63.5982	-18.6058	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.9942	21.3899	52.2518	11.7842	40.4676	57.6362	45.852
27	1.09793	62.7286	-18.0659	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.0162	21.4193	51.8731	11.3302	40.5429	57.0975	45.7673
28	1.09793	61.7906	-17.5278	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.0519	21.467	51.4294	10.7642	40.6652	56.4991	45.7349
29	1.09793	61.2088	-16.9912	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.2031	21.6692	51.2705	10.087	41.1835	56.2216	46.1346
30	1.09793	60.4572	-16.4561	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.3411	21.8538	50.9563	9.29976	41.6565	55.7831	46.4833
31	1.09793	59.4611	-15.9225	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.4457	21.9936	50.4181	8.40326	42.0148	55.1097	46.7065
32	1.09793	58.2226	-15.3904	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.515	22.0863	49.6508	7.39843	42.2524	54.1968	46.7983

33	1.09793	56.7434	-14.8595	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.5474	22.1297	48.6497	6.28612	42.3635	53.0401	46.754
34	1.09793	55.0254	-14.33	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.5414	22.1216	47.41	5.06712	42.3429	51.6356	46.5685
35	1.09793	53.0704	-13.8018	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.4955	22.0602	45.9276	3.74221	42.1854	49.9798	46.2376
36	1.09793	50.6564	-13.2747	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.3523	21.8687	44.0069	2.31211	41.6948	47.8648	45.5527
37	1.09793	47.352	-12.7488	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	16.0012	21.3992	41.2689	0.777527	40.4914	44.8892	44.1117
38	0.232352	9.55531	-12.4306	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	15.6876	20.9798	39.4167	0	39.4167	42.8746	42.8746
39	1.06086	41.6569	-12.1218	COLTRE	4	18.7565	12.6028	16.8543	37.8537	0	37.8537	40.5605	40.5605
40	1.06086	38.9443	-11.6159	COLTRE	4	18.7565	12.0039	16.0534	35.4952	0	35.4952	37.9627	37.9627
41	1.06086	36.1501	-11.1109	COLTRE	4	18.7565	11.3776	15.2158	33.0285	0	33.0285	35.263	35.263
42	1.06086	33.1604	-10.6067	COLTRE	4	18.7565	10.698	14.307	30.3521	0	30.3521	32.3555	32.3555
43	1.06086	29.976	-10.1034	COLTRE	4	18.7565	9.96579	13.3277	27.4685	0	27.4685	29.2443	29.2443
44	1.06086	26.5979	-9.60086	COLTRE	4	18.7565	9.18179	12.2793	24.3809	0	24.3809	25.934	25.934
45	1.06086	23.0271	-9.09907	COLTRE	4	18.7565	8.347	11.1629	21.0933	0	21.0933	22.4301	22.4301
46	1.06086	19.2644	-8.59798	COLTRE	4	18.7565	7.46253	9.98002	17.6101	0	17.6101	18.7384	18.7384
47	1.06086	15.3104	-8.09756	COLTRE	4	18.7565	6.52967	8.73246	13.9362	0	13.9362	14.8653	14.8653
48	1.06086	11.1661	-7.59776	COLTRE	4	18.7565	5.5498	7.42203	10.0772	0	10.0772	10.8175	10.8175
49	1.06086	6.832	-7.09853	COLTRE	4	18.7565	4.52437	6.05066	6.03883	0	6.03883	6.60225	6.60225
50	1.06086	2.3088	-6.59985	COLTRE	4	18.7565	3.45489	4.62039	1.82694	0	1.82694	2.22668	2.22668

Interslice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.33735

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2531.36	1455.22	0	0	0
2	2532.44	1454.53	-4.45287	-0.0674439	0.867745
3	2533.52	1453.85	-7.14763	-0.216085	1.73162
4	2534.6	1453.18	-8.33432	-0.376679	2.58779
5	2535.68	1452.53	-8.24161	-0.49433	3.43248
6	2536.76	1451.89	-7.07827	-0.527496	4.26199
7	2537.84	1451.27	-5.03481	-0.446932	5.07276
8	2538.92	1450.66	-2.28491	-0.234565	5.86136
9	2540	1450.07	1.01315	0.117664	6.62447
10	2541.08	1449.49	5.00949	0.64701	7.3594
11	2542.16	1448.93	9.83574	1.39332	8.06281
12	2543.24	1448.38	15.318	2.35275	8.73204
13	2544.32	1447.84	21.2967	3.51211	9.36455
14	2545.4	1447.31	27.6253	4.85024	9.95806
15	2546.48	1446.8	34.1695	6.33937	10.5104
16	2547.56	1446.3	40.8059	7.94649	11.0198
17	2548.64	1445.81	47.4213	9.63462	11.4845
18	2549.72	1445.34	53.9124	11.3641	11.903
19	2550.8	1444.88	60.1844	13.0938	12.2741
20	2551.88	1444.43	66.1511	14.7823	12.5965
21	2552.96	1443.99	71.734	16.389	12.8694
22	2554.43	1443.41	78.5769	18.3715	13.1595
23	2555.52	1443	83.0546	19.6559	13.3148
24	2556.62	1442.59	86.9178	20.7336	13.4168
25	2557.72	1442.2	90.1171	21.5771	13.4651
26	2558.82	1441.82	92.6099	22.1647	13.4596
27	2559.92	1441.45	94.3627	22.4813	13.4005
28	2561.01	1441.09	95.3559	22.5199	13.2879
29	2562.11	1440.74	95.566	22.2776	13.122
30	2563.21	1440.41	94.9769	21.7584	12.9033
31	2564.31	1440.08	93.5612	20.9692	12.6325
32	2565.41	1439.77	91.2972	19.9235	12.3105
33	2566.5	1439.47	88.1707	18.6416	11.938
34	2567.6	1439.18	84.175	17.1507	11.5164
35	2568.7	1438.9	79.3112	15.484	11.047
36	2569.8	1438.63	73.5879	13.6802	10.5312
37	2570.9	1438.37	67.0334	11.7849	9.97107
38	2571.99	1438.12	59.7172	9.85215	9.36828
39	2572.23	1438.07	58.0909	9.44558	9.23547
40	2573.29	1437.84	53.3463	8.07431	8.60676
41	2574.35	1437.62	48.3524	6.74651	7.94308
42	2575.41	1437.41	43.1637	5.4887	7.24684
43	2576.47	1437.22	37.8447	4.32566	6.52063
44	2577.53	1437.03	32.4649	3.27892	5.76726
45	2578.59	1436.85	27.0995	2.36598	4.98968
46	2579.65	1436.68	21.8285	1.59954	4.19101
47	2580.71	1436.52	16.7366	0.986873	3.37454
48	2581.77	1436.37	11.9131	0.529232	2.54366
49	2582.83	1436.22	7.4516	0.221402	1.70187
50	2583.89	1436.09	3.44972	0.0513483	0.852772
51	2584.96	1435.97	0	0	0

Discharge Sections

Entity Information

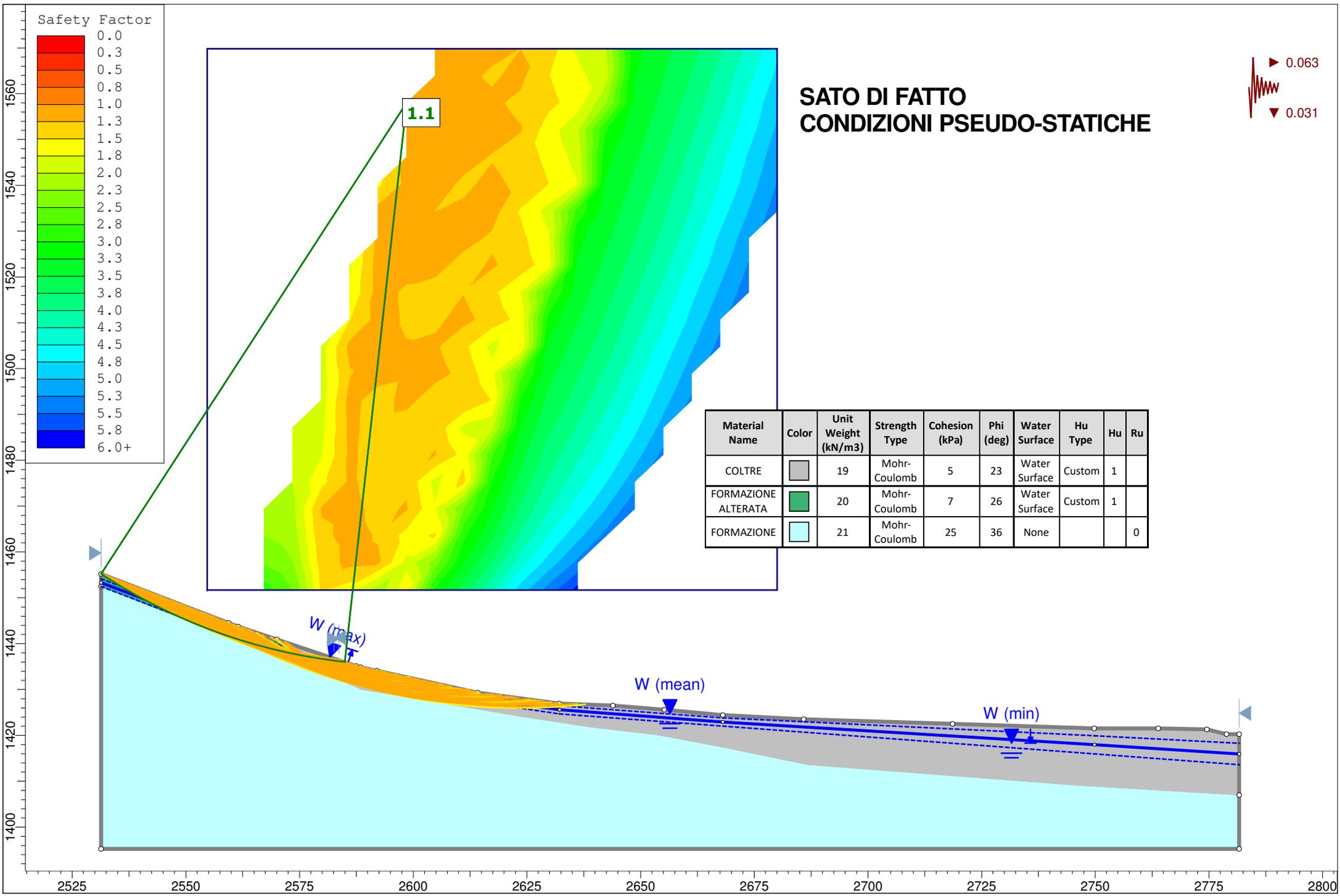
◆ **Group 1**

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	2778.85, 1420.27
	2774.55, 1421.32
	2763.85, 1421.52
	2749.75, 1421.52
	2718.6, 1422.52
	2685.85, 1423.52
	2668.05, 1424.43
	2655.21, 1425.62
	2643.91, 1426.52
	2632.11, 1426.93
	2614.19, 1429.32
	2592.05, 1434.06
	2588.41, 1434.85
	2587.47, 1435.14
	2570.01, 1440.93
	2561.49, 1443.75
	2559.38, 1444.52
2531.36, 1455.22	
2531.36, 1452.47	
2531.36, 1395.22	
2781.61, 1395.22	
2781.61, 1406.96	
2781.61, 1420.27	
Material Boundary	2531.36, 1452.47
	2578.57, 1433.94
	2588.41, 1430.05
	2623.95, 1424.07
	2638.82, 1421.82
	2653.76, 1420.08
	2668.09, 1417.43
	2686.67, 1413.6
	2746.1, 1409.09
2781.61, 1406.96	
Material Boundary	2570.01, 1440.93
	2572.76, 1438.46
	2570.84, 1438.66
	2579.65, 1434.91
	2577.27, 1435.06
2578.57, 1433.94	

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	2531.36, 1452.47 2577.27, 1435.06 2588.41, 1431.05 2632.19, 1424.71 2781.61, 1413.61	Assigned to:  COLTRE  FORMAZIONE ALTERATA
Maximum Water Table	2531.36, 1454.13 2571.94, 1439.19 2588.41, 1433.89 2614.19, 1428.75 2632.13, 1426.46 2668.07, 1423.81 2749.79, 1419.94 2781.61, 1418.27	
Minimum Water Table	2531.36, 1452.47 2577.27, 1435.06 2588.41, 1431.05 2632.19, 1424.71 2781.61, 1413.61	
Water Table	2531.36, 1453.3 2571.94, 1438.14 2577.27, 1436.27 2588.41, 1432.47 2588.41, 1432.47 2614.19, 1428.03 2632.13, 1425.59 2632.19, 1425.58 2668.07, 1422.93 2749.79, 1417.96 2781.61, 1415.94	



SATO DI FATTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

▶ 0.063
▼ 0.031

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu	Ru
COLTRE	Grey	19	Mohr-Coulomb	5	23	Water Surface	Custom	1	
FORMAZIONE ALTERATA	Green	20	Mohr-Coulomb	7	26	Water Surface	Custom	1	
FORMAZIONE	Light Blue	21	Mohr-Coulomb	25	36	None			0

1.1

W (max)

W (mean)

W (min)



STATO ATTUALE - CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE-FALDA

Slide2 - An Interactive Slope Stability Program

Date Created: 16/12/2022, 14:57:21

Software Version: 9.027

Table of Contents

Project Summary	3
General Settings	4
Design Standard	5
Analysis Options	6
Groundwater Analysis	7
Random Numbers	8
Surface Options	9
Seismic Loading	10
Materials	11
Probabilistic Input Data	12
General Settings	12
Variables	12
Global Minimums	13
Method: gle/morgenstern-price	13
Slice Data	14
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.11634	14
Interslice Data	17
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.11634	17
Entity Information	18
Group 1	18
Shared Entities	18
Scenario-based Entities	18

Slide2 Analysis Information

STATO ATTUALE - CONDIZIONI PSEUDO- STATICHE-FALDA

Project Summary

File Name:	STATO ATTUALE - CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE-FALDA.slmd
Slide2 Modeler Version:	9.027
Compute Time:	00h:00m:00.193s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	16/12/2022, 14:57:21

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)
Name:	DM2018 - Combinazione 2 A2+M2+R2
Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes
Eliminate vertical segments in non-circular search	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.063
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.031

Materials

COLTRE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	23
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

FORMAZIONE ALTERATA

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	7
Friction Angle [deg]	26
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

FORMAZIONE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	25
Friction Angle [deg]	36
Water Surface	None
Ru Value	0

Probabilistic Input Data

General Settings

Sensitivity Analysis:	On
Probabilistic Analysis:	Off
Spatial Variability Analysis:	Off

Variables

Variable	Distribution	Normalized Mean
Water Table Location	Normal	0.5
Deterministic water table is used as: Minimum		

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price

	FS	1.116340
Center:		2598.535, 1557.982
Radius:		122.765
Left Slip Surface Endpoint:		2531.362, 1455.225
Right Slip Surface Endpoint:		2584.956, 1435.970
Resisting Moment:		120451 kN-m
Driving Moment:		107898 kN-m
Resisting Horizontal Force:		920.477 kN
Driving Horizontal Force:		824.548 kN
Total Slice Area:		109.533 m ²
Surface Horizontal Width:		53.5939 m
Surface Average Height:		2.04375 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Slice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.11634

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	1.07951	3.0797	-32.8714	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	4.95188	5.52798	-0.184572	0	-0.184572	3.01543	3.01543
2	1.07951	9.06837	-32.2753	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	6.63768	7.40991	4.63859	0	4.63859	8.83076	8.83076
3	1.07951	14.7184	-31.6813	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	8.22456	9.1814	9.17866	0	9.17866	14.2545	14.2545
4	1.07951	20.0358	-31.0911	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	9.71636	10.8468	13.4468	0	13.4468	19.306	19.306
5	1.07951	25.0268	-30.5046	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	11.117	12.4103	17.4541	0	17.4541	24.0038	24.0038
6	1.07951	29.6974	-29.9215	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	12.4301	13.8763	21.211	0	21.211	28.3649	28.3649
7	1.07951	34.053	-29.3419	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	13.6592	15.2483	24.7274	0	24.7274	32.4058	32.4058
8	1.07951	38.0993	-28.7655	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	14.8073	16.53	28.0122	0	28.0122	36.141	36.141
9	1.08	41.8609	-28.1922	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	15.6133	17.4298	31.1748	0.856493	30.3183	39.5438	38.6873
10	1.08	45.3065	-27.6218	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	16.0909	17.9629	34.1947	2.51014	31.6846	42.6146	40.1045
11	1.08	48.4569	-27.0544	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	16.5273	18.4501	36.963	4.02976	32.9333	45.4039	41.3741
12	1.08	51.3168	-26.4898	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	16.9258	18.8949	39.4906	5.41741	34.0732	47.9257	42.5083
13	1.08	53.8903	-25.928	FORMAZI ONE ALTERATA	5.6	21.3151	17.2888	19.3002	41.7872	6.67504	35.1121	50.1926	43.5175

14	1.08	56.1817	-25.3688	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	17.619	19.6688	43.8611	7.80451	36.0566	52.2155	44.4109
15	1.08	58.1949	-24.8122	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	17.9181	20.0027	45.7199	8.80763	36.9123	54.0039	45.1963
16	1.08	59.9336	-24.2581	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	18.1877	20.3037	47.3699	9.6861	37.6838	55.566	45.8799
17	1.08	61.4015	-23.7065	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	18.4292	20.5733	48.8162	10.4416	38.3746	56.9086	46.467
18	1.08	62.602	-23.1571	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	18.6433	20.8123	50.0629	11.0756	38.9873	58.0369	46.9613
19	1.08	63.5384	-22.61	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	18.8306	21.0213	51.1127	11.5897	39.523	58.9549	47.3652
20	1.08	64.2139	-22.065	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	18.9911	21.2005	51.9674	11.9853	39.9821	59.6653	47.68
21	1.4682	87.8913	-21.425	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.1422	21.3692	52.7038	12.2893	40.4145	60.2152	47.9259
22	1.09793	65.8651	-20.7829	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.2623	21.5033	53.2153	12.457	40.7583	60.5258	48.0688
23	1.09793	65.6754	-20.2358	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.3301	21.579	53.4149	12.4625	40.9524	60.5407	48.0782
24	1.09793	65.2247	-19.6907	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.3669	21.6201	53.4091	12.3515	41.0576	60.3399	47.9884
25	1.09793	64.5156	-19.1473	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.3712	21.6249	53.1947	12.1249	41.0698	59.9206	47.7957
26	1.09793	63.5982	-18.6058	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.3549	21.6066	52.8073	11.7842	41.0231	59.3231	47.5389
27	1.09793	62.7286	-18.0659	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.3903	21.6462	52.4547	11.3302	41.1245	58.7796	47.4494
28	1.09793	61.7906	-17.5278	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.442	21.7039	52.0366	10.7642	41.2724	58.177	47.4128
29	1.09793	61.2088	-16.9912	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.6334	21.9175	51.9069	10.087	41.8199	57.9061	47.8191
30	1.09793	60.4572	-16.4561	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.8083	22.1128	51.6202	9.29976	42.3204	57.4712	48.1714
31	1.09793	59.4611	-15.9225	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.942	22.2621	51.1062	8.40326	42.703	56.7953	48.3921
32	1.09793	58.2226	-15.3904	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	20.0322	22.3627	50.3591	7.39843	42.9607	55.8732	48.4748

33	1.09793	56.7434	-14.8595	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	20.0763	22.412	49.3732	6.28612	43.0871	54.6999	48.4138
34	1.09793	55.0254	-14.33	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	20.0724	22.4076	48.143	5.06712	43.0759	53.2706	48.2034
35	1.09793	53.0704	-13.8018	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	20.0183	22.3472	46.6633	3.74221	42.9211	51.5809	47.8387
36	1.09793	50.6564	-13.2747	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.844	22.1526	44.7343	2.31211	42.4222	49.416	47.1039
37	1.09793	47.352	-12.7488	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.414	21.6726	41.9696	0.777527	41.1921	46.3621	45.5846
38	0.232352	9.55531	-12.4306	FORMAZI ONE ALTERAT A	5.6	21.3151	19.0308	21.2448	40.0957	0	40.0957	44.2905	44.2905
39	1.06086	41.6569	-12.1218	COLTRE	4	18.7565	15.3083	17.0893	38.5457	0	38.5457	41.8336	41.8336
40	1.06086	38.9443	-11.6159	COLTRE	4	18.7565	14.5844	16.2811	36.1654	0	36.1654	39.1634	39.1634
41	1.06086	36.1501	-11.1109	COLTRE	4	18.7565	13.8256	15.4341	33.6714	0	33.6714	36.3866	36.3866
42	1.06086	33.1604	-10.6067	COLTRE	4	18.7565	13.0007	14.5132	30.9595	0	30.9595	33.3941	33.3941
43	1.06086	29.976	-10.1034	COLTRE	4	18.7565	12.1102	13.5191	28.0321	0	28.0321	30.19	30.19
44	1.06086	26.5979	-9.60086	COLTRE	4	18.7565	11.155	12.4528	24.8919	0	24.8919	26.7788	26.7788
45	1.06086	23.0271	-9.09907	COLTRE	4	18.7565	10.1362	11.3154	21.5426	0	21.5426	23.166	23.166
46	1.06086	19.2644	-8.59798	COLTRE	4	18.7565	9.05502	10.1085	17.9883	0	17.9883	19.3574	19.3574
47	1.06086	15.3104	-8.09756	COLTRE	4	18.7565	7.91293	8.83352	14.2338	0	14.2338	15.3597	15.3597
48	1.06086	11.1661	-7.59776	COLTRE	4	18.7565	6.71151	7.49233	10.2843	0	10.2843	11.1795	11.1795
49	1.06086	6.832	-7.09853	COLTRE	4	18.7565	5.45246	6.0868	6.14526	0	6.14526	6.82425	6.82425
50	1.06086	2.3088	-6.59985	COLTRE	4	18.7565	4.13755	4.61891	1.82257	0	1.82257	2.30129	2.30129

Interslice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.11634

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2531.36	1455.22	0	0	0
2	2532.44	1454.53	-5.28026	-0.0799756	0.867744
3	2533.52	1453.85	-8.71174	-0.263371	1.73162
4	2534.6	1453.18	-10.5477	-0.476714	2.58778
5	2535.68	1452.53	-11.0206	-0.661012	3.43247
6	2536.76	1451.89	-10.3438	-0.770856	4.262
7	2537.84	1451.27	-8.71297	-0.773436	5.07276
8	2538.92	1450.66	-6.30719	-0.647486	5.86136
9	2540	1450.07	-3.29064	-0.382166	6.6245
10	2541.08	1449.49	0.531683	0.0686706	7.35941
11	2542.16	1448.93	5.3328	0.75544	8.06282
12	2543.24	1448.38	10.9245	1.67794	8.73206
13	2544.32	1447.84	17.133	2.82545	9.36452
14	2545.4	1447.31	23.7977	4.17821	9.95804
15	2546.48	1446.8	30.7704	5.70874	10.5104
16	2547.56	1446.3	37.9139	7.38332	11.0198
17	2548.64	1445.81	45.1018	9.16337	11.4845
18	2549.72	1445.34	52.2172	11.0068	11.9031
19	2550.8	1444.88	59.1524	12.8693	12.2741
20	2551.88	1444.43	65.8082	14.7057	12.5965
21	2552.96	1443.99	72.0938	16.4712	12.8694
22	2554.43	1443.41	79.8907	18.6787	13.1596
23	2555.52	1443	85.0662	20.132	13.3148
24	2556.62	1442.59	89.6001	21.3734	13.4167
25	2557.72	1442.2	93.4313	22.3706	13.465
26	2558.82	1441.82	96.5062	23.0973	13.4597
27	2559.92	1441.45	98.7815	23.5341	13.4006
28	2561.01	1441.09	100.231	23.6711	13.2878
29	2562.11	1440.74	100.822	23.5028	13.122
30	2563.21	1440.41	100.537	23.0321	12.9033
31	2564.31	1440.08	99.3384	22.264	12.6325
32	2565.41	1439.77	97.1974	21.211	12.3104
33	2566.5	1439.47	94.0915	19.8934	11.938
34	2567.6	1439.18	90.0071	18.339	11.5164
35	2568.7	1438.9	84.9388	16.5827	11.047
36	2569.8	1438.63	78.8897	14.6659	10.5313
37	2570.9	1438.37	71.8817	12.6372	9.97102
38	2571.99	1438.12	63.9758	10.5547	9.36825
39	2572.23	1438.07	62.2096	10.1153	9.23549
40	2573.29	1437.84	57.377	8.68438	8.60676
41	2574.35	1437.62	52.2454	7.2897	7.94309
42	2575.41	1437.41	46.8712	5.96015	7.24685
43	2576.47	1437.22	41.3192	4.7228	6.52063
44	2577.53	1437.03	35.6596	3.60159	5.76727
45	2578.59	1436.85	29.9684	2.61645	4.98967
46	2579.65	1436.68	24.3264	1.78258	4.19101
47	2580.71	1436.52	18.8195	1.10969	3.37453
48	2581.77	1436.37	13.5381	0.601422	2.54366
49	2582.83	1436.22	8.57702	0.25484	1.70187
50	2583.89	1436.09	4.03508	0.0600613	0.852772
51	2584.96	1435.97	0	0	0

Discharge Sections

Entity Information

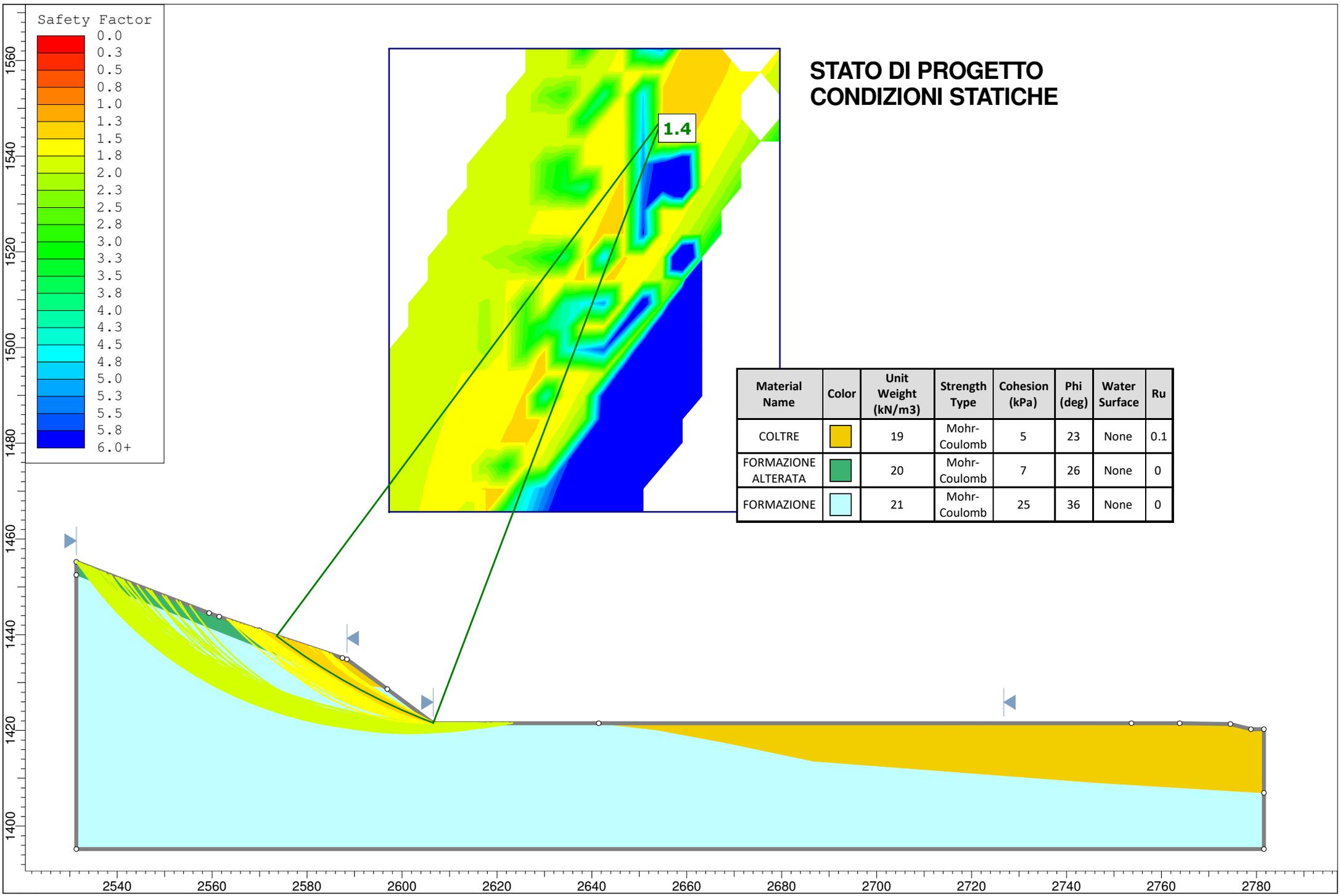
◆ **Group 1**

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	2778.85, 1420.27
	2774.55, 1421.32
	2763.85, 1421.52
	2749.75, 1421.52
	2718.6, 1422.52
	2685.85, 1423.52
	2668.05, 1424.43
	2655.21, 1425.62
	2643.91, 1426.52
	2632.11, 1426.93
	2614.19, 1429.32
	2592.05, 1434.06
	2588.41, 1434.85
	2587.47, 1435.14
	2570.01, 1440.93
	2561.49, 1443.75
	2559.38, 1444.52
2531.36, 1455.22	
2531.36, 1452.47	
2531.36, 1395.22	
2781.61, 1395.22	
2781.61, 1406.96	
2781.61, 1420.27	
Material Boundary	2531.36, 1452.47
	2578.57, 1433.94
	2588.41, 1430.05
	2623.95, 1424.07
	2638.82, 1421.82
	2653.76, 1420.08
	2668.09, 1417.43
	2686.67, 1413.6
	2746.1, 1409.09
2781.61, 1406.96	
Material Boundary	2570.01, 1440.93
	2572.76, 1438.46
	2570.84, 1438.66
	2579.65, 1434.91
	2577.27, 1435.06
2578.57, 1433.94	

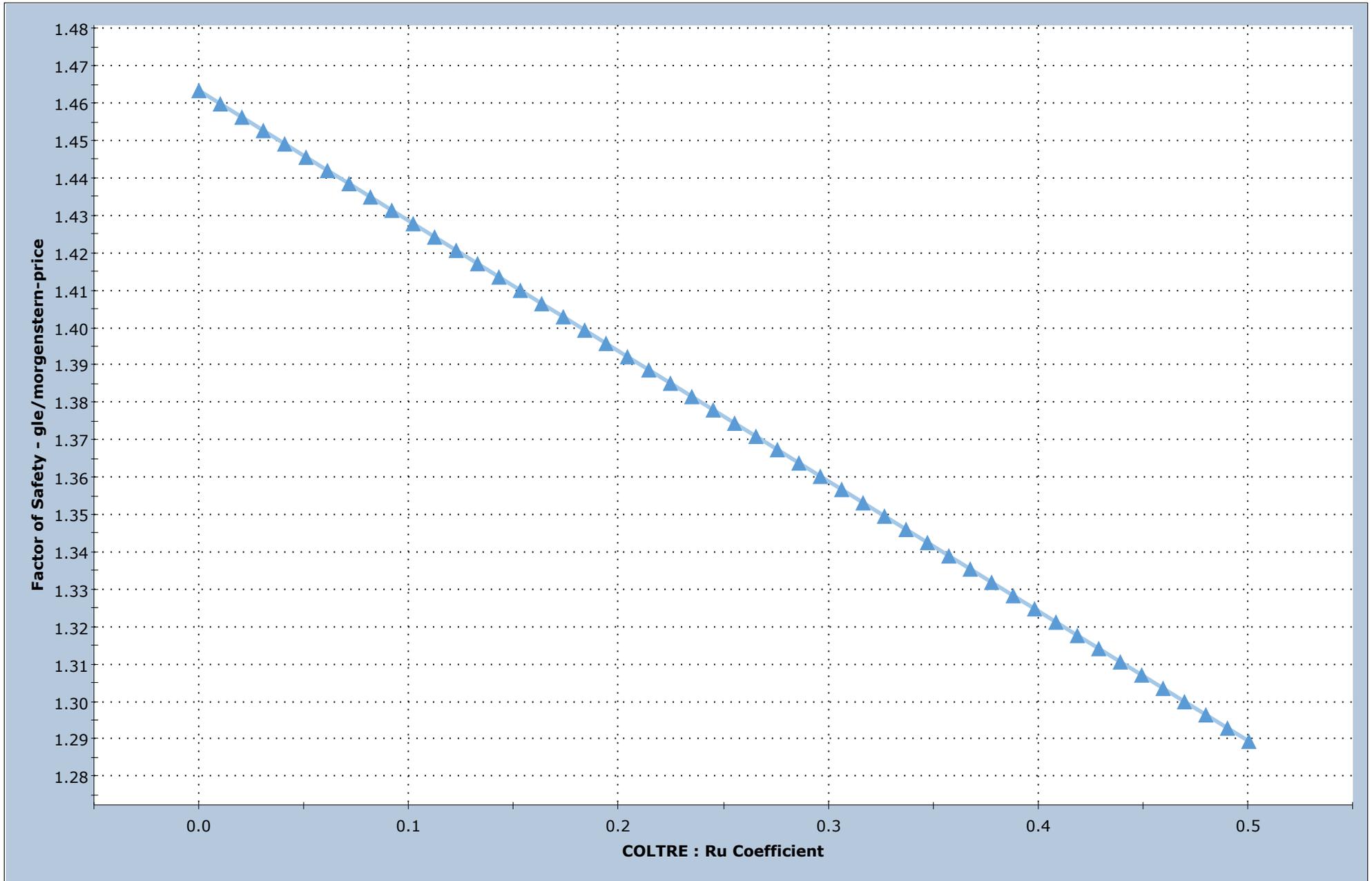
Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	2531.36, 1452.47 2577.27, 1435.06 2588.41, 1431.05 2632.19, 1424.71 2781.61, 1413.61	Assigned to:  COLTRE  FORMAZIONE ALTERATA
Maximum Water Table	2531.36, 1454.13 2571.94, 1439.19 2588.41, 1433.89 2614.19, 1428.75 2632.13, 1426.46 2668.07, 1423.81 2749.79, 1419.94 2781.61, 1418.27	
Minimum Water Table	2531.36, 1452.47 2577.27, 1435.06 2588.41, 1431.05 2632.19, 1424.71 2781.61, 1413.61	
Water Table	2531.36, 1453.3 2571.94, 1438.14 2577.27, 1436.27 2588.41, 1432.47 2588.41, 1432.47 2614.19, 1428.03 2632.13, 1425.59 2632.19, 1425.58 2668.07, 1422.93 2749.79, 1417.96 2781.61, 1415.94	



**STATO DI PROGETTO
CONDIZIONI STATICHE**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
COLTRE		19	Mohr-Coulomb	5	23	None	0.1
FORMAZIONE ALTERATA		20	Mohr-Coulomb	7	26	None	0
FORMAZIONE		21	Mohr-Coulomb	25	36	None	0



COLTRE : Ru Coefficient



STATO DI PROGETTO - CONDIZIONI STATICHE
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 16/12/2022, 14:57:21
Software Version: 9.026

Table of Contents

Project Summary	3
General Settings	4
Design Standard	5
Analysis Options	6
Groundwater Analysis	7
Random Numbers	8
Surface Options	9
Seismic Loading	10
Materials	11
Global Minimums	12
Method: gle/morgenstern-price	12
Slice Data	13
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.42861	13
Interslice Data	15
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.42861	15
Entity Information	16
Group 1	16
Shared Entities	16

Slide2 Analysis Information

STATO DI PROGETTO - CONDIZIONI STATICHE

Project Summary

File Name:	STATO DI PROGETTO - CONDIZIONI STATICHE.slmd
Slide2 Modeler Version:	9.026
Compute Time:	00h:00m:00.182s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	16/12/2022, 14:57:21

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)
Name:	DM2018 - Combinazione 2 A2+M2+R2
Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes
Eliminate vertical segments in non-circular search	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:

Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]:

Advanced Groundwater Method:

Ru Coefficient

9.81

None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Materials

COLTRE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	23
Ru Value	0.1

FORMAZIONE ALTERATA

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	7
Friction Angle [deg]	26
Ru Value	0
Ru Value	0

FORMAZIONE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	25
Friction Angle [deg]	36
Ru Value	0
Ru Value	0

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price

	FS	1.428610
Center:		2654.903, 1547.931
Radius:		135.340
Left Slip Surface Endpoint:		2573.594, 1439.738
Right Slip Surface Endpoint:		2606.569, 1421.516
Resisting Moment:		159387 kN-m
Driving Moment:		111568 kN-m
Resisting Horizontal Force:		1046.59 kN
Driving Horizontal Force:		732.595 kN
Total Slice Area:		87.3702 m ²
Surface Horizontal Width:		32.975 m
Surface Average Height:		2.64959 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Slice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.42861

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.672649	1.78396	-36.7481	COLTRE	4	18.7565	2.87741	4.11069	0.591185	0.265215	0.32597	2.7397	2.47448
2	0.672649	5.31065	-36.3935	COLTRE	4	18.7565	3.83789	5.48285	5.15622	0.789513	4.36671	7.98509	7.19558
3	0.672649	8.75541	-36.0405	COLTRE	4	18.7565	4.73208	6.7603	9.43019	1.30163	8.12856	12.8734	11.5717
4	0.672649	12.1194	-35.6891	COLTRE	4	18.7565	5.56682	7.95281	13.442	1.80174	11.6403	17.4406	15.6388
5	0.672649	15.4035	-35.3393	COLTRE	4	18.7565	6.34865	9.06974	17.2194	2.28998	14.9294	21.7211	19.4311
6	0.672649	18.609	-34.9909	COLTRE	4	18.7565	7.08377	10.1199	20.7886	2.76653	18.022	25.747	22.9805
7	0.672649	21.7368	-34.6441	COLTRE	4	18.7565	7.77803	11.1118	24.1744	3.23152	20.9429	29.549	26.3174
8	0.672649	24.7878	-34.2987	COLTRE	4	18.7565	8.43698	12.0532	27.4002	3.6851	23.7151	33.1552	29.4701
9	0.672649	27.763	-33.9547	COLTRE	4	18.7565	9.06581	12.9515	30.488	4.12742	26.3606	36.5925	32.4651
10	0.672649	30.6634	-33.612	COLTRE	4	18.7565	9.66946	13.8139	33.4587	4.5586	28.9001	39.886	35.3274
11	0.672649	33.4898	-33.2708	COLTRE	4	18.7565	10.2526	14.6469	36.332	4.97879	31.3532	43.0592	38.0804
12	0.672649	36.2431	-32.9308	COLTRE	4	18.7565	10.8195	15.4568	39.1263	5.38811	33.7382	46.134	40.7459
13	0.672649	38.9241	-32.5922	COLTRE	4	18.7565	11.3744	16.2496	41.8594	5.78669	36.0727	49.1315	43.3448
14	0.672649	41.5337	-32.2548	COLTRE	4	18.7565	11.9212	17.0307	44.5476	6.17464	38.373	52.0707	45.8961
15	0.672649	44.0726	-31.9187	COLTRE	4	18.7565	12.4635	17.8055	47.2066	6.55209	40.6545	54.9701	48.418
16	0.672649	46.5416	-31.5839	COLTRE	4	18.7565	13.0048	18.5788	49.8509	6.91916	42.9318	57.8465	50.9273
17	0.672649	48.9416	-31.2502	COLTRE	4	18.7565	13.5483	19.3552	52.4942	7.27594	45.2183	60.7156	53.4396
18	0.672649	51.2731	-30.9177	COLTRE	4	18.7565	14.097	20.1391	55.1491	7.62257	47.5265	63.5918	55.9693
19	0.672649	53.537	-30.5863	COLTRE	4	18.7565	14.6535	20.9342	57.8271	7.95913	49.868	66.4885	58.5293
20	0.672649	55.7339	-30.2561	COLTRE	4	18.7565	15.2205	21.7441	60.5387	8.28573	52.253	69.4172	61.1314
21	0.672649	57.8834	-29.9269	COLTRE	4	18.7565	15.8043	22.5782	63.3146	8.60529	54.7093	72.4123	63.807
22	0.672649	60.1697	-29.5989	COLTRE	4	18.7565	16.4498	23.5003	66.3699	8.94518	57.4247	75.7143	66.7691
23	0.649167	58.7432	-29.2776	FORMAZI ONE	20	30.1666	41.6244	59.465	67.8987	0	67.8987	91.2358	91.2358
24	0.649167	57.651	-28.963	FORMAZI ONE	20	30.1666	41.4772	59.2548	67.5369	0	67.5369	90.4932	90.4932
25	0.649167	56.494	-28.6494	FORMAZI ONE	20	30.1666	41.2891	58.986	67.0746	0	67.0746	89.6324	89.6324
26	0.649167	55.2743	-28.3367	FORMAZI ONE	20	30.1666	41.0573	58.6549	66.5049	0	66.5049	88.6459	88.6459
27	0.649167	53.9923	-28.0249	FORMAZI ONE	20	30.1666	40.7787	58.2568	65.8199	0	65.8199	87.5251	87.5251
28	0.649167	52.6485	-27.714	FORMAZI ONE	20	30.1666	40.4497	57.7869	65.0116	0	65.0116	86.2608	86.2608
29	0.649167	51.2436	-27.404	FORMAZI ONE	20	30.1666	40.0675	57.2408	64.0719	0	64.0719	84.8444	84.8444
30	0.649167	49.778	-27.0949	FORMAZI ONE	20	30.1666	39.6286	56.6138	62.9933	0	62.9933	83.2678	83.2678
31	0.649167	48.2523	-26.7866	FORMAZI ONE	20	30.1666	39.1302	55.9018	61.7682	0	61.7682	81.5228	81.5228
32	0.649167	46.6669	-26.4792	FORMAZI ONE	20	30.1666	38.5694	55.1007	60.3899	0	60.3899	79.6024	79.6024
33	0.649167	45.0223	-26.1725	FORMAZI ONE	20	30.1666	37.9437	54.2068	58.8521	0	58.8521	77.5001	77.5001
34	0.649167	43.3189	-25.8667	FORMAZI ONE	20	30.1666	37.2508	53.2169	57.1489	0	57.1489	75.2102	75.2102
35	0.649167	41.5573	-25.5617	FORMAZI ONE	20	30.1666	36.4887	52.1281	55.2756	0	55.2756	72.7281	72.7281
36	0.649167	39.54	-25.2574	FORMAZI ONE	20	30.1666	35.554	50.7928	52.9782	0	52.9782	69.7522	69.7522
37	0.649167	37.1879	-24.9539	FORMAZI ONE	20	30.1666	34.4027	49.1481	50.1487	0	50.1487	66.1573	66.1573

38	0.649167	34.777	-24.6512	FORMAZI ONE	20	30.1666	33.1749	47.394	47.1309	0	47.1309	62.3554	62.3554
39	0.649167	32.3095	-24.3492	FORMAZI ONE	20	30.1666	31.8714	45.5318	43.9268	0	43.9268	58.3503	58.3503
40	0.649167	29.786	-24.0479	FORMAZI ONE	20	30.1666	30.4926	43.5621	40.538	0	40.538	54.1447	54.1447
41	0.649167	27.2066	-23.7473	FORMAZI ONE	20	30.1666	29.0398	41.4866	36.9672	0	36.9672	49.7433	49.7433
42	0.649167	24.5719	-23.4474	FORMAZI ONE	20	30.1666	27.5147	39.3078	33.2187	0	33.2187	45.1524	45.1524
43	0.649167	21.8823	-23.1481	FORMAZI ONE	20	30.1666	25.9197	37.0291	29.2982	0	29.2982	40.3796	40.3796
44	0.649167	19.138	-22.8496	FORMAZI ONE	20	30.1666	24.2576	34.6546	25.2128	0	25.2128	35.4345	35.4345
45	0.649167	16.3395	-22.5517	FORMAZI ONE	20	30.1666	22.5319	32.1893	20.9715	0	20.9715	30.3283	30.3283
46	0.649167	13.4871	-22.2544	FORMAZI ONE	20	30.1666	20.7468	29.639	16.5838	0	16.5838	25.0734	25.0734
47	0.649167	10.5812	-21.9578	FORMAZI ONE	20	30.1666	18.9066	27.0101	12.0607	0	12.0607	19.6833	19.6833
48	0.649167	7.62202	-21.6618	FORMAZI ONE	20	30.1666	17.0162	24.3095	7.41438	0	7.41438	14.1728	14.1728
49	0.649167	4.60999	-21.3664	FORMAZI ONE	20	30.1666	15.0808	21.5446	2.65748	0	2.65748	8.55738	8.55738
50	0.649167	1.5454	-21.0716	FORMAZI ONE	20	30.1666	13.1059	18.7232	-2.19664	0	-2.19664	2.85304	2.85304

Interslice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.42861

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2573.59	1439.74	0	0	0
2	2574.27	1439.24	-1.63969	-0.059686	2.08469
3	2574.94	1438.74	-1.66629	-0.121059	4.15534
4	2575.61	1438.25	-0.235706	-0.0255989	6.19833
5	2576.28	1437.77	2.51217	0.362034	8.20055
6	2576.96	1437.29	6.45215	1.15512	10.1501
7	2577.63	1436.82	11.4725	2.44603	12.0357
8	2578.3	1436.36	17.4737	4.3075	13.8481
9	2578.98	1435.9	24.3671	6.79373	15.5789
10	2579.65	1435.44	32.0745	9.94166	17.2211
11	2580.32	1435	40.5263	13.7721	18.7694
12	2580.99	1434.55	49.6612	18.2908	20.2193
13	2581.67	1434.12	59.4254	23.4898	21.568
14	2582.34	1433.69	69.7715	29.3478	22.813
15	2583.01	1433.26	80.6581	35.8321	23.953
16	2583.68	1432.85	92.0488	42.8986	24.9875
17	2584.36	1432.43	103.912	50.4934	25.9163
18	2585.03	1432.02	116.221	58.5532	26.7394
19	2585.7	1431.62	128.95	67.0061	27.4577
20	2586.37	1431.22	142.079	75.7727	28.0716
21	2587.05	1430.83	155.588	84.7662	28.5821
22	2587.72	1430.44	169.467	93.8969	28.9896
23	2588.39	1430.06	183.756	103.097	29.2948
24	2589.04	1429.7	181.432	102.62	29.493
25	2589.69	1429.34	178.756	101.534	29.5967
26	2590.34	1428.98	175.725	99.8521	29.6065
27	2590.99	1428.63	172.339	97.5914	29.5218
28	2591.64	1428.29	168.594	94.7768	29.343
29	2592.29	1427.95	164.49	91.4392	29.0695
30	2592.94	1427.61	160.028	87.6159	28.7009
31	2593.59	1427.28	155.209	83.35	28.2366
32	2594.23	1426.95	150.035	78.6904	27.6761
33	2594.88	1426.63	144.511	73.6911	27.0186
34	2595.53	1426.31	138.641	68.4111	26.2636
35	2596.18	1425.99	132.433	62.9134	25.4104
36	2596.83	1425.68	125.894	57.2645	24.459
37	2597.48	1425.38	119.026	51.5293	23.409
38	2598.13	1425.07	111.828	45.775	22.261
39	2598.78	1424.78	104.321	40.0774	21.0155
40	2599.43	1424.48	96.5236	34.5119	19.6745
41	2600.08	1424.19	88.4602	29.1524	18.2398
42	2600.73	1423.91	80.1554	24.0707	16.715
43	2601.38	1423.63	71.6362	19.3345	15.1042
44	2602.02	1423.35	62.9316	15.0069	13.4125
45	2602.67	1423.08	54.072	11.1452	11.6466
46	2603.32	1422.81	45.09	7.79978	9.81405
47	2603.97	1422.54	36.0193	5.0134	7.92389
48	2604.62	1422.28	26.8952	2.82018	5.98605
49	2605.27	1422.02	17.754	1.24507	4.01153
50	2605.92	1421.77	8.63323	0.3033	2.01207
51	2606.57	1421.52	0	0	0

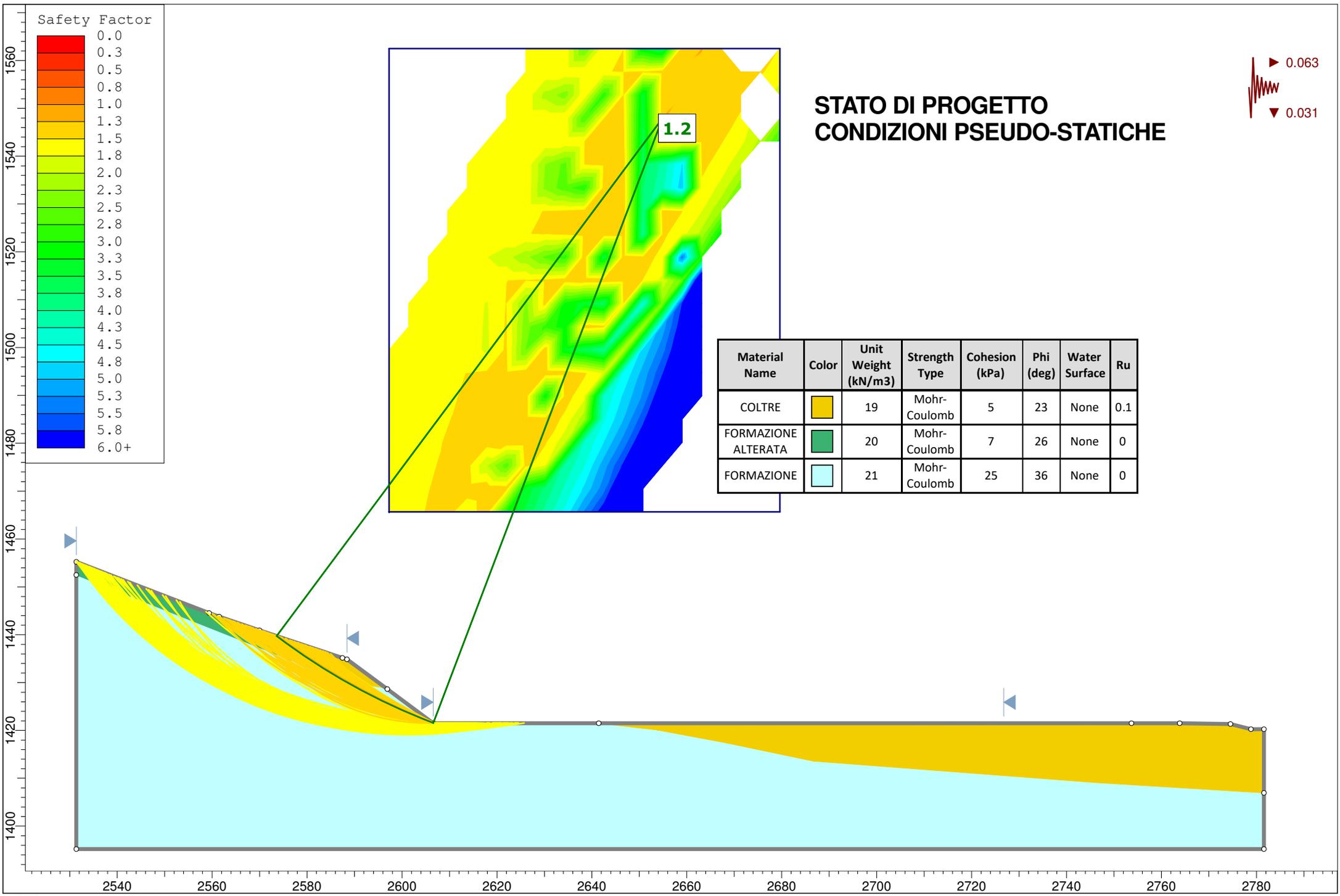
Discharge Sections

Entity Information

◆ **Group 1**

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	2778.85, 1420.27
	2774.55, 1421.32
	2763.85, 1421.52
	2753.7, 1421.52
	2641.45, 1421.52
	2606.57, 1421.52
	2596.89, 1428.63
	2588.41, 1434.85
	2587.47, 1435.14
	2570.01, 1440.93
	2561.49, 1443.75
	2559.38, 1444.52
	2531.36, 1455.22
	2531.36, 1452.47
	2531.36, 1395.22
2781.61, 1395.22	
2781.61, 1406.96	
2781.61, 1420.27	
Material Boundary	2531.36, 1452.47
	2578.61, 1433.9
	2588.41, 1430.05
	2596.89, 1428.63
Material Boundary	2570.01, 1440.93
	2572.76, 1438.46
	2570.84, 1438.66
	2579.65, 1434.91
	2577.27, 1435.06
	2578.61, 1433.9
Material Boundary	2641.45, 1421.52
	2653.76, 1420.08
	2668.09, 1417.43
	2686.67, 1413.6
	2746.1, 1409.09
	2781.61, 1406.96



**STATO DI PROGETTO
CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE**



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
COLTRE	■	19	Mohr-Coulomb	5	23	None	0.1
FORMAZIONE ALTERATA	■	20	Mohr-Coulomb	7	26	None	0
FORMAZIONE	■	21	Mohr-Coulomb	25	36	None	0



STATO DI PROGETTO - CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

Slide2 - An Interactive Slope Stability Program

Date Created: 16/12/2022, 14:57:21

Software Version: 9.027

Table of Contents

Project Summary	3
General Settings	4
Design Standard	5
Analysis Options	6
Groundwater Analysis	7
Random Numbers	8
Surface Options	9
Seismic Loading	10
Materials	11
Global Minimums	12
Method: gle/morgenstern-price	12
Slice Data	13
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.24662	13
Interslice Data	15
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.24662	15
Entity Information	16
Group 1	16
Shared Entities	16

Slide2 Analysis Information

STATO DI PROGETTO - CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

Project Summary

File Name:	STATO DI PROGETTO - CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE.slmd
Slide2 Modeler Version:	9.027
Compute Time:	00h:00m:00.163s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	16/12/2022, 14:57:21

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)
Name:	DM2018 - Combinazione 2 A2+M2+R2
Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes
Eliminate vertical segments in non-circular search	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Ru Coefficient
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.063
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.031

Materials

COLTRE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	23
Ru Value	0.1

FORMAZIONE ALTERATA

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	7
Friction Angle [deg]	26
Ru Value	0
Ru Value	0

FORMAZIONE

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	25
Friction Angle [deg]	36
Ru Value	0
Ru Value	0

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price

	FS	1.246620
Center:		2654.903, 1547.931
Radius:		135.340
Left Slip Surface Endpoint:		2573.594, 1439.738
Right Slip Surface Endpoint:		2606.569, 1421.516
Resisting Moment:		159136 kN-m
Driving Moment:		127654 kN-m
Resisting Horizontal Force:		1046.47 kN
Driving Horizontal Force:		839.45 kN
Total Slice Area:		87.3702 m ²
Surface Horizontal Width:		32.975 m
Surface Average Height:		2.64959 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Slice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.24662

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.672649	1.78396	-36.7481	COLTRE	4	18.7565	3.24791	4.04891	0.409241	0.265215	0.144026	2.8344	2.56918
2	0.672649	5.31065	-36.3935	COLTRE	4	18.7565	4.36479	5.44124	5.03369	0.789513	4.24418	8.25093	7.46142
3	0.672649	8.75541	-36.0405	COLTRE	4	18.7565	5.40178	6.73397	9.35267	1.30163	8.05104	13.2831	11.9815
4	0.672649	12.1194	-35.6891	COLTRE	4	18.7565	6.36677	7.93694	13.3953	1.80174	11.5935	17.9684	16.1667
5	0.672649	15.4035	-35.3393	COLTRE	4	18.7565	7.26736	9.05964	17.1897	2.28998	14.8997	22.3428	20.0528
6	0.672649	18.609	-34.9909	COLTRE	4	18.7565	8.11091	10.1112	20.763	2.76653	17.9965	26.4404	23.6739
7	0.672649	21.7368	-34.6441	COLTRE	4	18.7565	8.90441	11.1004	24.1409	3.23152	20.9094	30.2938	27.0622
8	0.672649	24.7878	-34.2987	COLTRE	4	18.7565	9.65457	12.0356	27.3484	3.6851	23.6633	33.9339	30.2488
9	0.672649	27.763	-33.9547	COLTRE	4	18.7565	10.3678	12.9246	30.4088	4.12742	26.2814	37.39	33.2626
10	0.672649	30.6634	-33.612	COLTRE	4	18.7565	11.05	13.7752	33.3448	4.5586	28.7862	40.6898	36.1312
11	0.672649	33.4898	-33.2708	COLTRE	4	18.7565	11.7073	14.5945	36.1775	4.97879	31.1987	43.8592	38.8804
12	0.672649	36.2431	-32.9308	COLTRE	4	18.7565	12.3448	15.3893	38.9274	5.38811	33.5393	46.9231	41.535
13	0.672649	38.9241	-32.5922	COLTRE	4	18.7565	12.968	16.1662	41.6138	5.78669	35.8271	49.9047	44.118
14	0.672649	41.5337	-32.2548	COLTRE	4	18.7565	13.5818	16.9314	44.2552	6.17464	38.0805	52.8263	46.6516
15	0.672649	44.0726	-31.9187	COLTRE	4	18.7565	14.1909	17.6907	46.8688	6.55209	40.3167	55.7083	49.1562
16	0.672649	46.5416	-31.5839	COLTRE	4	18.7565	14.7999	18.4498	49.4711	6.91916	42.5519	58.5703	51.6511
17	0.672649	48.9416	-31.2502	COLTRE	4	18.7565	15.4126	19.2137	52.0776	7.27594	44.8017	61.4303	54.1543
18	0.672649	51.2731	-30.9177	COLTRE	4	18.7565	16.0334	19.9875	54.7028	7.62257	47.0802	64.3053	56.6827
19	0.672649	53.537	-30.5863	COLTRE	4	18.7565	16.6655	20.7755	57.3599	7.95913	49.4007	67.2104	59.2513
20	0.672649	55.7339	-30.2561	COLTRE	4	18.7565	17.3124	21.582	60.0614	8.28573	51.7756	70.1601	61.8744
21	0.672649	57.8834	-29.9269	COLTRE	4	18.7565	17.9821	22.4168	62.8394	8.60529	54.2341	73.1908	64.5855
22	0.672649	60.1697	-29.5989	COLTRE	4	18.7565	18.7259	23.3441	65.91	8.94518	56.9648	76.5473	67.6021
23	0.649167	58.7432	-29.2776	FORMAZI ONE	20	30.1666	47.5015	59.2163	67.4708	0	67.4708	94.103	94.103
24	0.649167	57.651	-28.963	FORMAZI ONE	20	30.1666	47.3776	59.0619	67.2051	0	67.2051	93.427	93.427
25	0.649167	56.494	-28.6494	FORMAZI ONE	20	30.1666	47.2064	58.8485	66.8381	0	66.8381	92.6287	92.6287
26	0.649167	55.2743	-28.3367	FORMAZI ONE	20	30.1666	46.9846	58.5719	66.362	0	66.362	91.6994	91.6994
27	0.649167	53.9923	-28.0249	FORMAZI ONE	20	30.1666	46.7075	58.2265	65.7678	0	65.7678	90.6287	90.6287
28	0.649167	52.6485	-27.714	FORMAZI ONE	20	30.1666	46.3711	57.8071	65.0463	0	65.0463	89.4061	89.4061
29	0.649167	51.2436	-27.404	FORMAZI ONE	20	30.1666	45.9709	57.3083	64.1881	0	64.1881	88.0213	88.0213
30	0.649167	49.778	-27.0949	FORMAZI ONE	20	30.1666	45.503	56.725	63.1846	0	63.1846	86.4645	86.4645
31	0.649167	48.2523	-26.7866	FORMAZI ONE	20	30.1666	44.9635	56.0524	62.0273	0	62.0273	84.7268	84.7268
32	0.649167	46.6669	-26.4792	FORMAZI ONE	20	30.1666	44.3485	55.2857	60.7082	0	60.7082	82.7994	82.7994
33	0.649167	45.0223	-26.1725	FORMAZI ONE	20	30.1666	43.6546	54.4207	59.22	0	59.22	80.6747	80.6747
34	0.649167	43.3189	-25.8667	FORMAZI ONE	20	30.1666	42.8789	53.4537	57.5563	0	57.5563	78.3464	78.3464
35	0.649167	41.5573	-25.5617	FORMAZI ONE	20	30.1666	42.0187	52.3814	55.7116	0	55.7116	75.809	75.809
36	0.649167	39.54	-25.2574	FORMAZI ONE	20	30.1666	40.9555	51.0559	53.431	0	53.431	72.7533	72.7533
37	0.649167	37.1879	-24.9539	FORMAZI ONE	20	30.1666	39.6379	49.4134	50.6051	0	50.6051	69.0498	69.0498

38	0.649167	34.777	-24.6512	FORMAZI ONE	20	30.1666	38.2266	47.6541	47.5782	0	47.5782	65.121	65.121
39	0.649167	32.3095	-24.3492	FORMAZI ONE	20	30.1666	36.7226	45.7791	44.3523	0	44.3523	60.9712	60.9712
40	0.649167	29.786	-24.0479	FORMAZI ONE	20	30.1666	35.1264	43.7893	40.9291	0	40.9291	56.6035	56.6035
41	0.649167	27.2066	-23.7473	FORMAZI ONE	20	30.1666	33.4398	41.6867	37.3113	0	37.3113	52.0233	52.0233
42	0.649167	24.5719	-23.4474	FORMAZI ONE	20	30.1666	31.6647	39.4739	33.5044	0	33.5044	47.2381	47.2381
43	0.649167	21.8823	-23.1481	FORMAZI ONE	20	30.1666	29.8044	37.1548	29.5143	0	29.5143	42.2566	42.2566
44	0.649167	19.138	-22.8496	FORMAZI ONE	20	30.1666	27.8625	34.7339	25.3494	0	25.3494	37.0901	37.0901
45	0.649167	16.3395	-22.5517	FORMAZI ONE	20	30.1666	25.8434	32.2169	21.0189	0	21.0189	31.7509	31.7509
46	0.649167	13.4871	-22.2544	FORMAZI ONE	20	30.1666	23.7522	29.6099	16.5337	0	16.5337	26.2531	26.2531
47	0.649167	10.5812	-21.9578	FORMAZI ONE	20	30.1666	21.5944	26.92	11.9057	0	11.9057	20.6118	20.6118
48	0.649167	7.62202	-21.6618	FORMAZI ONE	20	30.1666	19.376	24.1545	7.14772	0	7.14772	14.8434	14.8434
49	0.649167	4.60999	-21.3664	FORMAZI ONE	20	30.1666	17.1034	21.3214	2.27352	0	2.27352	8.96469	8.96469
50	0.649167	1.5454	-21.0716	FORMAZI ONE	20	30.1666	14.7832	18.429	-2.7028	0	-2.7028	2.99314	2.99314

Interslice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.24662

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2573.59	1439.74	0	0	0
2	2574.27	1439.24	-1.86775	-0.0679876	2.08469
3	2574.94	1438.74	-1.97476	-0.14347	4.15534
4	2575.61	1438.25	-0.480772	-0.0522144	6.19833
5	2576.28	1437.77	2.47021	0.355989	8.2006
6	2576.96	1437.29	6.74877	1.20822	10.15
7	2577.63	1436.82	12.2388	2.60942	12.0358
8	2578.3	1436.36	18.8366	4.64348	13.8481
9	2578.98	1435.9	26.4493	7.37426	15.5789
10	2579.65	1435.44	34.9946	10.8468	17.2212
11	2580.32	1435	44.3991	15.0882	18.7694
12	2580.99	1434.55	54.5978	20.109	20.2193
13	2581.67	1434.12	65.5331	25.904	21.568
14	2582.34	1433.69	77.1545	32.4533	22.813
15	2583.01	1433.26	89.417	39.7232	23.953
16	2583.68	1432.85	102.281	47.6675	24.9876
17	2584.36	1432.43	115.713	56.2277	25.9162
18	2585.03	1432.02	129.681	65.3348	26.7395
19	2585.7	1431.62	144.159	74.9093	27.4577
20	2586.37	1431.22	159.122	84.8624	28.0717
21	2587.05	1430.83	174.55	95.0966	28.582
22	2587.72	1430.44	190.427	105.51	28.9895
23	2588.39	1430.06	206.801	116.027	29.2949
24	2589.04	1429.7	204.208	115.503	29.4931
25	2589.69	1429.34	201.217	114.292	29.5967
26	2590.34	1428.98	197.822	112.408	29.6065
27	2590.99	1428.63	194.022	109.87	29.5218
28	2591.64	1428.29	189.813	106.706	29.3431
29	2592.29	1427.95	185.196	102.95	29.0696
30	2592.94	1427.61	180.171	98.6443	28.7009
31	2593.59	1427.28	174.74	93.8385	28.2366
32	2594.23	1426.95	168.906	88.5877	27.6761
33	2594.88	1426.63	162.675	82.9535	27.0186
34	2595.53	1426.31	156.053	77.0029	26.2636
35	2596.18	1425.99	149.05	70.8077	25.4105
36	2596.83	1425.68	141.677	64.4434	24.459
37	2597.48	1425.38	133.933	57.9831	23.409
38	2598.13	1425.07	125.82	51.5021	22.2608
39	2598.78	1424.78	117.358	45.0861	21.0156
40	2599.43	1424.48	108.574	38.8204	19.6744
41	2600.08	1424.19	99.4933	32.7884	18.2398
42	2600.73	1423.91	90.1458	27.0708	16.715
43	2601.38	1423.63	80.5623	21.7436	15.1041
44	2602.02	1423.35	70.7755	16.8774	13.4125
45	2602.67	1423.08	60.8199	12.536	11.6465
46	2603.32	1422.81	50.7314	8.77564	9.81404
47	2603.97	1422.54	40.547	5.6436	7.9239
48	2604.62	1422.28	30.305	3.17773	5.98606
49	2605.27	1422.02	20.0442	1.40568	4.01153
50	2605.92	1421.77	9.80408	0.344434	2.01207
51	2606.57	1421.52	0	0	0

Discharge Sections

Entity Information

◆ **Group 1**

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	2778.85, 1420.27
	2774.55, 1421.32
	2763.85, 1421.52
	2753.7, 1421.52
	2641.45, 1421.52
	2606.57, 1421.52
	2596.89, 1428.63
	2588.41, 1434.85
	2587.47, 1435.14
	2570.01, 1440.93
	2561.49, 1443.75
	2559.38, 1444.52
	2531.36, 1455.22
	2531.36, 1452.47
	2531.36, 1395.22
2781.61, 1395.22	
2781.61, 1406.96	
2781.61, 1420.27	
Material Boundary	2531.36, 1452.47
	2578.61, 1433.9
	2588.41, 1430.05
	2596.89, 1428.63
Material Boundary	2570.01, 1440.93
	2572.76, 1438.46
	2570.84, 1438.66
	2579.65, 1434.91
	2577.27, 1435.06
	2578.61, 1433.9
Material Boundary	2641.45, 1421.52
	2653.76, 1420.08
	2668.09, 1417.43
	2686.67, 1413.6
	2746.1, 1409.09
	2781.61, 1406.96