

COMUNE DI MONTE GRIMANO TERME
Provincia di Pesaro e Urbino



PIANO PARTICOLAREGGIATO
DI INIZIATIVA PRIVATA
ZONA PRODUTTIVA "D15" TURISTICA DI NUOVO
IMPIANTO
Località Montelicciano

Committente

Erminio Pupa - c.f. PPU RMN 58P22 D122T
Mirella Guzzo - c.f. GZZ MLL 63S48 D122T

Via A. Daolio n. 22 - 47923 - Rimini (RN)

Progettisti incaricati

Ing. Carlo Ripanti

Viale Trento n.208 - 61121 - Pesaro (PU)

Ing. Ernesto Olmeda

Strada Tresole n.23 - 61020 - Novilara (PU)

Consulenza impianti tecnologici

Benelli Engineering s.r.l.

Via Icaro n.21 - 61121 - Pesaro (PU)

Consulenza aspetti idrogeologici

S.G. S.r.l.

Società di ingegneria e geotecnica

Via Benucci n.45 - 61122 - Pesaro (PU)

Collaboratori

Arch. Gianluca Mazzari

Ing. Nicole Pieri

Arch. Chiara Polverari

Timbro e firma

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisione **01**

Classifica **01491**

Redatto

Codice
elaborato

G1

Fase **DE**

Controllato

Emissione
OTTOBRE 2012

Progetto **AR**

Approvato
Ing. Carlo Ripanti

Scala

Percorso file

Sommario

<i>1</i>	<i>PREMESSE</i>	<i>2</i>
<i>2</i>	<i>VINCOLISTICA</i>	<i>4</i>
2.1	Ubicazione	4
2.2	Normativa e Raccomandazioni Di Riferimento	5
2.3	PAI.....	6
<i>3</i>	<i>NOTE DI GEOLOGIA</i>	<i>7</i>
3.1	Introduzione	7
3.2	Litostratigrafia.....	10
3.3	Geomorfologia	10
3.4	Tettonica	11
<i>4</i>	<i>NOTE DI MORFOLOGIA</i>	<i>14</i>
4.1	Interpretazione delle foto aeree	14
<i>5</i>	<i>IDROGRAFIA</i>	<i>19</i>
<i>6</i>	<i>IDROGEOLOGIA</i>	<i>19</i>
<i>7</i>	<i>CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA</i>	<i>21</i>
7.1	Stratigrafie	21
7.2	Caratterizzazione geomeccanica dei terreni.....	29
<i>8</i>	<i>SISMICITA' DEL SITO</i>	<i>33</i>
8.1	Determinazione della categoria di sottosuolo.....	33
8.2	Parametri sismici.....	34
<i>9</i>	<i>STABILITA' DEL VERSANTE</i>	<i>36</i>
<i>10</i>	<i>SBANCAMENTI E RIPORTI</i>	<i>61</i>
<i>11</i>	<i>FONDAZIONI</i>	<i>62</i>

Committente :
Erminio Pupa
Mirella Guzzo

COMUNE DI MONTEGRIMANO TERME (PU)

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA ZONA PRODUTTIVA
“D15” TURISTICA DI NUOVO IMPIANTO, LOCALITA' MONTELICCIANO**

RELAZIONE GEOLOGICA

1 PREMESSE

Su incarico della Committenza è stata eseguita la presente relazione allo scopo di studiare le caratteristiche geologiche e geotecniche di un'area ubicata a nord della SP n.87, località Montelicciano.

A tale scopo l'indagine geologica si è avvalsa di:

- definizione dell'Unità Idromorfologica Elementare all'interno della quale ricade l'area oggetto di verifica;
- un rilievo diretto di campagna;
- n.3 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo eseguiti con sonda a testa idraulica mediante l'utilizzo di un carotiere semplice ϕ 101 mm;
- prelievo di 3 campioni di terreno;

- analisi di laboratorio sui campioni prelevati;
- n.13 prove penetrometriche statiche CPT eseguite con penetrometro Pagani TG 73 (200 kN).
- analisi stereoscopica delle foto aeree scattate nell'anno 1955, 1976, 1985 e 1996;
- rilievo topografico dell'area.

La planimetria scala 1:1.000 con l'esatta ubicazione dei sondaggi geognostici, le colonne stratigrafiche, la relativa documentazione fotografica ed i grafici penetrometrici sono riportate a fine relazione.

2 VINCOLISTICA

2.1 UBICAZIONE

L'area in esame ricade nel Foglio 109 "Quadrante 109 IV" della carta IGM scala 1:25.000 e nel Foglio 267 sezione 267100 della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 (vedi cartografia allegata).

L'area in studio, ubicata nella porzione settentrionale del Comune di Montegrimano, è posta in prossimità del confine di Stato con la RSM (figura 1 tratta dal portale Google Earth).

Catastalmente i terreni di proprietà sono distinti al Foglio n.1 Mapp. 12-13-15-38-40-205-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517 del Comune di Montegrimano.

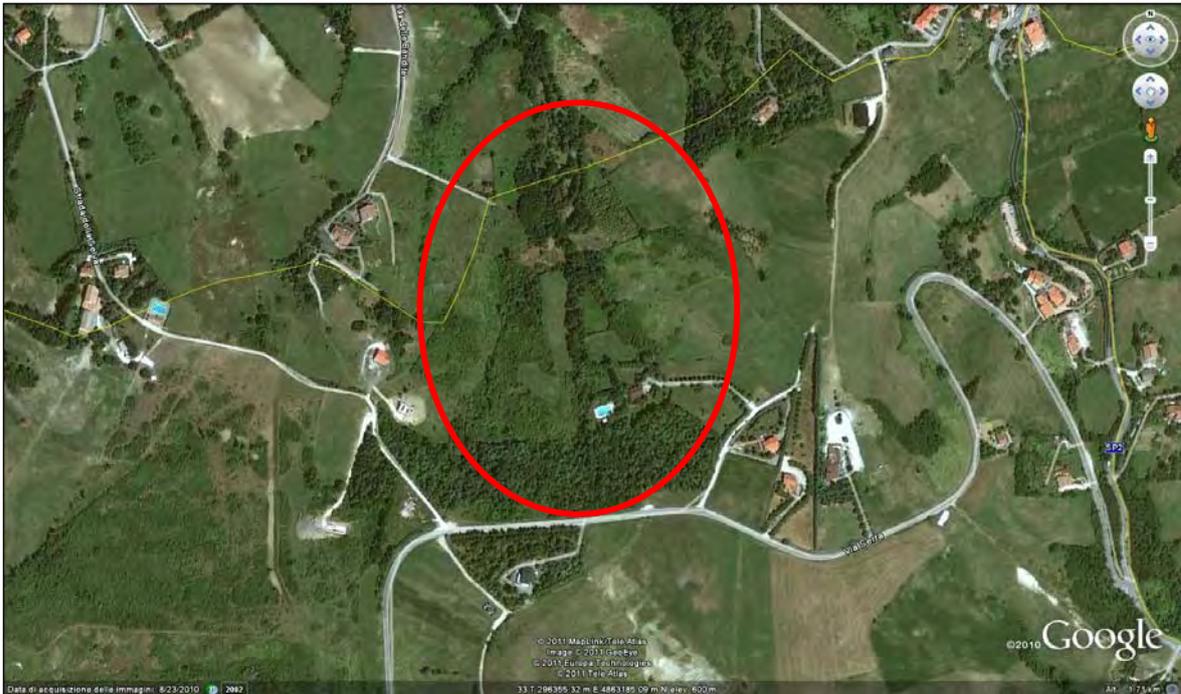


FIGURA 1

2.2 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

D.M. 11.3.88

«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e successive istruzioni.

UNI ENV 1997 – 1 03.97 EUROCODICE 7

«Progettazione geotecnica.»

A.G.I. 1977

«Raccomandazioni sulle programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.»

Delib. C.I. n.2 del 30.03.2004

«Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale Marecchia e Conca (PAI)»

Delib. C.I. n.4 del del 17.12.2008

«Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale Marecchia e Conca (PAI) – Progetto di Variante»

D.M. 14.01.2008

«Norme tecniche per le costruzioni.»

Circolare 02.02.2009 n.617 C.S. LL.PP

«Norme Tecniche per le Costruzioni.»

2.3 PAI

In base alla carta del Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Conca-Marecchia (Figura 3) all'interno dell'area d'intervento non sono presenti vincoli di natura idrogeologica.

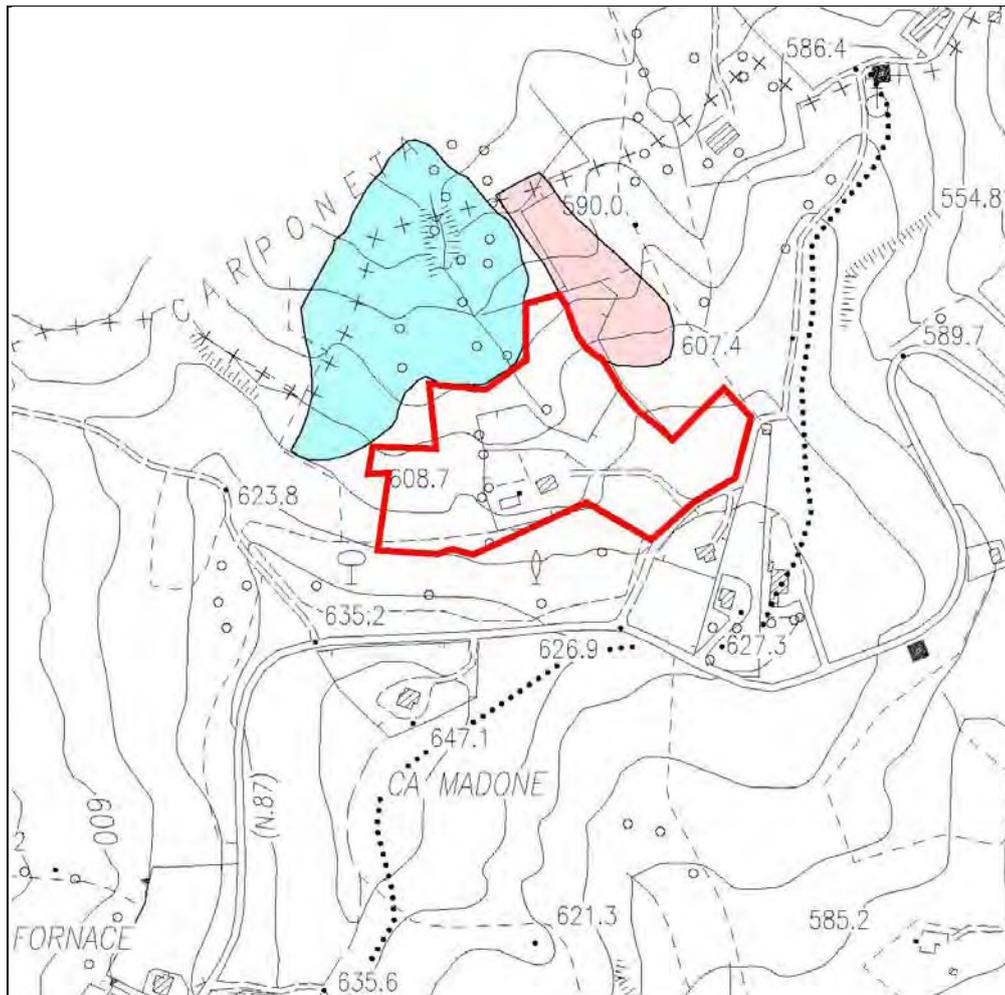


FIGURA 2

-  Area in esame
-  Aree di possibile evoluzione del dissesto e frane quiescenti (Art.16)
-  Aree in dissesto attivo da assoggettare a verifica (Art.17)

3 NOTE DI GEOLOGIA

3.1 INTRODUZIONE

Dal punto di vista geologico l'area in esame è posta in corrispondenza dei terreni appartenenti alla Colata Gravitativa della Valmarecchia.

Presa in esame la Carta Geologica redatta dal Prof. Stefano Conti¹ (fig.4), l'area è posta in prossimità del contatto tettonico tra i terreni della Formazione di Sillano (SIL) e della Formazione di Monte Morello (MLL).

Diversamente in base alla Carta Geologica d'Italia² (fig.5) i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) risultano in contatto tettonico con i terreni appartenenti alla formazione delle Argille Varicolori (AVR).

La Coltre della Valmarecchia è costituita da terreni di età compresa fra il Cretaceo inf. del Dominio Ligure, Oligocene inf. Dominio Subligure e da depositi di età compresa fra l'Eocene sup.? – Oligocene inf. ed il Pliocene inf. appartenenti al Dominio Epiligure.

La Coltre della Valmarecchia sovrascorre sui terreni della Successione Umbro-Marchigiano-Romagnola in tre momenti distinti, progressivamente più recenti procedendo da SW verso NE: alla fine del Tortoniano inf., nel Messiniano inf. e nella parte alta del Pliocene inf. Nel primo caso i terreni alloctoni sovrascorrono le Marne di Verghereto, nel secondo le peliti dei Ghioli di Letto e nel terzo le Argille Azzurre del Pliocene³.

Riassumendo si desume che i terreni appartenenti al Dominio Ligure Esterno, sono definiti alloctoni in quanto sradicati dai luoghi in cui si sono formati ed in seguito al trasporto tettonico sono stati accavallati in estese falde sul sub-strato autoctono.

Questi movimenti traslativi, avvenuti in più fasi corrispondenti ai principali momenti di strutturazione della catena appenninica, si sono verificati in condizioni subacquee. Queste perdurano anche dopo la completa sovrapposizione delle varie unità tettoniche tanto che su questi terreni si impostano vari bacini minori entro i quali si deposero sequenze simili a quelle coeve dell'autoctono (Successioni Epiliguri).

¹ Carta Geologica dell'Area Compresa Tra i Fiumi Savio e Foglia (Appennino Marchigiano-Romagnolo) Istituto di Geologia – Università di Modena Prof.Stefano Conti

² Carta Geologica d'Italia Foglio 267 San Marino (ISPRA Istituto Superiore per la protezione e la Ricerca Ambientale)

³ La Geologia dell'Alta Valmarecchia Appennino Tosco-Marchigiano S.Conti 1995

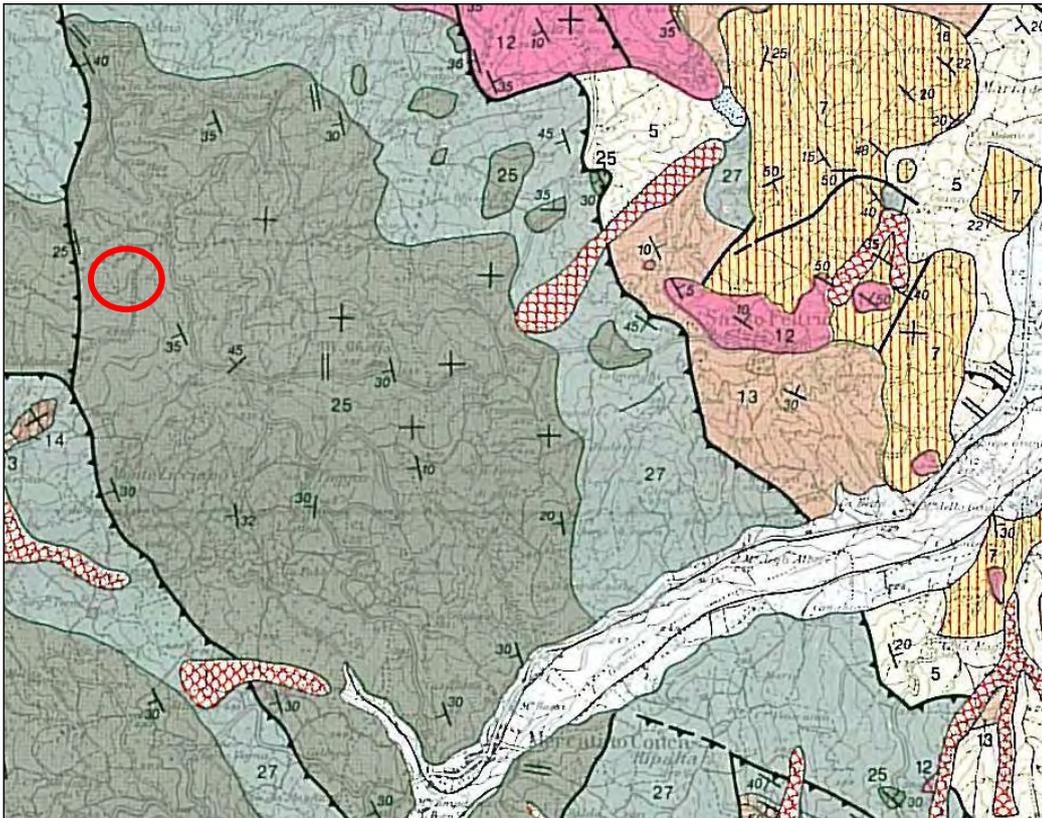


FIGURA 3

EOCENE	25	LIGURIDE Formazione di Monte Morello (EOCENE MEDIO-INFERIORE): Membro A - (25) Alternanze risedimentate di calcari marnosi grigio-biancastri, calcarenili brune e marne, marne argillose grigio-nerastre, grigio-brune (<i>depositi di piana sottomarina</i>). Membro B - (26) Calcari marnosi rosati, risedimentati, alternati a marne argillose brune e a argilliti nere (<i>depositi di piana sottomarina</i>).
	26	
CRETACEO-EOCENE	27	Formazione di Sillano (EOCENE INFERIORE - APTIANO): Membro A - (27) Argille e argilliti varicolori intensamente fogliettate e tettonizzate con sporadiche intercalazioni di calcilutiti argillose (<i>depositi di piana sottomarina</i>); tale membro costituisce la base della Formazione di Monte Morello (25). EOCENE INFERIORE - CRETACEO SUPERIORE Membro B - (28) Calcari marnosi biancastri a grana fine, a volte selciferi, alternati a marne nere (<i>depositi di piana sottomarina</i>). APTIANO - CENOMANIANO Membro C - (29) Arenarie calcaree e calcarenili grossolane, tipo Pietraforte, risedimentate, alternate ad argille siltose brune (<i>depositi di conoide sottomarina</i>). CRETACEO SUPERIORE Membro D - (30) Calcari marnosi grigi e verde-oliva e calcilutiti alternati a marne grigio-marroncine (<i>depositi di conoide sottomarina</i>). MAASTRICHTIANO
	28	
	29	
	30	



FIGURA 4

UNITA' LIGURI

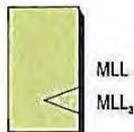
FORMAZIONE DI MONTE MORELLO

Alternanze di calcari e calcari marnosi, calcareniti torbiditiche e marne. I calcari hanno colore grigio chiaro e strati medi o spessi; le calcareniti presentano talvolta una base ruditica con nummuliti; stratificazione sottile e bioturbazione. Le marne e marne calcaree hanno una stratificazione sottile e colori che variano dal nocciola al grigio. Le intercalazioni pelitiche sono date da siltiti ed argilliti siltose di colore grigio scuro, piuttosto fogliettate. Potenza di circa 700 m. Limite inferiore stratigrafico su AVR e SIL. Limite superiore stratigrafico discordante con la Successione Epiligure e con FAA. Ambiente deposizionale relativo ad un sistema torbiditico bacinale.

EOCENE INF. - MEDIO

litofacies di C. Nuova (MLL₂)

Marne e calcari marnosi rosa-rossastri alternati ad argilliti scure e policrome, con stratificazione generalmente netta.

**ARGILLE VARICOLORI**

Argilliti policrome ad assetto anche caotico, variabili da un colore rosso a verde, a grigio scuro. Alle argilliti policrome si intercalano livelli discontinui di calcareniti, calcilutiti grigie o verdastre, arenarie fini, siltiti di colore marrone scuro-rossastro e marne grigio-avana. Sono presenti anche marne e marne argillose di colore nero. L'assetto fortemente scompaginato non consente valutazioni dello spessore. Limite stratigrafico inferiore non presente. Limite stratigrafico superiore con SIL, con la quale vi sono anche rapporti di eteropia, e con MLL, oppure discordante con la Successione Epiligure o con FAA. Ambiente deposizionale marino profondo.

CRETACICO INF. - EOCENE INF.

litofacies marnosa (AVR₂)

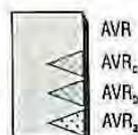
Marne di colore grigio e marroncino chiaro e raramente calcari marnosi grigio-biancastri fini. Le marne e i calcari si presentano in strati decimetrici a cui talvolta si intercalano sottili livelli pelitici di colore grigio scuro.

litofacies calcareo-arenacea (AVR₁)

Alternanze di calcari chiari, arenarie e marne in strati di spessore variabile da alcuni centimetri a qualche decimetro. I calcari sono rappresentati da calcilutiti, talvolta laminate, mentre le arenarie hanno strutture torbiditiche e composizione silicoclastica e carbonatica.

litofacies arenacea (AVR₃)

Arenarie miste silicoclastiche e carbonatiche, a granulometria variabile da sabbia fine a medio-grossolana, di colore grigio bruno, in strati bene definiti e regolari. Lo spessore di questi ultimi varia da pochi decimetri ad un massimo di 70-80 cm. Ricorrenti le strutture sedimentarie di tipo torbiditico. Alle arenarie sono alternati livelli decimetrici di siltiti.



3.2 LITOSTRATIGRAFIA

Le Unità Liguri, che in base all'indagine geologica eseguita, costituiscono il sub-strato dell'area in esame sono rappresentate dalla formazione di Sillano, (SIL) e dalla formazione di Monte Morello (MLL).

La formazione di SIL, è costituita da argille ed argilliti varicolori fogliettate e tettonizzate con sporadiche intercalazioni di calcilutiti argillose, (Eocene inf. – Aptiano), mentre la formazione di MLL, è caratterizzata litologicamente da un'alternanza di calcari marosi grigio-bianchi, calcareniti scure con marne e marne argillose nocciola-grigio scuro; inferiormente affiorano marne e calcari rosa con argille policrome (Eocene inf. – Cretaceo sup.).

In base al rilievo di campagna ed Carta Geologica del Prof. Stefano Conti (fig.4) la giacitura degli strati in corrispondenza dell'area in studio risulta a traverpoggio con un'inclinazione compresa tra 25° e 35°.

Nella figura 4 la formazione di MIL (25) è rappresentata di colore grigio, mentre quella delle SIL (27) è di colore celeste.

In base alla Carta Geologica d'Italia la giacitura degli strati in corrispondenza dell'area in studio risulta a traverpoggio e reggipoggio con un'inclinazione compresa tra 10° e 40°.

Nella figura 5 la formazione di MLL è rappresentata di colore verdino, mentre quella delle AVR è di colore celeste.

3.3 GEOMORFOLOGIA

Preso come riferimento la caratterizzazione litologica dei terreni indicata dal Prof. Stefano Conti in corrispondenza dell'area in studio il sub-strato è costituito dalla formazione di MLL, mentre spostandoci verso SW, i terreni del sub-strato risultano appartenenti alla formazione di SIL.

La formazione di SIL è caratterizzata da una componente marnosa e argilloso-marnosa predominante su quella calcarea e arenacea.

Tale caratteristica rende questi terreni molto sensibili agli agenti esogeni e gravitativi che nel caso specifico contribuiscono a modellare un versante con forme dolci e pendenze modeste.

Diversamente, la formazione di MLL, costituita litologicamente in buona parte da calcari alternati a marne e argilliti e quindi più resistente agli agenti esogeni, genera versanti contrassegnati da un andamento irregolare con bruschi stacchi morfologici e pendenze elevate.

Nel caso in esame lo stacco morfologico che delimita le due diverse litologie non risulta particolarmente evidente.

3.4 TETTONICA

La Coltre della Valmarecchia è strutturata come un sistema embricato di faglie tettoniche con superfici di scorrimento delimitate da faglie inverse vergenti E-NE. Tali embricazioni sono riferibili non solo a movimenti di traslazione della Coltre Gravitativa della Valmarecchia su terreni del Dominio Toscano-Marchigiano ed Umbro-Romagnolo ma anche ai fenomeni deformativi avvenuti nella fase ligure.

Visti in pianta gli embrici (fig.5) descrivono degli archi di varia grandezza (1.5 –8.0 Km) delimitati lateralmente da faglie trasversali dirette e/o trascorrenti od altre embricazioni con accavallamenti lungo superfici in prevalenza ad alto angolo sempre situate nei litotipi più argillosi costituenti le unità liguri rappresentate nel nostro caso dalla formazione di SIL.

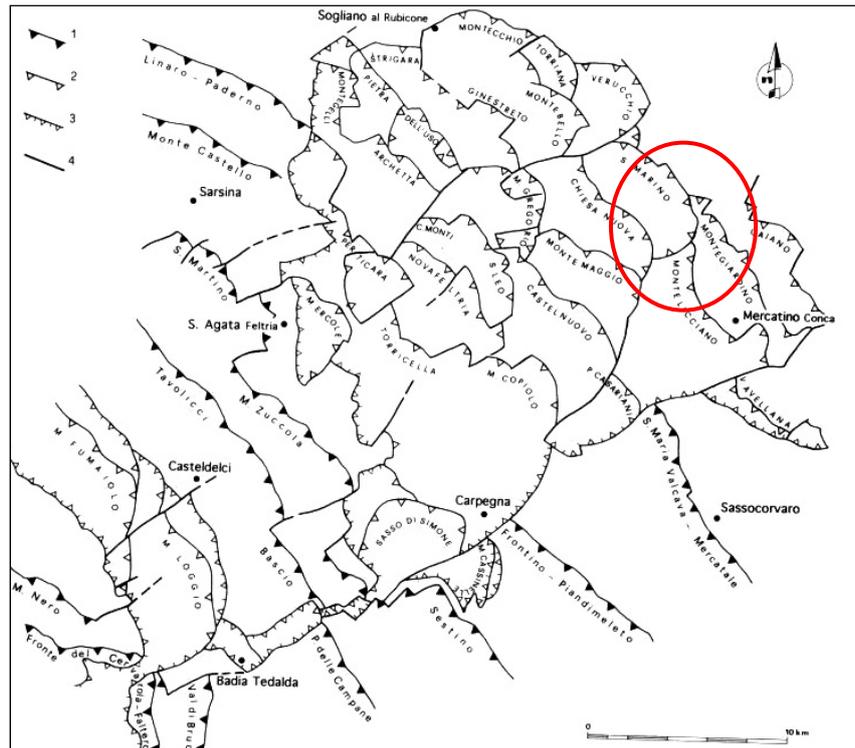


FIGURA 5

- LA GEOLOGIA DELL'ALTA VALMARECCHIA APPENNINO TOSCO-MARCHIGIANO
(ATTI TICINENSI DELLA TERRA VOL. XXXVII 1995 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA S. CONTI)

I sovrascorrimenti che tagliano la formazione di SIL, si trasportano sul dorso delle sequenze sedimentarie della Successione Epiligure che nell'area in studio sono costituite dalla Formazione di San Marino e da quella di Acquaviva.

In particolare l'area in esame come evidenziato dal cerchio rosso riportato sulla figura 5 è caratterizzata da faglie inverse e sovrascorrimenti.

Concludendo si può riassumere che l'evoluzione strutturale dell'Alta Valmarecchia è caratterizzata principalmente dal sovrascorrimento avvenuto durante le varie fasi tettoniche dei terreni della Coltre della Valmarecchia sulle varie unità dell'avanfossa caratterizzate dalla Successione Umbro-Marchigiano-Romagnola impilate in scaglie tettoniche. La messa in posto delle Liguridi avviene secondo sistemi di faglie embricate sul cui dorso si depongono le Successioni Epiliguri e talora nelle parti frontali i terreni appartenenti alle successioni dell'avanfossa.

Il fatto che la base di ogni sequenza Epiligure o di una serie di più sequenze poggia sempre sulla formazione di SIL sta probabilmente ad indicare, sia che queste si erano già impilate al di sopra degli altri termini delle unità liguri, sia che l'attivazione dei

thrust liguri durante il loro avanzamento a condizionato la sedimentazione epiligure
(*La Geologia dell'Alta Valmarecchia Appennino Tosco-Marchigiano S.Conti 1995*).

4 NOTE DI MORFOLOGIA

L'area in esame è situata sul versante collinare che espone a Nord, ad una quota compresa tra i 570 ed i 610 metri sul l.m.m.

Si sviluppa, in parte all'interno di un ampio impluvio (lato ovest), caratterizzato da gradienti piuttosto modesti, ed in parte in corrispondenza di un dosso collinare (lato est) disposto nella direzione di massima pendenza del versante.

La porzione che ricade all'interno dell'impluvio è caratterizzata da linee di spartiacque e impluvi secondari dai quali prendono forma due modesti fossi che si sviluppano ad est ed ovest del fabbricato esistente congiungendosi successivamente più a valle.

La parte alta del pendio è caratterizzata da gradienti modesti con tratti sub-pianeggianti; questi tendono ad aumentare progressivamente procedendo verso valle dove nella parte centrale evidenziano valori massimi mediamente compresi tra 8°-12°.

Le pendenze tendono nuovamente a diminuire nella parte bassa del versante dove i gradienti risultano compresi 7°-8°.

In base alle risultanze del rilievo di campagna, corredato da un'analisi fotointerpretativa, visti anche i modesti gradienti che caratterizzano il pendio, l'area risulta attualmente stabile e non evidenzia alcun segno di dissesto in atto e/o potenziale.

Il sito in studio è caratterizzato nella porzione più superficiali dalla presenza di terreni appartenenti alla coltre di copertura limoso-argillosa con inclusi calcarei passante a profondità variabili da 3.50 – 4.00 m, a terreni appartenenti al sub-strato costituito dalla formazione di MLL.

4.1 INTERPRETAZIONE DELLE FOTO AEREE

L'analisi geologica, geomorfologica dell'area indica la sua appartenenza alla fascia appenninica romagnola-marchigiana, lungo un versante degradante in direzione N, con deboli pendenze; impostata sulla Coltre della Valmarecchia "Liguridi" comprendente in particolare la Formazione di Monte Morello.

Lo studio fotogeomorfologico per le due aree è stato effettuato comparando le striate relative ai voli

del '55 dell'Istituto Geografico Militare a scala 1/33.000 in bianco/nero,

del '73 volo della Regione Marche a scala 1/12.000 a colori,
del '85 volo dell'Istituto Geografico Militare IGM a scala 1/33.000 in bianco e nero
del '97 dell'Istituto Geografico Militare a scala 1/33.000 in bianco/nero;
in seguito si è proceduto alla restituzione del rilievo aereofotogrammetrico su base cartografica CTR scala 1/10.000 della Provincia di Pesaro.

Si precisa che nelle foto-aeree in bianco e nero il tono scuro delle foto rende meno evidenti quelli che sono gli indicatori fotogeomorfologici, quali tessitura a chiazze indice di diverso grado di assorbimento d'acqua, ecc. e che la grande scala delle foto rende meno cartografabile il dettaglio).

4.1.1 VOLO ANNO 1955

Dall'analisi dei fotogrammi fatta alla scala 1/33.000 si evidenzia un versante piuttosto articolato sia per forme e che per processi.

Nel '55 la zona presenta una situazione di sviluppo urbano molto diverso dall'attuale in particolare per la mancanza della rete stradale che ora la serve; sempre dall'esame della fotogrammetria si nota una scarsità di vegetazione ad alto fusto, specialmente nella parte più alta del versante.

Nell'area è mappabile un piccolo fosso centrale, che si raccorda a valle con il F. Fiorentino, tale impluvio raccoglie le acque meteoriche e dilavanti ma, anche, quelle più incanalate di fossi limitrofi. Nella parte bassa è presente un piccolo accumulo di frana quiescente interessato nell'intorno da fenomeni di soliflusso.

Nella parte centrale dell'area, a valle della confluenza dei due fossi è stata cartografata un'area in frana quiescente, mentre a monte di questa è visibile tutta una fascia caratterizzata da fenomeni di dissesto superficiale.

A Ovest si cartografa una piccola nicchia di frana a valle della quale si evidenzia una zona coinvolta in processi di ruscellamento (areale e/o concentrato).

Procedendo verso Nord si mappa un'area interessata da dissesto superficiale, all'interno della quale è presente un fosso abbastanza inciso che raccoglie le acque meteoriche e dilavante.

4.1.2 VOLO ANNO 1973

L'esame dei fotogrammi del '73, fatta alla scala 1/12.000, permette un'analisi con un maggior grado di dettaglio.

Nella parte bassa, rimangono sostanzialmente immutati, processi di instabilità superficiale, quali soliflusso, coinvolgono l'area a monte e circostante.

Anche in queste foto aeree non vi è traccia dell'attuale situazione urbana.

Nella parte centrale ad ovest del fabbricato si mappa una rottura o scarpatina di origine antropica attraversa il pendio perpendicolarmente alla linea di massima pendenza.

In questi fotogrammi, nella porzione più bassa della zona di studio, ad est del fosso centrale il terreno appare rimaneggiato a causa dei lavori di opere di urbanizzazione.

La nicchia di frana inattiva, posta ad ovest, si presenta addolcita e, al di sotto di questa, si possono mappare fenomeni di ruscellamento diffuso e/o concentrato ovvero processi d'erosione areale-incanalata, legati principalmente all'azione delle acque meteoriche e dilavanti. A quote inferiori dove maggiore è l'accumulo si mappa un'area in dissesto superficiale da soliflusso.

4.1.3 VOLO ANNO 1985

Lo studio della strisciata relativa al periodo '85 (a scala 1/33.000) mostra come lo sviluppo urbano dell'area si sia notevolmente evoluto (compare l'edificio a monte dell'area ma anche altri limitrofi) e tale intervento antropico abbia portato ad un'azione rimodellante di tutto il terreno.

Nella parte alta, si può mappare una notevole presenza di vegetazione a medio e basso fusto.

A valle dell'edificio, nella parte alta del versante, si cartografano movimenti superficiali che si estendono fino alla confluenza dei due fossi, i quali, anche in tali annate, appaiono ben sviluppati ed incisi.

Nella porzione centrale, a valle dell'area in esame, il corpo di frana quiescente appare sostanzialmente stabile e senza indizi di movimenti mentre non si ravvisa più la presenza dell'altro corpo di frana più piccolo posizionato ad est.

Ad Ovest di tale corpo la nicchia di frana inattiva è parzialmente mascherata dalla vegetazione ed i depositi alla sua base, si presentano sia come forma che come stato di attività identici a quelli precedentemente mappati.

La regimazione ed estensione dei fossi presenti rimane un importante fattore di stabilità.

4.1.4 VOLO ANNO 1997

L'esame aereofotogrammetrico del '97 (a scala di 1/33.000) evidenzia come il versante si sia progressivamente evoluto verso forme e processi indicativi di una sostanziale stabilità dell'area; non è avvenuta, nelle annate esaminate, una riattivazione dei processi che avevano generato i corpi franosi.

Dallo studio emergono principalmente aree di lenti movimenti superficiali, che coinvolgono tuttavia un'area più piccola dei precedenti voli.

Il corpo di frana quiescente è limitato nella porzione più a valle e non mostra indizi di movimento. I due fossi si presentano ben cartografabili e ben sviluppati.

La nicchia, posta ad Ovest, è ancora mappabile anche se appare sempre più addolcita, mentre quella centrale è completamente nascosta dalla vegetazione, vegetazione che, nella parte sommitale della zona in studio, garantisce ulteriore stabilità.

Sempre ad Ovest si evidenziano terreni coinvolti in fenomeni di ruscellamento diffuso legato all'azione delle acque.

A conclusione di tale analisi, basata sull'interpretazione fotogeologica relativa ai voli del '55, '73, '85 e del '97, si può evidenziare come l'area esaminata sia caratterizzata da un dissesto superficiale diffuso con la presenza nella parte di valle di un modesto dissesto quiescente. I fenomeni nel corso degli anni tendono a diminuire sia come intensità sia come estensione.

4.1.5 RILIEVO GEOMORFOLOGICO DI CAMPAGNA

Dal rilievo di campagna, effettuato nel mese di ottobre 2011, non sono stati rilevati dissesti all'interno dell'area in esame.

La porzione orientale, caratterizzata dalla presenza di un dosso dove il substrato risulta affiorante, non evidenzia alcun segno di frana, e si presenta stabile.

Procedendo verso est sono stati individuati tre impluvi separati da due modeste arre di compluvio.

La prima area di compluvio che comprende il sedime del fabbricato esistente e della piscina non evidenzia, nella porzione di monte, alcun elemento riconducibile alla presenza di fenomeni gravitativi.

Nella parte di valle, caratterizzata per altro da gradienti modesti, talora sono visibili locali fenomeni di soliflusso e/o dissesto superficiale che si sviluppano a partire dal punto di confluenza dei due fossi posti più ad ovest.

La seconda area di compluvio si sviluppa ad ovest dei fabbricati esistenti, mostra un andamento regolare e non evidenzia alcun segno di dissesto.

Le zone di impluvio e la porzione più occidentale sono coperte da una fitta vegetazione che comprende anche specie ad alto fusto; in tali zone dal rilievo di campagna non risulta possibile individuare alcun fenomeno gravitativo.

Come riportato nella Carta Geomorfologica di sintesi, i fenomeni gravitativi osservati durante i rilievi di campagna non si discostano in modo importante dall'analisi foto interpretativa del 1997; in particolare si evince un'assenza di fenomeni nella parte di monte e centrale dell'area e si riscontrano indizi di soliflusso nella parte meridionale.

5 IDROGRAFIA

L'area è caratterizzata da una discreta rete di drenaggio superficiale della quale il Fosso della Mazzocco, affluente di destra del fiume Marecchia, rappresenta l'elemento idrografico di maggior importanza.

Questo è alimentato da una serie di fossi secondari che in parte prendono forma in corrispondenza dell'area in esame.

I corsi d'acqua che incidono i depositi detritici superficiali presenti all'interno dell'area in esame, mostrano un andamento piuttosto regolare.

In particolare sono stati individuati due impluvi ad est ed ovest del fabbricato esistenti che si uniscono a valle dell'area in esame. Un terzo impluvio è stato cartografato nella porzione più occidentale dell'area in studio.

In base all'analisi fotointerpretativa effettuata comparando le strisciate relative ai voli dal 1955 al 1997 confrontate poi con il rilievo di campagna attuale, in corrispondenza dei fossi non sono emersi segnali che indicano un'evoluzione nel tempo dei fenomeni erosivi che possano interessare sia il fondo alveo che le sponde.

Al contrario la tendenza è ad una progressiva stabilizzazione dei fenomeni dove le forme di erosione sono in parte addolcite e meno incise.

Il reticolo idrografico attuale mostra una rete di drenaggio superficiale più efficiente di quelle rilevate negli anni passati.

6 IDROGEOLOGIA

Per una migliore conoscenza dell'assetto idrogeologico dell'area nel mese di settembre 2012 è stata eseguita una perforazione profonda circa 85 m.

La perforazione ha mostrato che l'acquifero principale è posizionato sotto i 50 m di profondità all'interno degli strati calcarei fratturati.

Al di sopra di questo sono presenti più livelli idrici riconducibili in parte ad alimentazioni provenienti dalle zone calcaree ed in parte dalla saturazione degli strati superficiali in corrispondenza degli eventi piovosi.

Durante la campagna geognostica (settembre 2011), in corrispondenza dei sondaggi BH1, BH2 e BH3 sono stati posizionati piezometri a tubo aperto fino profondità rispettivamente di -9.00, -6.50 e -12.00 m dal piano campagna.

In base alle letture effettuate è stato ricostruito l'andamento della falda acquifera più superficiale.

Il livello massimo della falda acquifera è stato rilevato ad una quota variabile da -2.50 a -3.00 dal p.c. come riportato nel dettaglio al paragrafo che segue.

Il litotipo sede della falda acquifera, come indicato dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati durante l'indagine geognostica, risulta prevalentemente costituito limo argilloso-sabbioso.

Dalle risultanze di prove di permeabilità in sito effettuate su terreni simili ed in base alla bibliografia di riferimento a quelli in esame si attribuisce un coefficiente di permeabilità bassa variabile da 1×10^{-6} , 1×10^{-7} m/sec.

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

↑ limiti convenzionali

Tabella 1 VALORI COEFFICIENTI DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY)

7 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

7.1 STRATIGRAFIE

Per determinare la stratigrafia locale e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, nel mese di Agosto 2011 è stata eseguita una campagna geognostica basata sull'esecuzione di:

- n.3 sondaggi a carotaggio continuo;
- n.13 penetrometriche statiche CPT.

Come già evidenziato precedentemente nel mese di settembre 2012 è stata eseguita una perforazione a distruzione di nucleo profonda circa 90 m (P1) che ha permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico profondo e l'andamento idrogeologico.

I sondaggi a rotazione e carotaggio continuo spinti ad una profondità massima di – 12.20 metri dal p.c. sono stati realizzati mediante l'utilizzo di una sonda a testa idraulica attrezzata con carotiere \varnothing 101 mm.

Nei sondaggi BH1, BH2 e BH3 sono stati prelevati un totale di 3 campioni di terreno ed effettuate sui medesimi le analisi di laboratorio come riportato in allegato a fine relazione.

In corrispondenza dei sondaggi BH1, BH2 e BH3 sono stati posizionati n.3 piezometri a tubo aperto fessurati per tutta la lunghezza del foro escluso i primi 2.00 m.

Nello spazio tra tubo e foro è stato inserito del ghiaietto lavato per consentire un miglior drenaggio nell'intorno del foro il quale è stato opportunamente cementato nella parte terminale tale da evitare interferenze tra la falda e le acque meteoriche.

Sondaggio	BH1	BH2	BH3
Profondità (m)	-9.00	-9.00	-12.20
n. Campioni	1	1	1
Quota piezometro (m)	-9.00	-6.50	-12.00

Tabella 2

Il rilievo della falda misurato a partire dal mese di ottobre 2011 viene riportato nella tabella 3 che segue.

Sondaggio	BH1	BH2	BH3	P1
Quota falda dal p.c.	m	m	m	
06.10.2011	-3.00	-2.70	-2.50	
27.10.2011	-2.80	-3.00	-2.50	
08.11.2011	-2.80	-3.20	-2.40	
26.01.2012	-2.80	-3.30	-2.45	
06.08.2012	-9.00	-9.50	--	-15.00

Tabella 3

7.1.1 DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

I sondaggi a carotaggio continuo hanno permesso di schematizzare le seguenti stratigrafie:

SONDAGGIO – BH1

dal p.c.	a	- 0.40 m	terreno antropico;
da	- 0.40 m	a - 1.20 m	argilla, argilla limosa di colore nocciola-rossiccio a media consistenza;
da	- 1.20 m	a - 3.70 m	argilla, argilla debolmente limosa a medio-bassa consistenza;
da	- 3.70 m	a - 4.40 m	marna argillosa di colore nocciola-grigio a buona consistenza (formazione alterata);
da	- 4.40 m	a - 9.00 m	marna, marna calcarea di colore grigio-verdino consistente con intercalazioni calcareo-marnose (formazione);

SONDAGGIO – BH2

dal p.c.	a	- 0.60 m	terreno antropico;
----------	---	----------	--------------------

da	- 0.60 m	a	- 4.00 m	limo, limo argilloso di colore rosso vinaccia e nocciola-grigio a media consistenza talora con inclusi calcarei e marnosi;
da	- 4.00 m	a	- 5.00 m	marna argillosa di colore nocciola-grigio a buona consistenza (formazione alterata);
da	- 5.00 m	a	- 9.00 m	marna, marna calcarea di colore grigio-verdino consistente con intercalazioni calcareo-marnose (formazione);

SONDAGGIO – BH3

dal	p.c.	a	- 0.80 m	terreno antropico;
da	- 0.80 m	a	- 3.70 m	argilla, argilla limosa di colore nocciola-grigio a medio-bassa consistenza talora con inclusi calcarei e marnosi;
da	- 3.70 m	a	- 6.00 m	marna argillosa di colore grigio a buona consistenza e fratturata (formazione alterata);
da	- 6.00 m	a	- 12.20 m	marna, marna calcarea di colore grigio-verdino consistente con intercalazioni calcareo-marnose (formazione);

Le prove penetrometriche hanno fornito la seguente stratigrafia:

PROVA PENETROMETRICA CPT 1

dal	p.c.	a	- 0.40 m	terreno vegetale;
da	- 0.40 m	a	- 3.20 m	terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura; $16 \leq R_p \leq 26$
da	- 3.20 m	a	- 10.20 m	terreno consistente attribuibile alla formazione; $32 \leq R_p \leq 118$

PROVA PENETROMETRICA CPT 2

dal	p.c.	a	- 0.20 m	terreno vegetale;
da	- 0.20 m	a	- 0.80 m	terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;

$$21 \leq R_p \leq 58$$

da - 0.80 m a - 1.00 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $R_p > 200$

PROVA PENETROMETRICA CPT 3

dal p.c. a - 0.20 m terreno vegetale;

da - 0.20 m a - 1.20 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $29 \leq R_p \leq 40$

da - 1.20 m a - 1.60 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $68 \leq R_p \leq 200$

PROVA PENETROMETRICA CPT 4

dal p.c. a - 0.20 m terreno vegetale;

da - 0.20 m a - 1.40 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $29 \leq R_p \leq 200$

PROVA PENETROMETRICA CPT 5

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 6.80 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $12 \leq R_p \leq 32$

da - 6.80 m a - 7.60 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $85 \leq R_p \leq 300$

PROVA PENETROMETRICA CPT 6

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 1.00 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $39 \leq R_p \leq 61$

da - 1.00 m a - 6.0 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $71 \leq R_p \leq 270$

PROVA PENETROMETRICA CPT 7

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 6.20 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $10 \leq R_p \leq 35$

da - 6.20 m a - 12.20 m terreno a medio-buona consistenza attribuibile alla formazione;
 $26 \leq R_p \leq 250$

PROVA PENETROMETRICA CPT 8

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 7.40 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $12 \leq R_p \leq 48$

da - 7.40 m a - 10.40 m terreno a medio-buona consistenza attribuibile alla formazione;
 $37 \leq R_p \leq 100$

PROVA PENETROMETRICA CPT 9

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 2.80 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $14 \leq R_p \leq 40$

da - 7.40 m a - 10.40 m terreno a medio-buona consistenza attribuibile alla formazione;
 $37 \leq R_p \leq 100$

PROVA PENETROMETRICA CPT 10

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 5.40 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $5 \leq R_p \leq 40$

da - 5.40 m a - 6.60 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $48 \leq R_p \leq 200$

PROVA PENETROMETRICA CPT 11

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 7.20 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $14 \leq R_p \leq 36$

da - 7.20 m a - 8.40 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $40 \leq R_p \leq 150$

PROVA PENETROMETRICA CPT 12

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 7.60 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $8 \leq R_p \leq 140$

da - 7.60 m a - 9.40 m terreno consistente attribuibile alla formazione;
 $38 \leq R_p \leq 95$

PROVA PENETROMETRICA CPT 13

dal p.c. a - 0.40 m terreno vegetale;

da - 0.40 m a - 2.40 m terreno a media consistenza attribuibile alla coltre di copertura;
 $4 \leq R_p \leq 28$

PERFORAZIONE P1

da - 0.00 m a - 4.00 m argilla, argilla limosa di colore nocciola-grigio a medio-bassa consistenza talora con inclusi calcarei e marnosi;

da - 4.00 m a - 52.00 m marna argillosa di colore grigio a buona consistenza (formazione);

da - 52.00 m a - 90.00 m alternanza di calcare fratturato con marna argillosa di colore grigio a buona consistenza (formazione);

7.1.2 PROVE DI LABORATORIO

Durante la campagna geognostica in corrispondenza dei sondaggi BH1, BH2 e BH3 sono stati prelevati n.3 campioni di terreno indisturbato tramite campionatore a parete sottile tipo Shelby (Classe di qualità AGI 1977 Q5), e successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio.

Purtroppo in fase di perforazione non si è riusciti a fare un buon campionamento sulla coltre del foro BH3. Nella manovra successiva quando il campionamento è riuscito in laboratorio è stato constatato che eravamo già nella formazione di base.

Per cui risultati prelevati 2 campioni nella formazione ed 1 nella coltre superficiale.

Sui campioni prelevati sono stati ricercati i seguenti parametri:

- Caratteristiche generali;
- Granulometrie;
- Parametri di resistenza al taglio in condizioni consolidate e drenate (CD).

Le prove eseguite hanno permesso di caratterizzare i terreni come riportato nella tabella 4 sottostante.

Prove / Campioni		BH1C1 3.8/4.2	BH2C1 2.8/3.2	BH3C1 3.0/3.4
CARATTERISTICHE FISICHE				
CONTENUTO IN ACQUA	%	27.15	27.3	31.0
MASSA VOLUMICA	Mg/m ³	20.0	20.4	19.6
MASSA VOLUMICA SECCA	Mg/m ³	15.7	17.6	15.0
DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA				
GHIAIA	%	0.5	0.0	1.0
SABBIA	%	35.0	5.8	42.0
LIMO	%	48.3	59.0	43.6
ARGILLA	%	16.2	35.2	13.4
PROVA DI TAGLIO DIRETTO				
COESIONE INTERCETTA	kPa	32.0	22.0	26.0
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO	°	27.1	22.9	24.2

Tabella 4

7.1.3 ANALISI DEI RISULTATI

In base al rilievo topografico di dettaglio eseguito dallo sono state ricostruite tre sezioni litostratigrafiche scala 1:500 riportate nella Tav.1, di cui la sezione 1 è stata tracciata in corrispondenza dell'asse centrale dell'impluvio principale, mentre le sezioni 2 e 3, disposte parallelamente alla precedente, sono state tracciate in corrispondenza dei dossi che si sviluppano ad est ed ovest.

Sezione 1 E' stata tracciata da monte verso valle, lungo la direzione di massima pendenza del versante, in corrispondenza dell'impluvio presente nella parte centrale dell'area in esame. La topografia in tale tratto mostra gradienti modesti che comunque non superano 8°-12°. In base alla correlazione dei tre sondaggi a carotaggio continuo con le prove penetrometriche CPT 9, 10, 11, 12 e 13 è stato ricostruito l'andamento del sub-strato riscontrato ad una quota di variabile, in corrispondenza dell'area in esame da -3.70 -4.00 m.

La formazione è ricoperta da una coltre prevalentemente limoso-argillosa talora con inclusi calcarei nel complesso con discrete caratteristiche geomeccaniche.

Sezione 2 E' stata tracciata in corrispondenza del dosso posto ad ovest dell'impluvio principale correlando le prove penetrometriche CPT 5, 6 e 7. La formazione si riscontra a quote variabili da -7.00 CPT 5 a -1.00 m CPT 6 ed è ricoperta da una coltre di copertura nel complesso con discrete e buone caratteristiche geomeccaniche.

Sezione 3 E' stata tracciata in corrispondenza del dosso posto ad est dell'impluvio principale correlando le prove penetrometriche CPT 2, 3 e 4. La formazione risulta sub-affiorante e/o coperta da un modesto strato di coltre che non supera il metro di spessore.

7.2 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

La caratterizzazione geomeccanica dei terreni viene effettuata in base ai risultati dell'indagine geognostica e delle analisi di laboratorio effettuate sui tre campioni di terreno.

Il terreno è stato schematicamente suddiviso in due litotipi ai quali si attribuiscono le caratteristiche geomeccaniche riportate a seguire.

Per la caratterizzazione geomeccanica, ed in particolare per stimare la resistenza al taglio non drenata c_u si fa riferimento alle n.13 prove penetrometriche statiche.

Il concetto di resistenza al taglio non drenata si applica agli strati coesivi, costituiti nel caso in esame da argilla limosa.

Dal grafico 1 si evidenzia l'andamento della coesione non drenata c_u lungo le verticali in corrispondenza del litotipo coltre di copertura, mentre nel grafico 2 viene evidenziato l'andamento della c_u nel litotipo formazione.

A tal proposito si prende in riferimento la seguente correlazione empirica (Mayne e Kamper 1988) che lega in modo direttamente proporzionale la resistenza non drenata c_u alla resistenza alla punta q_c :

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k}$$

dove:

- q_c = resistenza alla punta misurata con la prova penetrometrica statica;
- σ_{vo} = tensione verticale totale, valutata alla quota a cui viene misurata la resistenza alla punta;
- N_k = fattore empirico che varia in funzione della storia del deposito. In argille tenere Lunne et. al. (1976) e Baligh et. al. (1980), suggeriscono un valore medio pari a 14; in argille sovraconsolidate intatte, Kjekstad et. al. (1978) indicano un valore medio pari a 17.

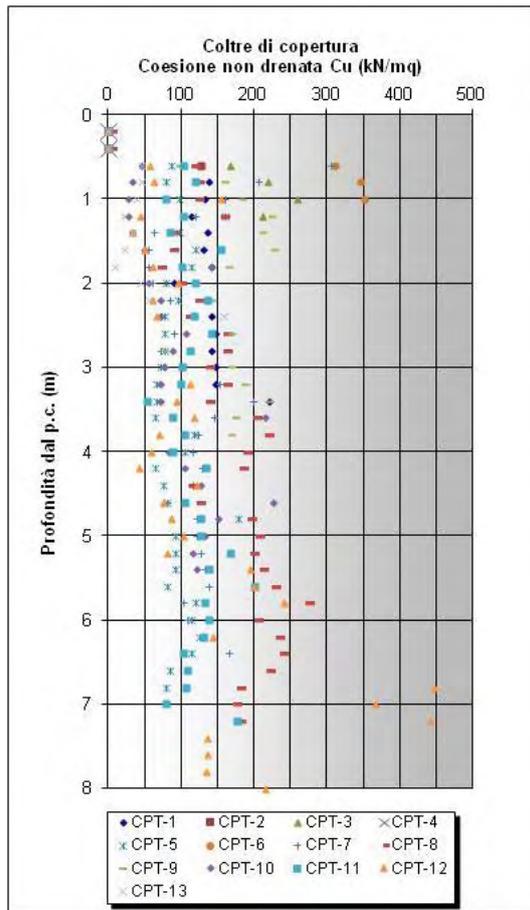


Grafico 1

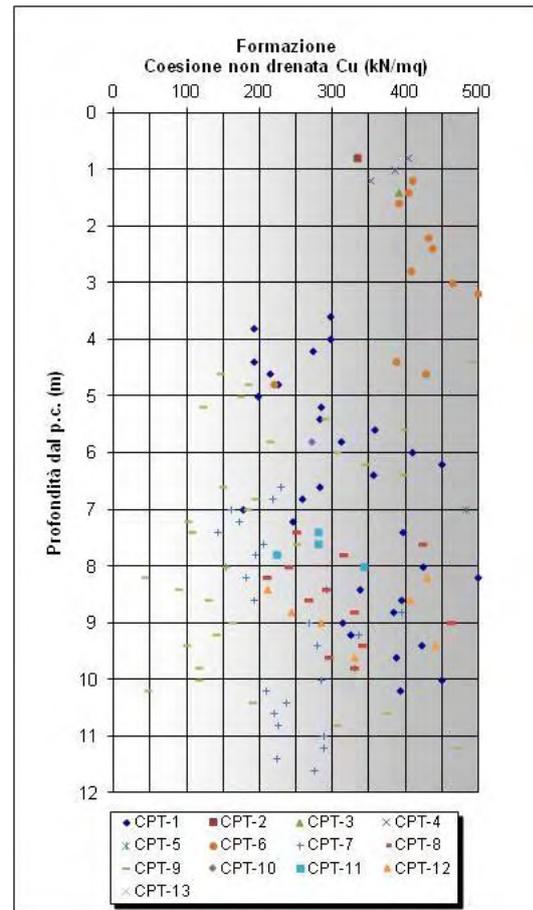


Grafico 2

Il grafico 1, riferito alla coltre di copertura, evidenzia per le 13 prove realizzate valori con andamento omogenei e mediamente compresi tra 50 e 150 kN/m².

Il grafico 2, riferito alla formazione di base, mostra invece una forte eterogeneità dei dati con un campo di variabilità compreso per lo più tra 150 e 400 kN/m².

Tale fenomeno è presumibilmente correlato alla eterogeneità litologica di tale litotipo caratterizzato da un'alternanza di marne con marne calcaree con presenza di fratture legate alla storia geologico-tettonica di questi terreni.

Per determinare i valori di angolo di resistenza al taglio e coesione drenata della coltre di copertura e della formazione, vengono presi in esame i dati relativi alle risultanze delle prove di laboratorio come riportato nella tab.3.

Ai litotipi esaminati vengono attribuiti i parametri geomeccanici di seguito riportati

Litotipo 1 - Coltre di Copertura

Elenco delle misure di laboratorio

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]
1	22.900	22.000

Tabella 5

Risultati elaborazione (laboratorio + prove CPT)

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]
Tipo di elaborazione	--	--	Distribuzione di Student
Valore considerato	--	--	5° percentile media
Valore caratteristico	22,900	22,000	141,354
Minimo	22,900	22,000	9,000
Massimo	22,900	22,000	804,000
Valore medio	22,900	22,000	141,354
Varianza	0,000	0,000	12010,493
Deviazione standard	0,000	0,000	7,654
Deviazione standard della media	0,000	0,000	7,654
Percentile	--	--	(5°) --
Percentile media	--	--	(5°) 128,763

Tabella 6

Litotipo 2 - Formazione

Elenco delle misure di laboratorio

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]
1	27.100	32.000
2	24.200	26.000

Tabella 7

Risultati elaborazione (laboratorio + prove CPT)

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione di Student	Distribuzione di Student	Distribuzione di Student
Valore considerato	valore medio	valore medio	valore medio
Valore caratteristico	25,650	29,000	413,524
Minimo	24,200	26,000	42,000
Massimo	27,100	32,000	1772,000
Valore medio	25,650	29,000	413,524
Varianza	4,205	36,036	90995,063
Deviazione standard	2,051	6,003	23,484
Deviazione standard della media	2,051	6,003	23,484
Percentile	(5°) 7,339	(5°) --	(5°) --
Percentile media	(5°) 12,702	(5°) --	(5°) 374,893

Tabella 8

Tabella riassuntiva

	Peso di volume [kN/mq]	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]
LITOTIPO 1				
Valori caratteristici	20,0	22,9	22,0	141,3
LITOTIPO 2				
Valori caratteristici	20,0	25,6	29,0	413,5

Tabella 9

8 SISMICITA' DEL SITO

Per individuare la categoria di sottosuolo sono stati realizzati due profili MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

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 uno stendimento.

8.1 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la velocità media ponderata di propagazione delle onde di taglio nei primi 30.00 m di profondità è calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

nella quale il valore V_{s30} è riferito al piano al piano campagna attuale e da cui si ricava un valore pari a:

$$\text{PROVA 1 : } V_{s30} = 592 \text{ m/sec}$$

$$\text{PROVA 2 : } V_{s30} = 408 \text{ m/sec}$$

Valori che identificano la categoria di terreni in: **CATEGORIA B**, corrispondente a “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m” caratterizzati da valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s .

L'elaborato numerico della prova sismica viene riportata a fine relazione in allegato.

8.2 PARAMETRI SISMICI

Latitudine: 42,515273 [°]

Longitudine: 13,416521 [°]

Classe d'uso: II.

Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni] Siti di riferimento.

Latitudine : 43,894661

Longitudine : 12,465847



	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	19632	43,880290	12,449750	2053,7
Sito 2	19633	43,880880	12,519120	4535,9
Sito 3	19411	43,930880	12,518320	5821,3
Sito 4	19410	43,930270	12,448970	4184,0

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

	Prob. Superamento [%]	T_r [anni]	A_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0.055	2.460	0.267
Danno (SLD)	63	50	0.069	2.441	0.284
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0.177	2.417	0.326
Prevenzione del collasso (SLC)	5	975	0.230	2.445	0.334

Coefficienti sismici

	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	k_h [-]	k_v [-]	A_{max} (m/s^2)	Beta [-]
SLO	1.500	1.620	1.200	0.020	0.010	0.967	0.200
SLD	1.500	1.590	1.200	0.025	0.012	1.220	0.200
SLV	1.440	1.520	1.200	0.073	0.037	2.995	0.240
SLC	1.360	1.510	1.200	0.105	0.053	3.678	0.280

9 STABILITA' DEL VERSANTE

I sondaggi geognostici realizzati nel mese di settembre e ottobre 2011, le prove speditive in sito e le analisi di laboratorio effettuata sui campioni per caratterizzare i terreni nell'ambito del perimetro dell'area in studio, ci permettono di eseguire le verifiche di stabilità allegata a fine relazione.

Le verifiche di stabilità sono state condotte su diverse sezioni topografiche

L'analisi di stabilità è stata svolta utilizzando il codice di calcolo denominato SLIDE; le verifiche sono state condotte con il metodo di Bishop semplificato, utilizzando superfici di scorrimento a direttrici circolari, che interessano porzioni significative del pendio.

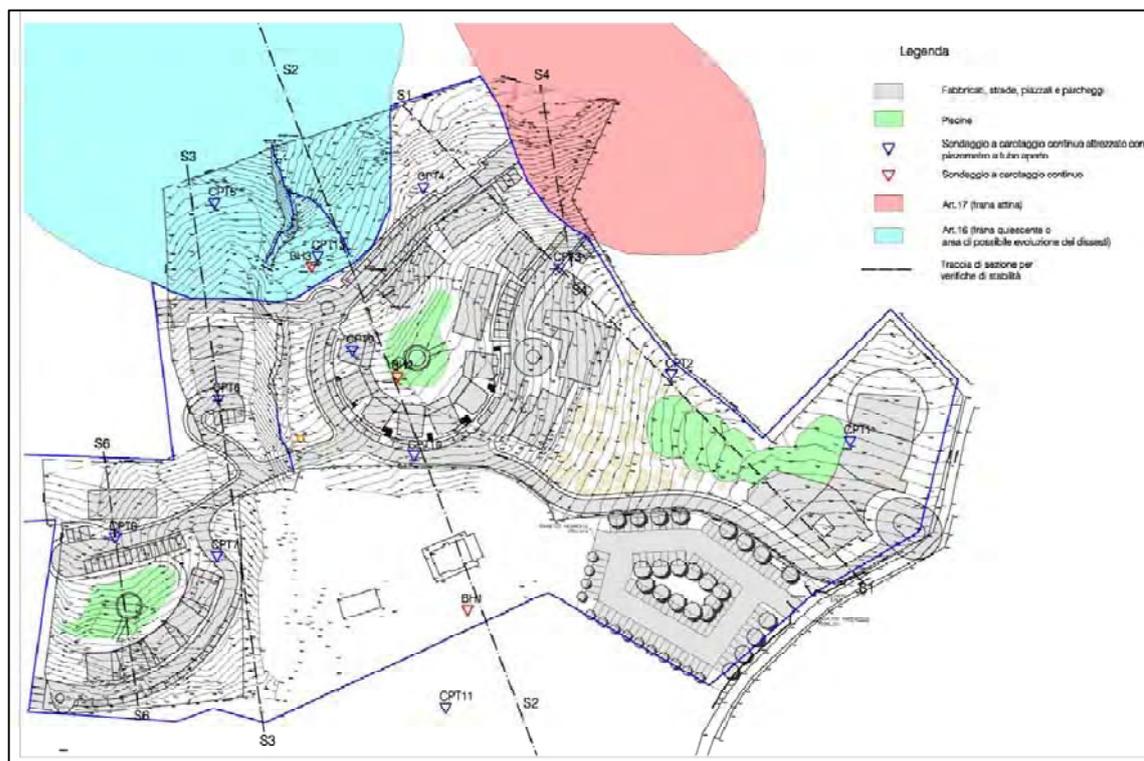


Figura 6

Nelle Tavole allegata a fine relazione sono riportate gli elaborati di calcolo competiti di seguito si illustrano in maniera più descrittiva i risultati.

Nella modellazione idraulica del terreno è stata considerata la presenza della falda acquifera, rilevata dalle misurazioni più sfavorevoli effettuate dal mese di ottobre-novembre 2011 all'interno dei piezometri posizionati nei fori di sondaggio BH1, BH2 e BH3 (tab.3 par.7.1.1).

Nelle verifiche di stabilità è stata considerata prudenzialmente un'oscillazione massima del livello piezometrico fino alla quota prossima al piano campagna.

Le verifiche sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni pseudo-statiche prendendo in considerazione porzioni significative del pendio.

Per la verifica in condizioni pseudo-statiche è stato considerato un valore dei coefficienti sismici K_h e K_v calcolato come segue:

calcolato come segue:

$$K_h = \beta_s * \frac{a_{max}}{g} \quad K_v = \pm 0.5 * K_h$$

Dove:

- a_{max} = $S_s \times S_t \times A_g$ = (accelerazione orizzontale massima attesa al sito);
 S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica (0.9 ÷ 1.80);
 S_t = coefficiente di amplificazione topografica (1.2 ÷ 1.4) per pendii di altezza maggiore di 30.00 metri massimo in sommità, vale 1 alla base in funzione delle cat. topografiche e per superfici di scorrimento profonda;
 β_s = coefficiente di riduzione di a_{max} (per tener conto della variabilità dell'azione sismica).

Valori del coefficiente β_s		
	Categoria di Sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 10

(“Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14.01.2008)

Considerando cautelativamente una categoria di sottosuolo uguale a C si determina un valore di a_{max} pari a 3.202, per cui sono stati calcolati dei coefficienti sismici che sintetizzano gli effetti del sisma $K_h = 0,078$ e $K_v = \pm 0,039$.

Le verifiche vengono eseguite sulla base dell'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R2) come riportato nei paragrafi che seguono.

Il terreno è stato considerato come costituito da 2 strati ai quali sono stati attribuiti in base alle prove di laboratorio ed alle prove in sito i seguenti parametri di resistenza a taglio:

Parametro	Valore caratteristico	M2	Valore adottato
Coltre			
Peso dell'unità di volume	20	1.00	20
Coesione efficace	22	1.25	17.6
Angolo di resistenza al taglio/ tg dell'angolo di resistenza al taglio	$\varphi = 22.9^\circ$ $\text{tg } \varphi = 0.42$	1.25	$\text{tg } \varphi = 0.34$ $\varphi = 18.6^\circ$
Formazione			
Peso dell'unità di volume	20	1.00	20
Coesione efficace	29	1.25	23.2
Angolo di resistenza al taglio/ tg dell'angolo di resistenza al taglio	$\varphi = 25.6^\circ$ $\text{tg } \varphi = 0.48$	1.25	$\text{tg } \varphi = 0.38$ $\varphi = 20.9^\circ$

Tabella 11

VERIFICHE STATO DI FATTO

Sezione S1

In corrispondenza di questa sezione non è stata riscontrata presenza di acqua, le indagini geognostiche hanno evidenziato la presenza della formazione marnosa a quote molto superficiali.

I coefficienti di sicurezza sia in condizioni statiche che pseudo-statiche sono ampiamente superiori ai minimi di legge.

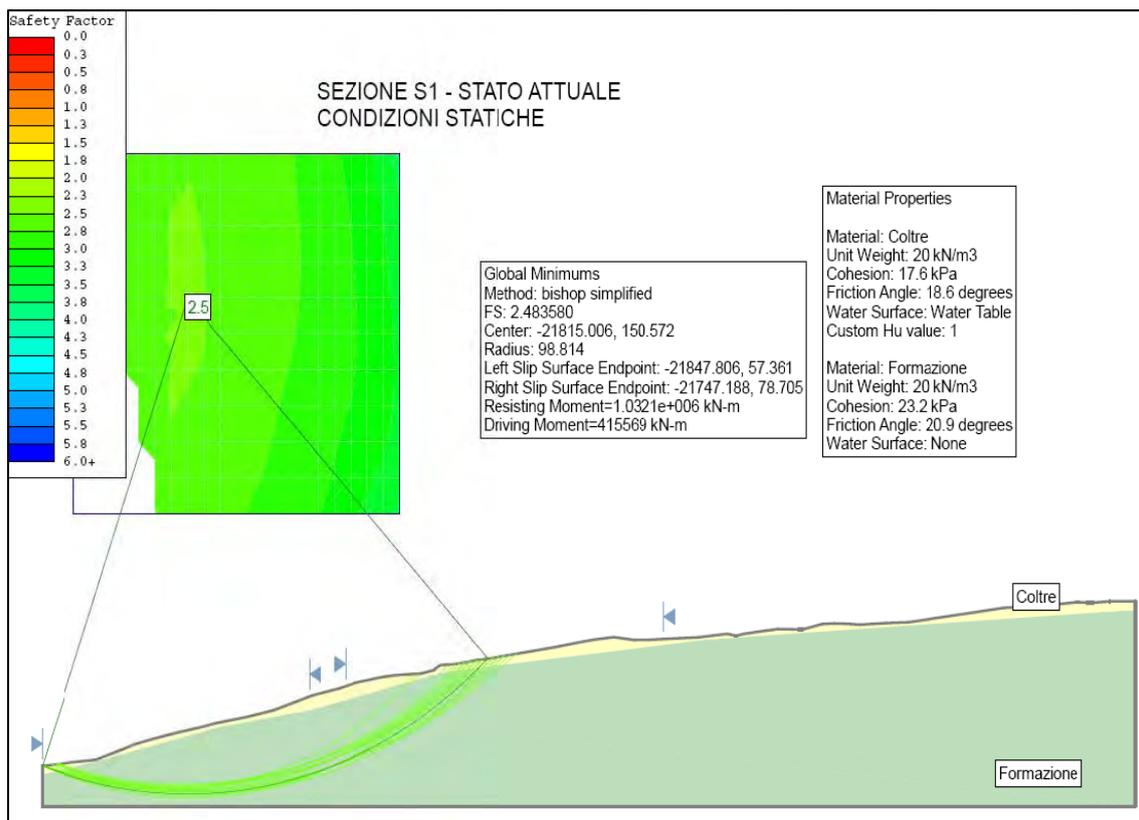


Figura 7

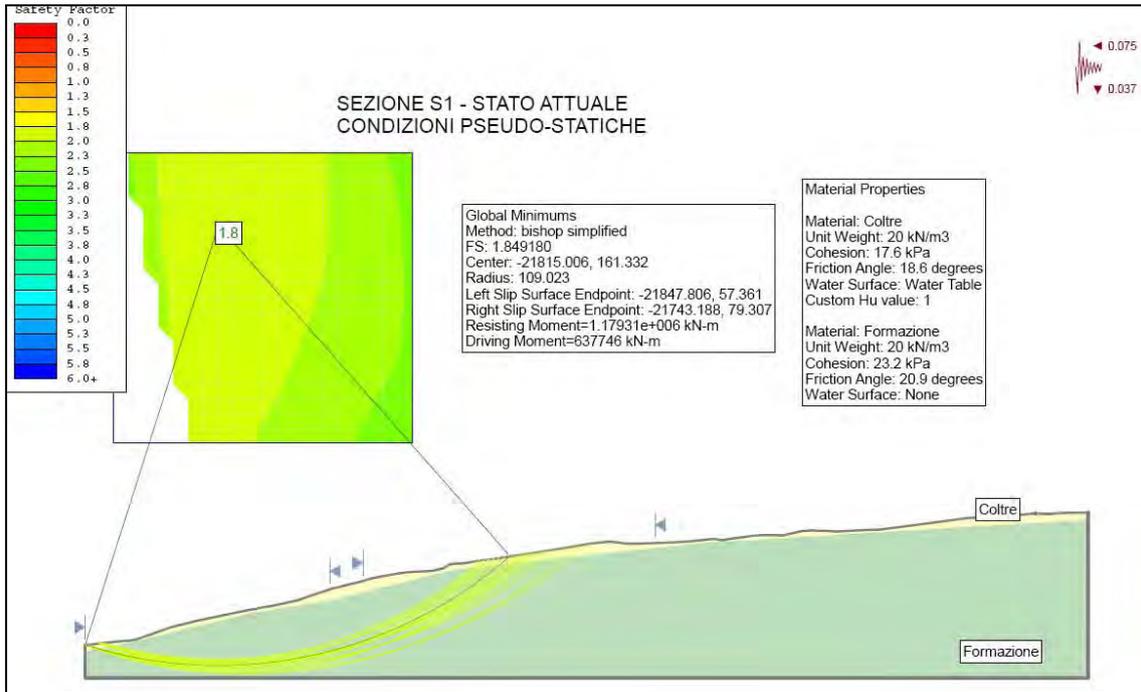


Figura 8

Sezione S2

La sezione 2 passa per la parte centrale dell'area ed è quella che presenta gli spessori maggiori di coltre, seppur sempre modesti.

Le verifiche vengono distinte in due zone : parte alta del versante e parte bassa del versante.

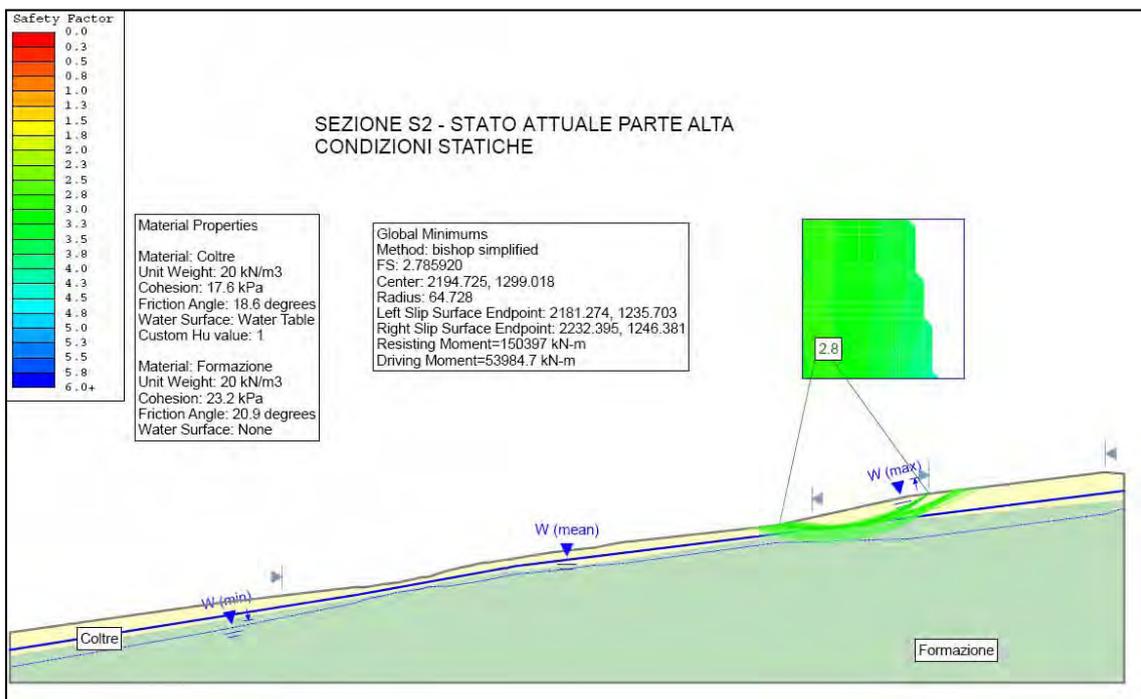


Figura 9

Il grafico evidenzia un coefficiente di sicurezza che soddisfa ampiamente i requisiti di legge.

La posizione della falda ubicata come da misura più sfavorevole eseguita, è stata fatta poi variare fino a farla coincidere con il piano campagna,

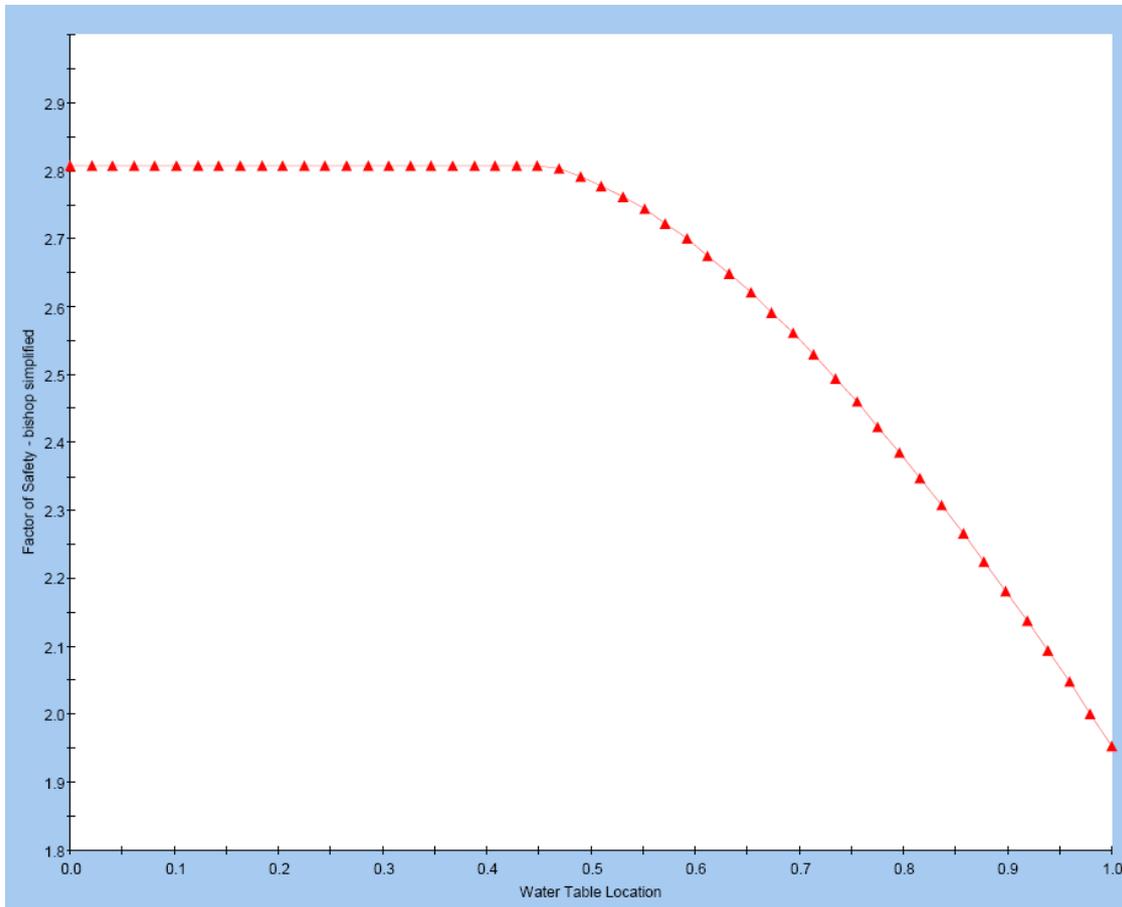


Figura 10

Anche in questo caso anche con la falda coincidente con il piano campagna otteniamo un coefficiente di sicurezza prossimo a 2.

Anche nella parte bassa del versante il coefficiente di sicurezza è superiore ai minimi di legge.

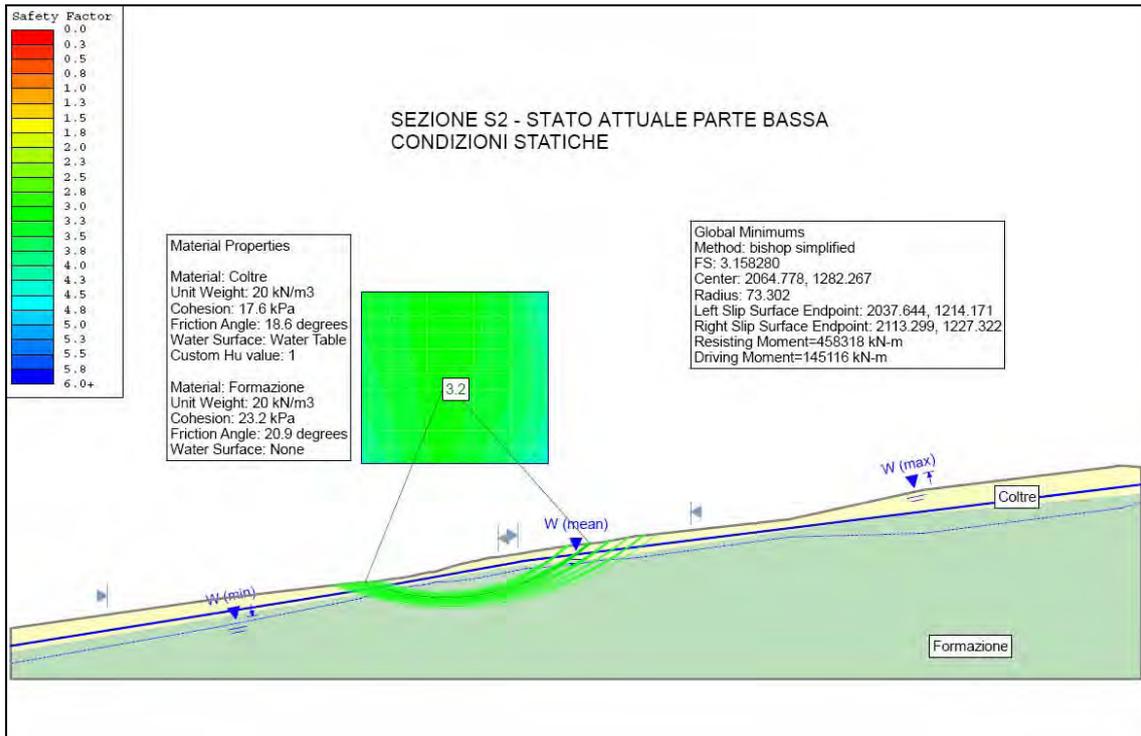


Figura 11

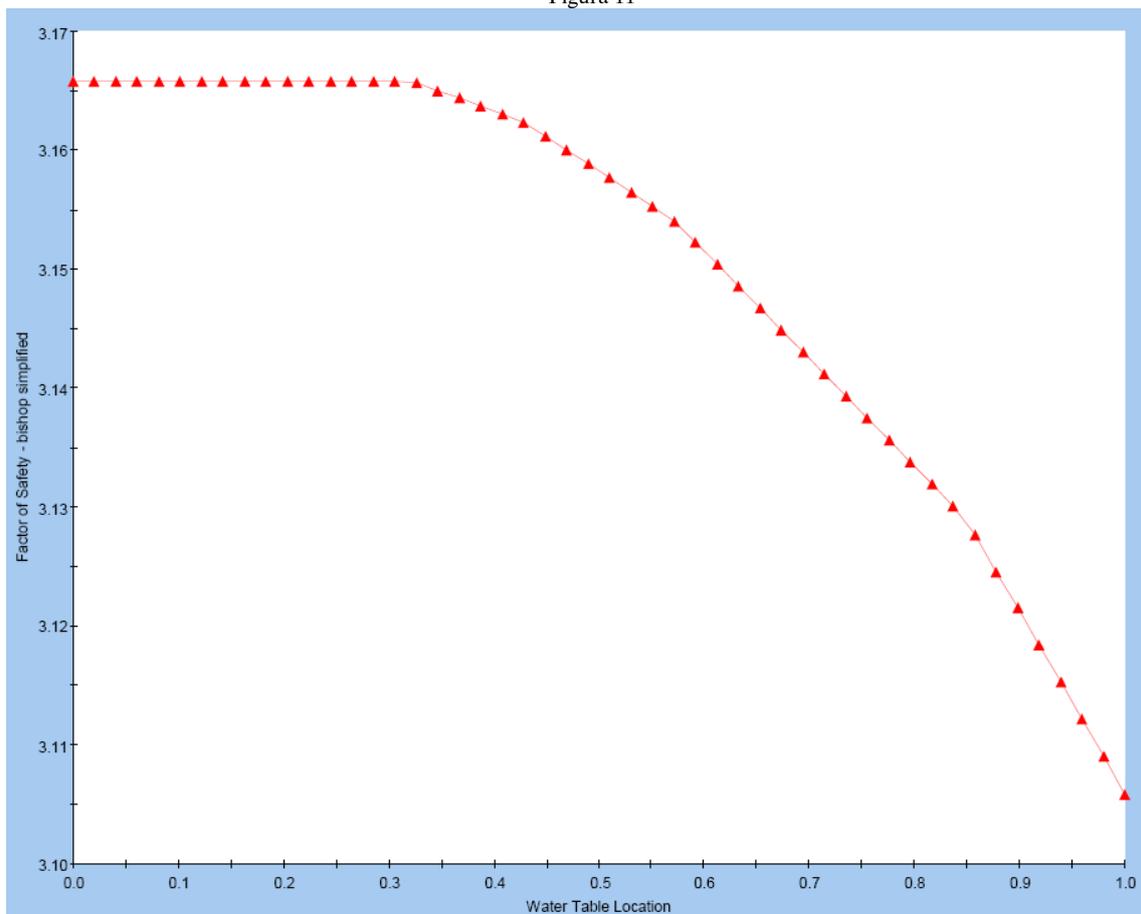


Figura 12

Anche a valle la posizione della falda ubicata come da misura più sfavorevole eseguita, è stata fatta poi variare fino a farla coincidere con il piano campagna, La variazione di risultato è insignificante.

Anche in condizioni pseudo-statiche il coefficiente di sicurezza riscontrato sia nella parte alta che bassa del versante soddisfa i requisiti di legge essendo superiore o pari a 2.

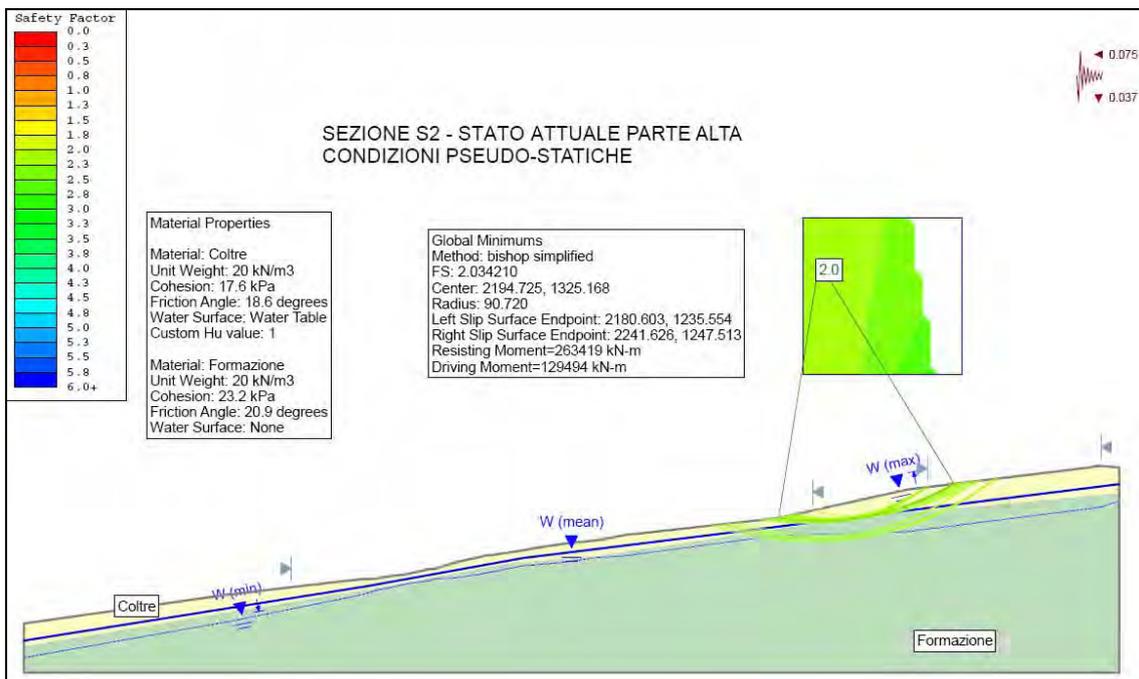


Figura 13

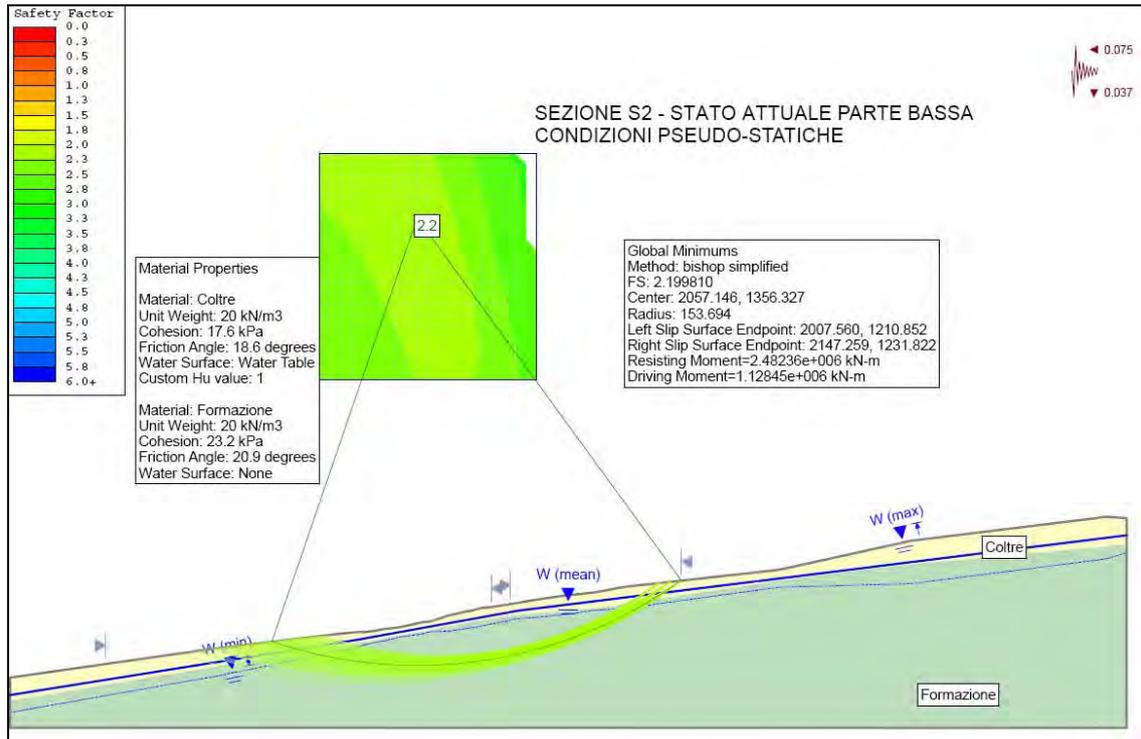


Figura 14

Sezione S3

Anche la sezione S3 è posta come la S1, in corrispondenza di una linea di spartiacque in cui non è stata rinvenuta presenza d'acqua nel corso delle indagini geognostiche.

Anche qui le verifiche vengono distinte in due zone : parte alta del versante e parte bassa del versante.

In entrambi i casi le verifiche di stabilità forniscono risultati compatibili con la normativa vigente.

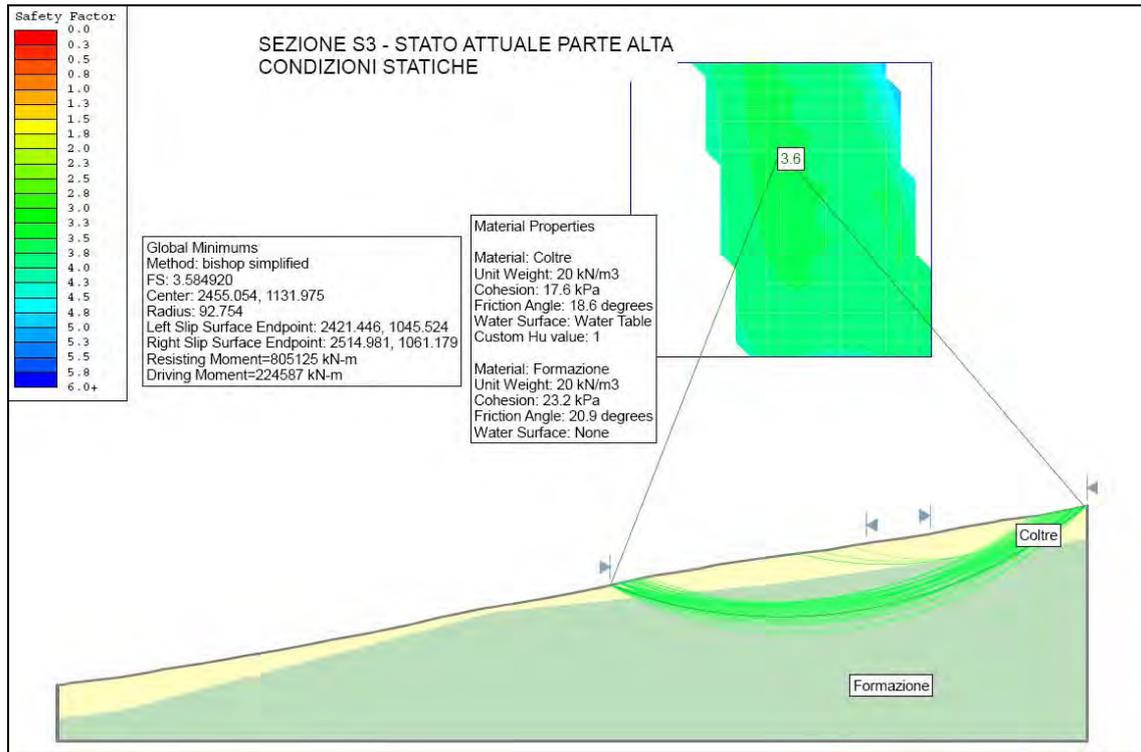


Figura 15

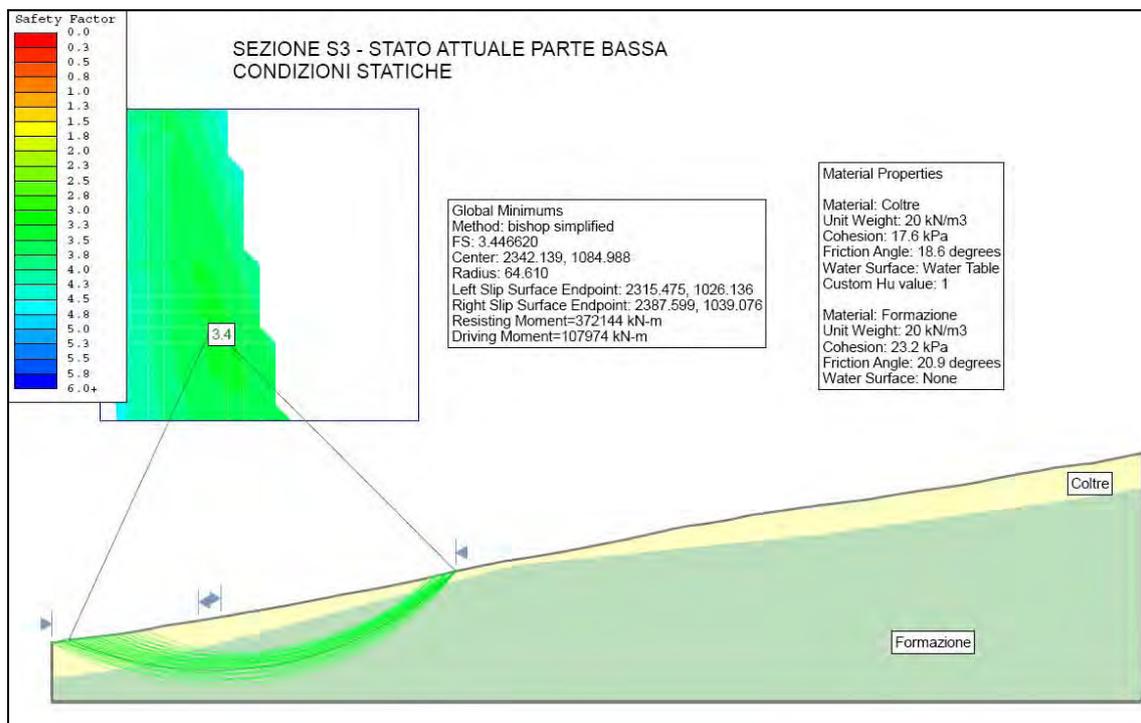


Figura 16

I valori accettati dalla normativa sono confermati anche in condizioni pseudo-statiche.

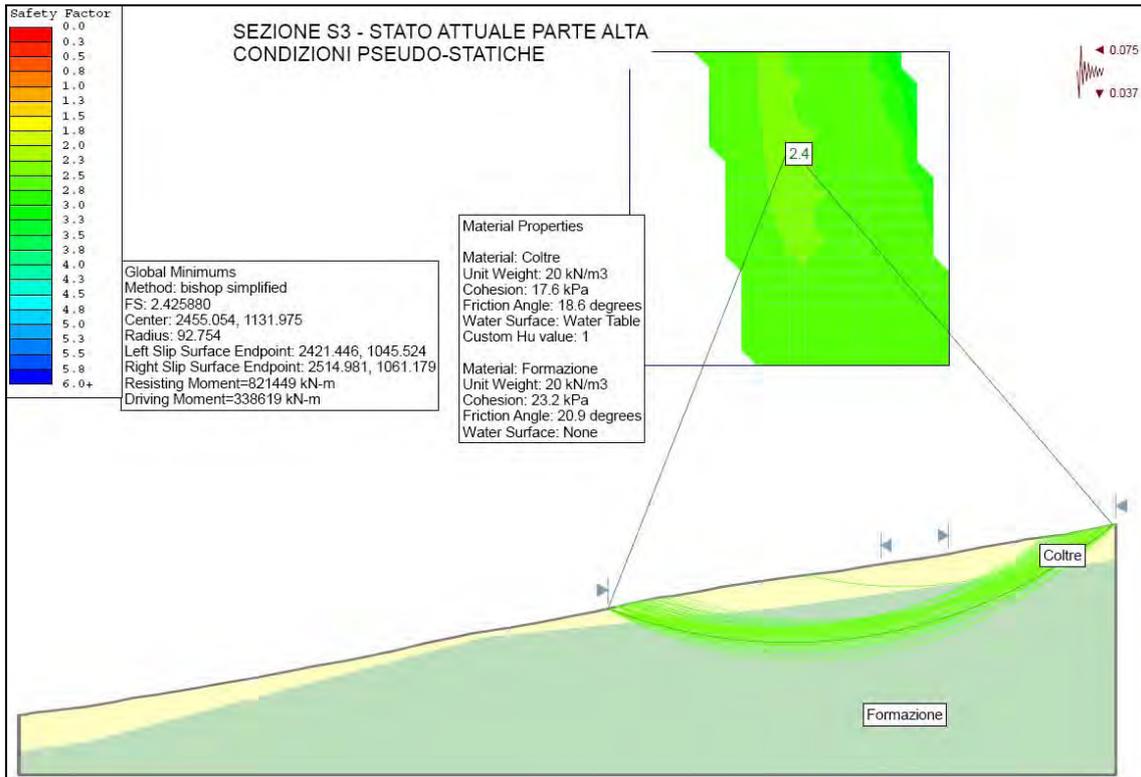


Figura 17

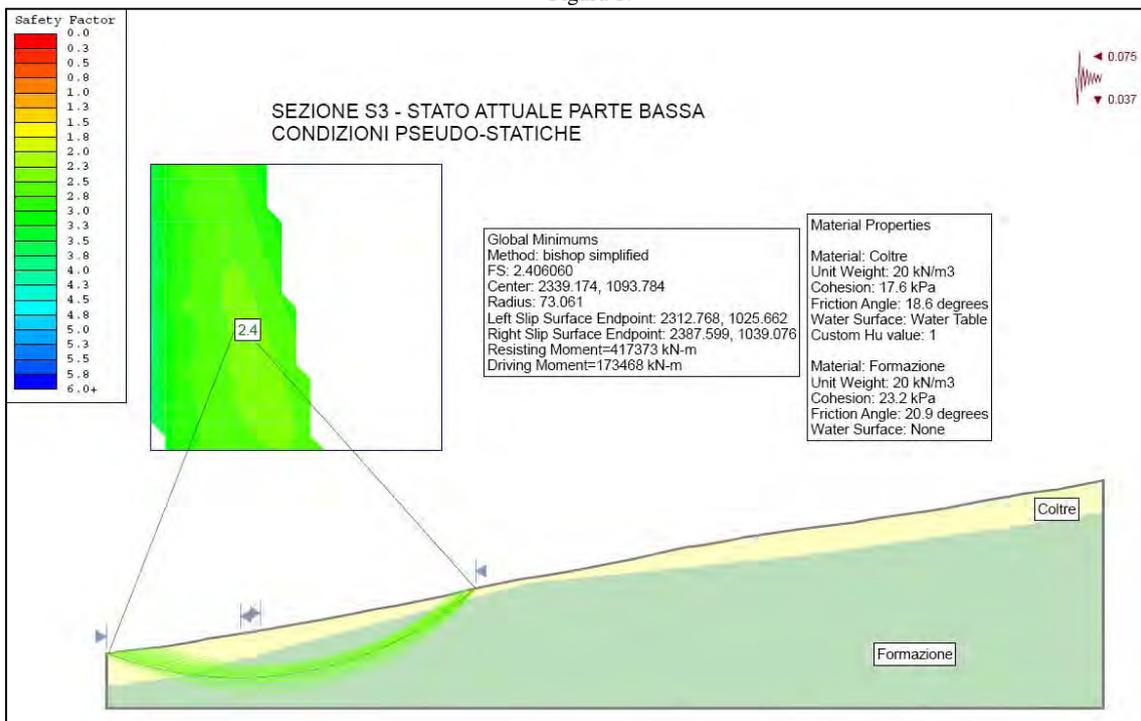


Figura 18

Sezione S4

La sezione 4 attraversa in parte l'area oggetto di trasformazione urbanistica e in parte l'area identificata dal PAI con l'art.17.

Proprio per questo motivo cautelativamente, pur non essendo stata trovata traccia d'acqua nel corso delle indagini, si ipotizza la saturazione di tutto lo spessore della coltre di copertura.

Come si può vedere i coefficienti di sicurezza sono comunque superiori ai minimi di legge sia nelle condizioni statiche che pseudo-statiche.

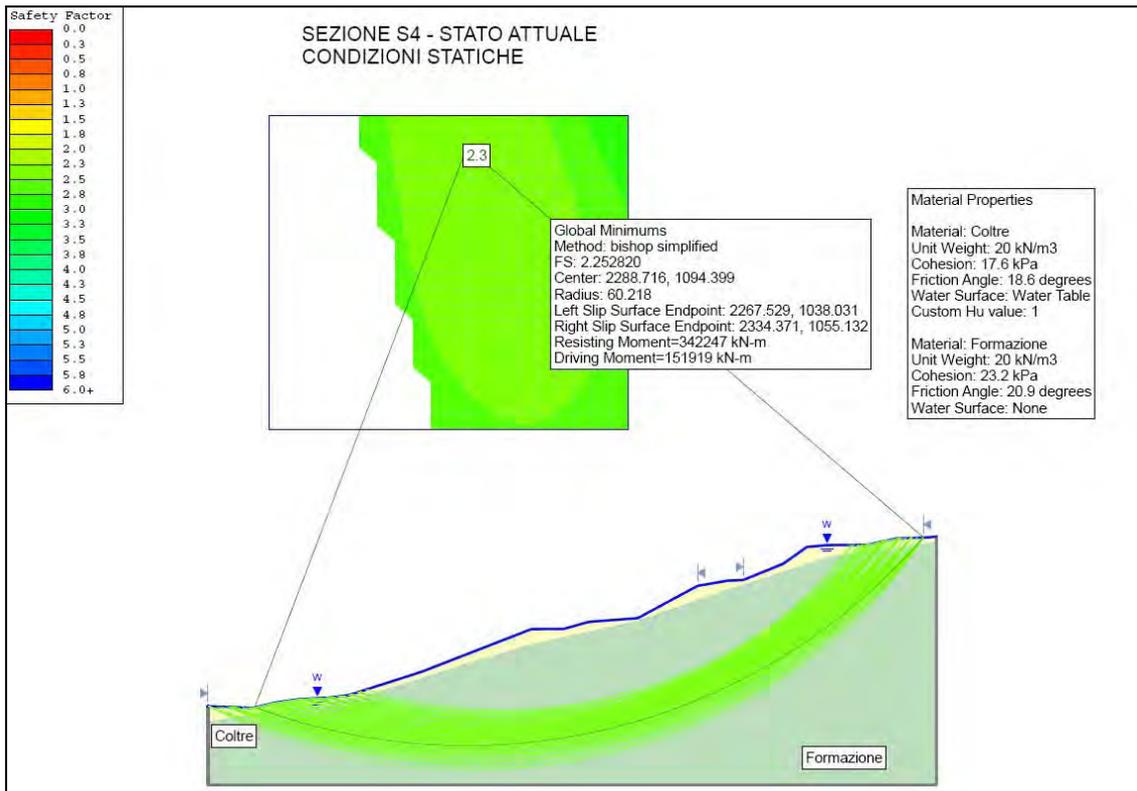


Figura 19

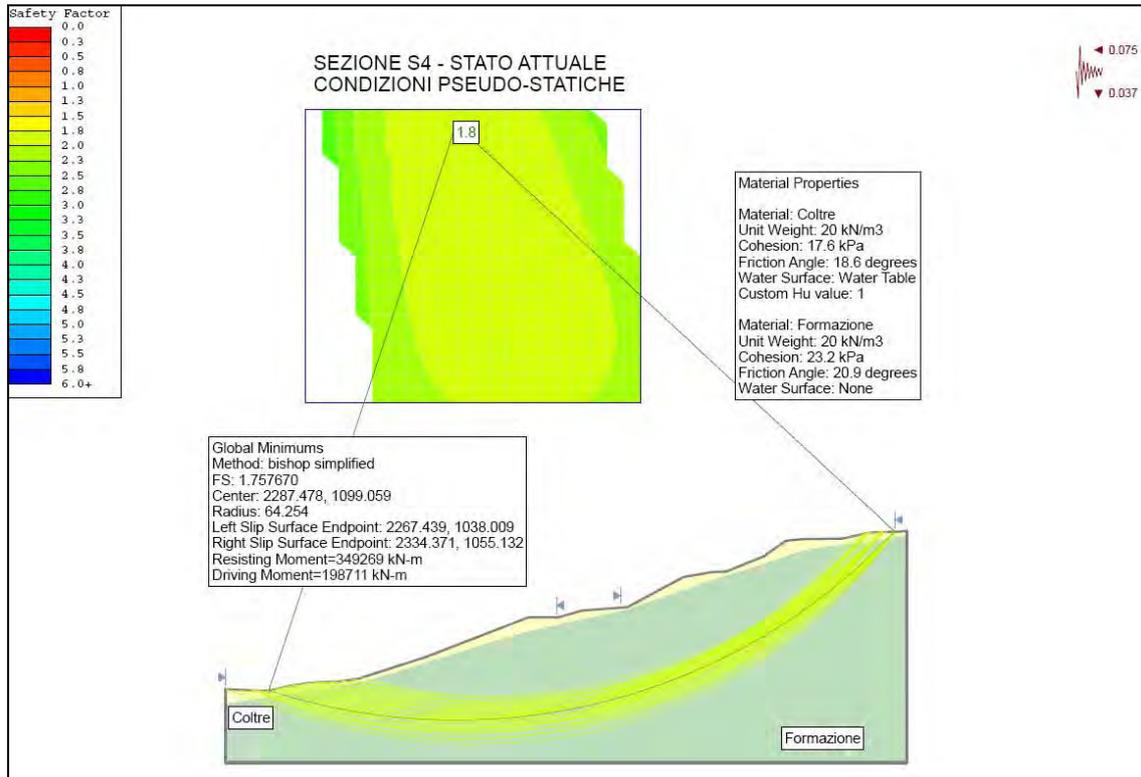


Figura 20

Sezione S6

I coefficienti di sicurezza sia in condizioni statiche che pseudo-statiche sono ampiamente superiori ai minimi di legge.

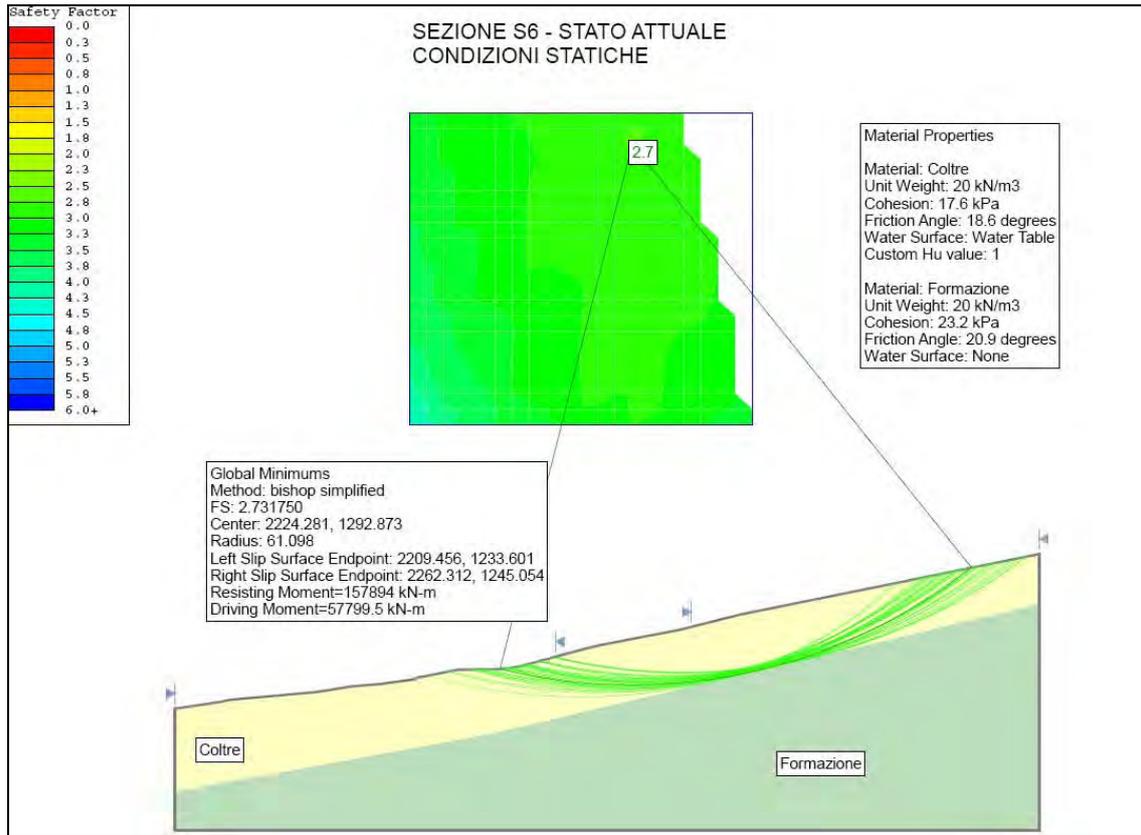


Figura 21

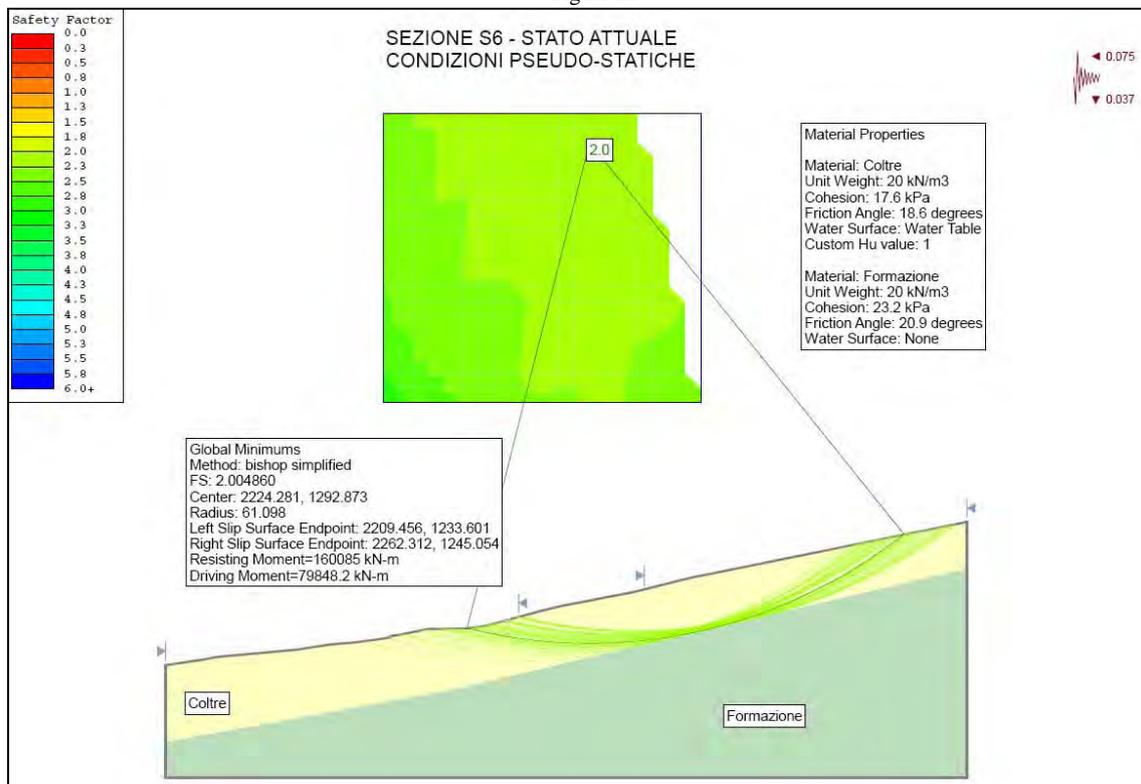


Figura 22

VERIFICHE STATO DI PROGETTO

Sezione S1

Anche nella condizione di progetto, si confermano valori del coefficiente di sicurezza ampiamente superiore alla normativa vigente, sia in condizioni statiche che pseudo-statiche.

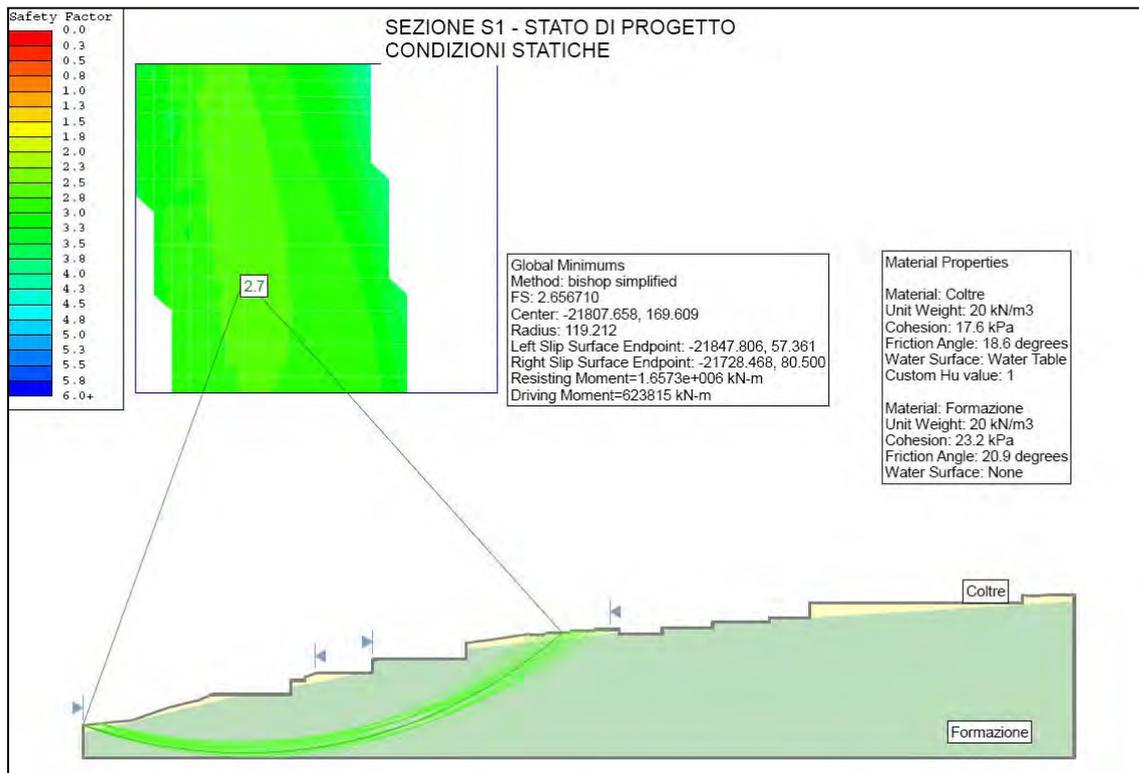


Figura 23

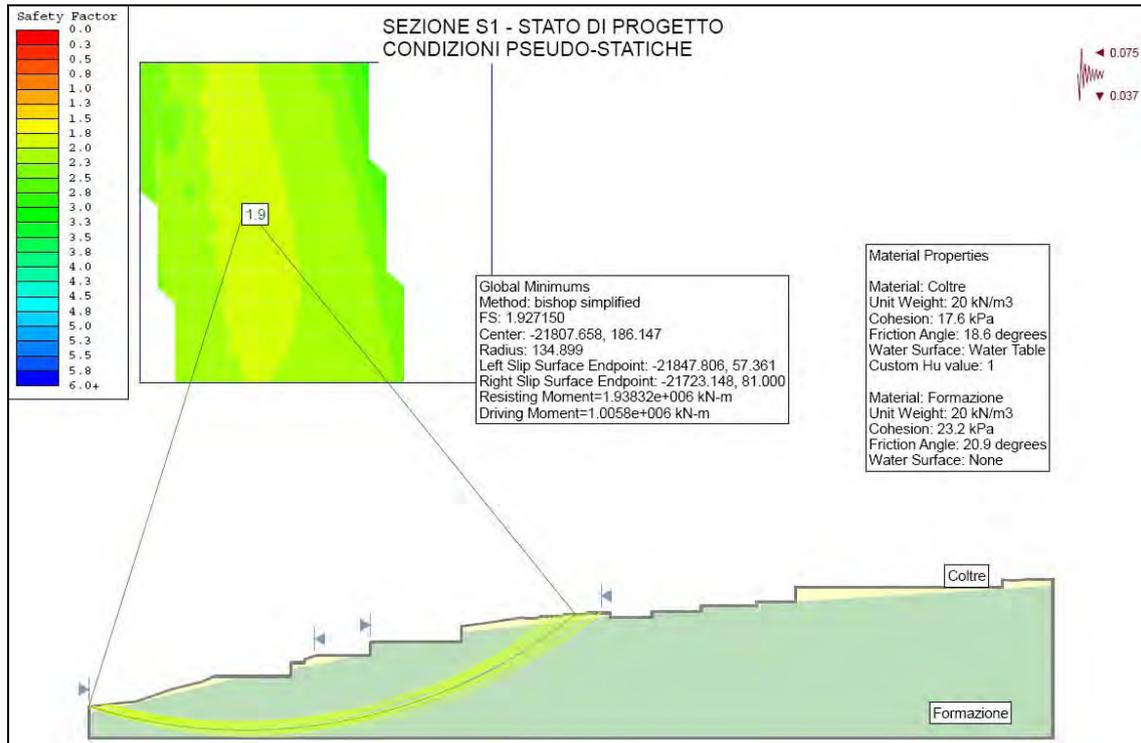


Figura 24

Sezione S2

Anche per la sezione S2 nella condizione di progetto, si confermano valori del coefficiente di sicurezza ampiamente superiore alla normativa vigente.

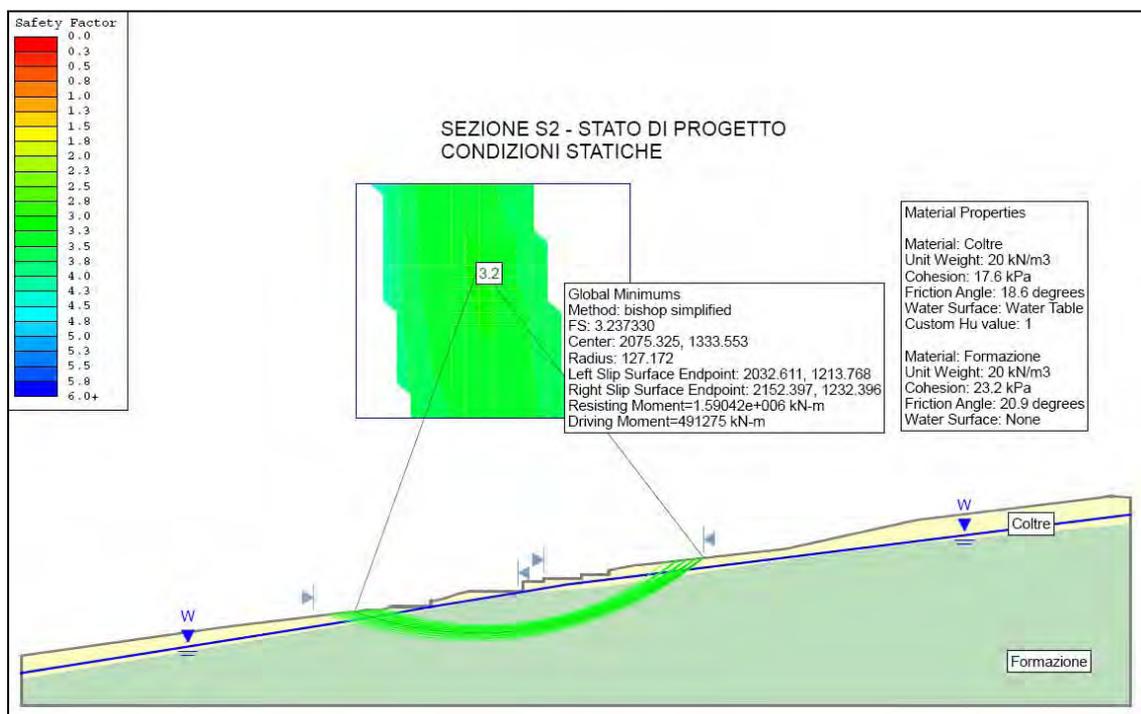


Figura 25

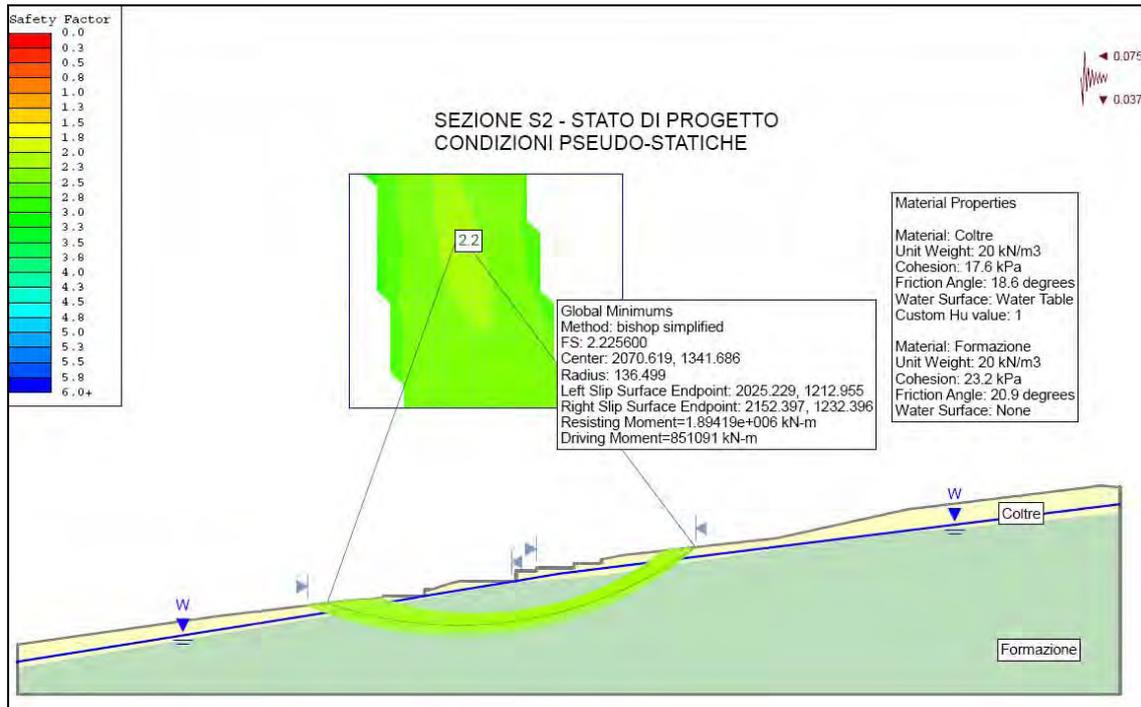


Figura 26

Su questa sezione è stato poi analizzato il comportamento del versante nel tratto confinante con il perimetro della zona di possibile evoluzione del dissesto inserito dall'Autorità di Bacino. Nel parere 2951/12 rilasciato dalla Provincia di Pesaro e Urbino Servizio 4.2 in sede di variante urbanistica al PRG si chiedeva di inserire un'ulteriore fascia di 10 m di distanza tra l'area di intervento ed il perimetro dell'art.16.

A parere dello scrivente ciò non è necessario in quanto già la fascia dell'art.16 costituisce la zona di possibile evoluzione e quindi la fascia di salvaguardia nei confronti di possibili fenomeni evolutivi del dissesto verso monte.

Tuttavia è stato analizzato il grado di stabilità del versante imponendo superfici di scivolamento che partono proprio dall'interno di questi 10 m.

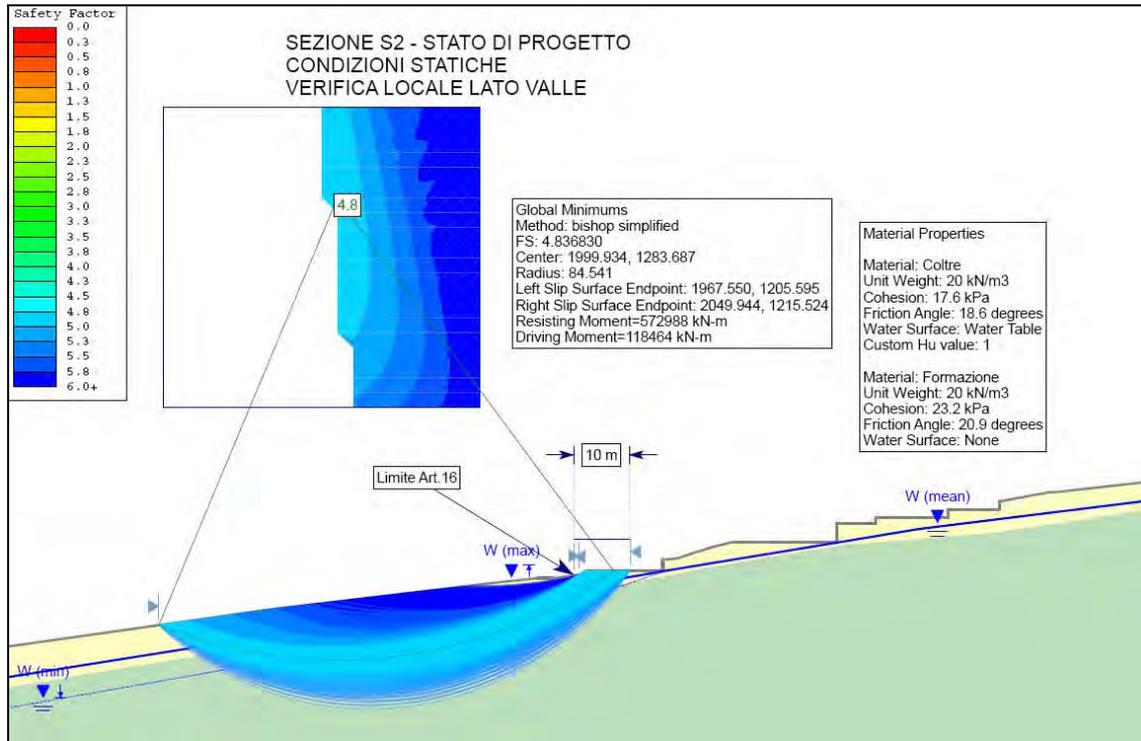


Figura 27

Come si può vedere dal grafico le superfici di scivolamento che interessano questi dieci metri non risultano assolutamente a rischio e forniscono valori del coefficiente di sicurezza superiori a 4.

Anche analizzando la situazione del grado di stabilità in funzione della posizione della falda le cose cambiano poco.

Infatti anche con la falda prossima al piano campagna otteniamo valori del coefficiente di sicurezza superiori a 4.

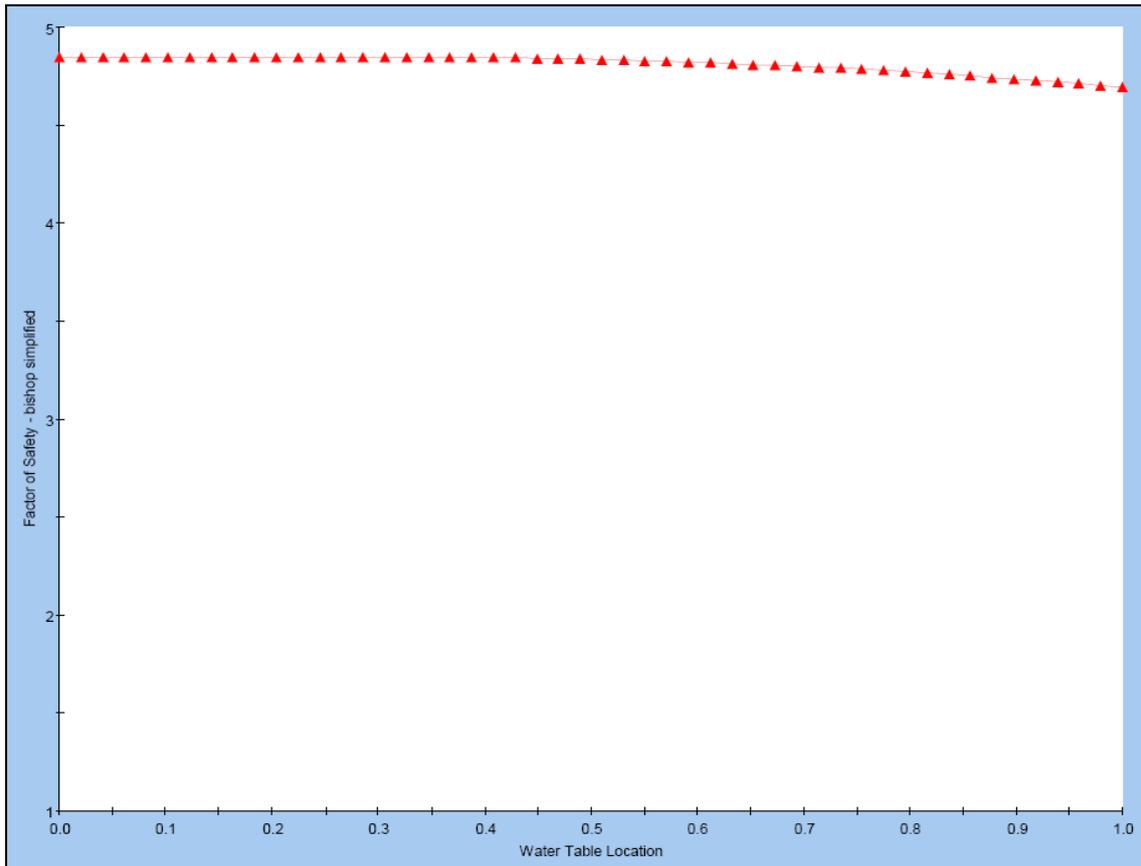


Figura 28

Anche in condizioni pseudo-statiche valgono le considerazioni esposte sopra.

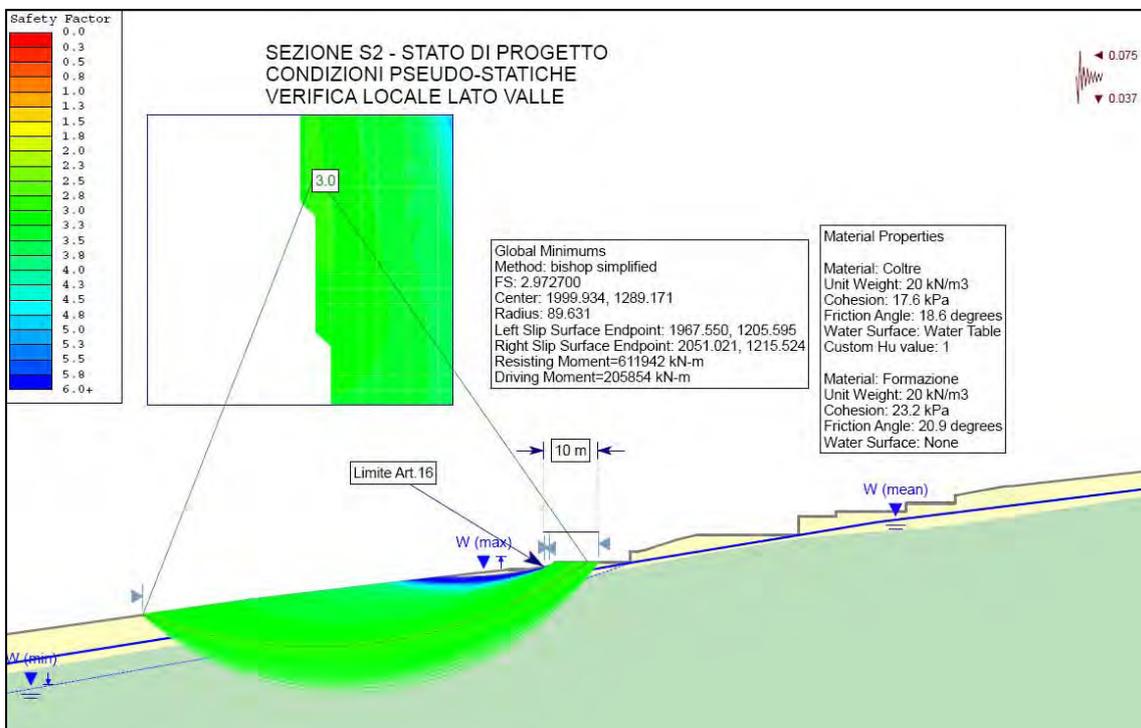


Figura 29

Ciò a parere dello scrivente conferma che il limite dell'intervento può essere posizionato in corrispondenza del limite del perimetro dell'art.16 senza ulteriori fasce di sicurezza.

Sezione S3

Anche per la sezione S3 nella condizione di progetto, si confermano valori del coefficiente di sicurezza ampiamente superiore alla normativa vigente, sia in condizioni statiche che sismiche

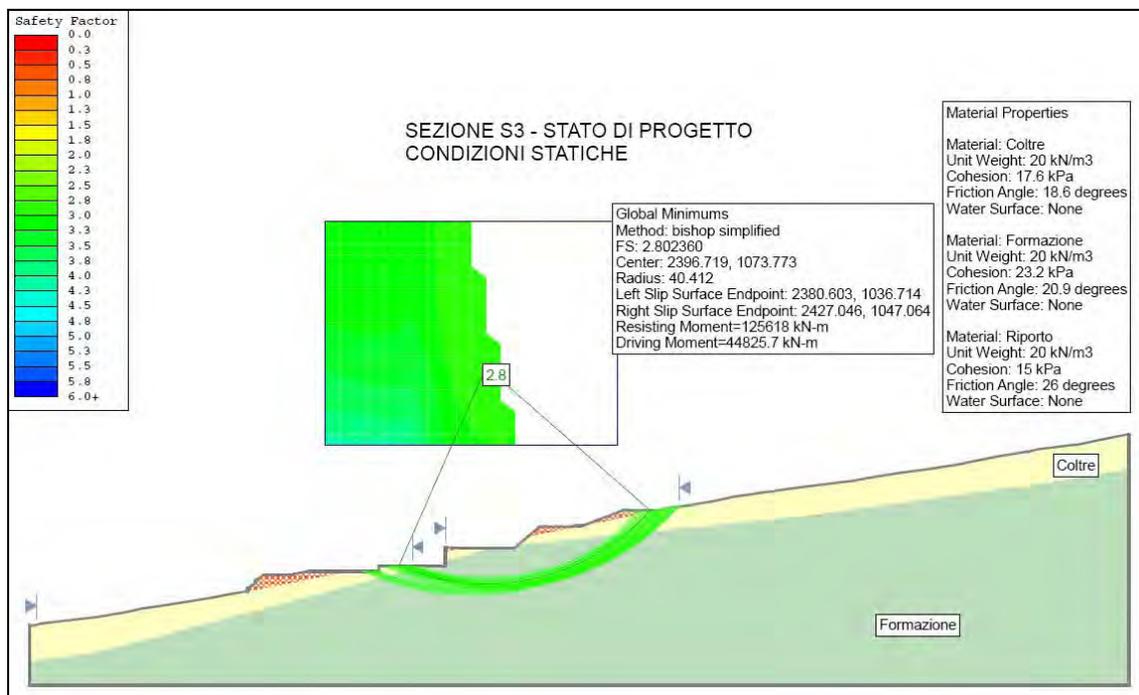


Figura 30

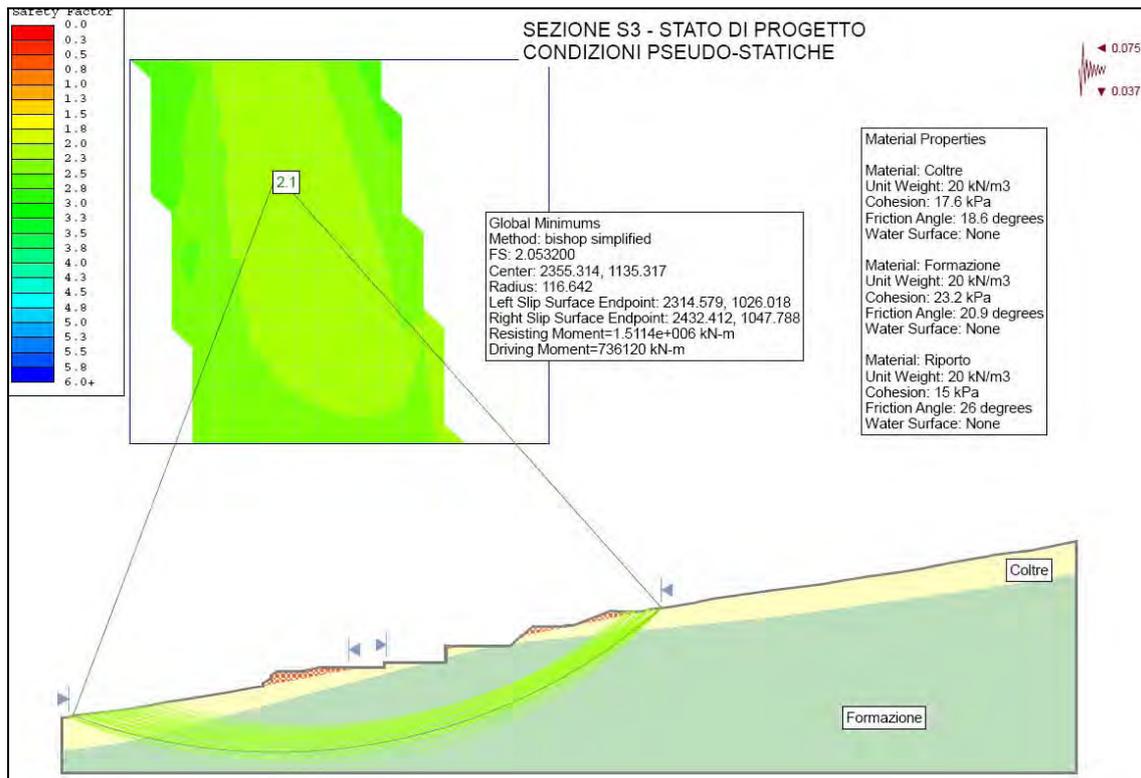


Figura 31

Anche su questa sezione è stato analizzato il comportamento del versante nel tratto confinante con il perimetro della zona di possibile evoluzione del dissesto inserito dall'Autorità di Bacino.

Come si può vedere dai grafici le superfici di scivolamento che interessano questi dieci metri non risultano assolutamente a rischio e forniscono valori del coefficiente di sicurezza superiori a 2 per cui valgono le medesime considerazioni fatte per la sezione S2..

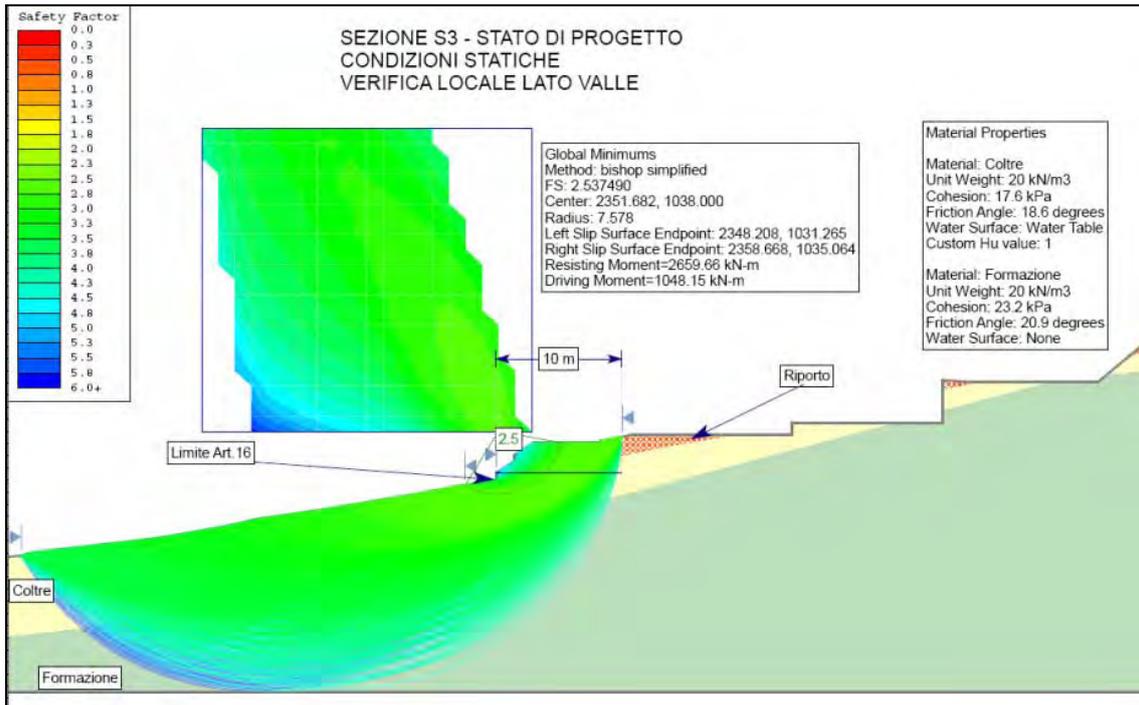


Figura 32

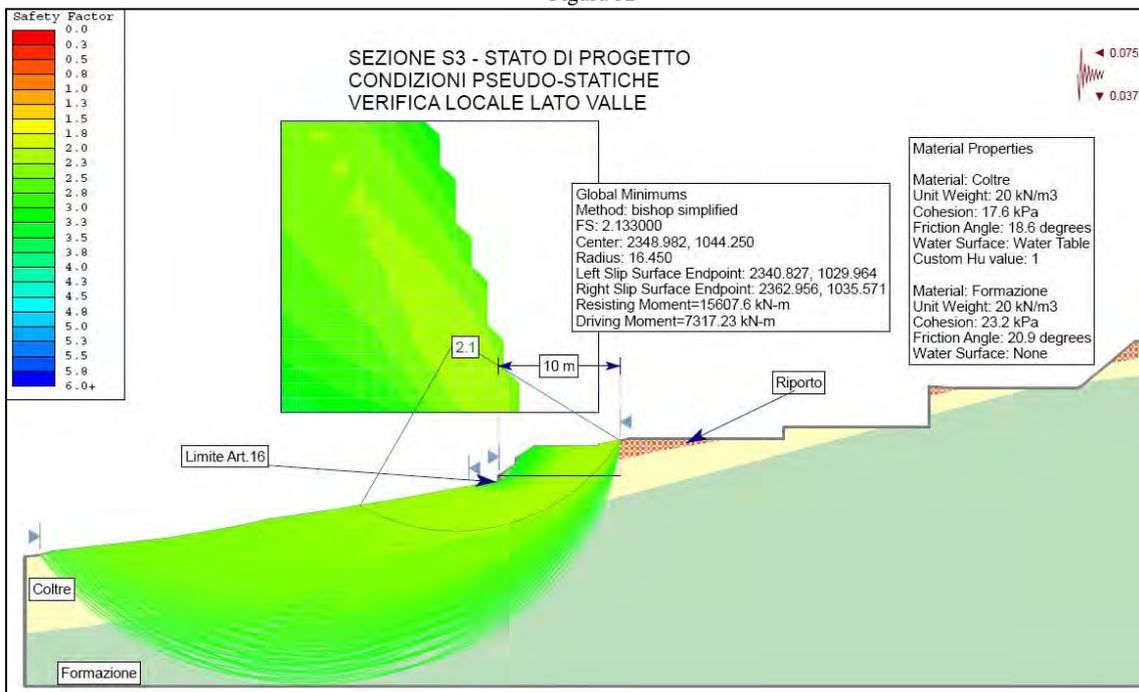


Figura 33

Sezione S4

La sezione S4 come già ricordato nella parte relativa allo stato di fatto confina con un perimetro PAI art.17, per cui anche nella fase di progetto è stato cautelativamente inserita, anche se non presente, la saturazione dello strato relativo alla coltre di copertura.

Anche in questo caso sono state analizzate le superfici di scivolamento che partono entro i 10 m dal limite del perimetro art.17.

Come si può vedere dai risultati sia in condizioni statiche che pseudo-statiche, i coefficienti di sicurezza sono superiori a 2 e quindi ampiamente compatibili con l'anormativa vigente.

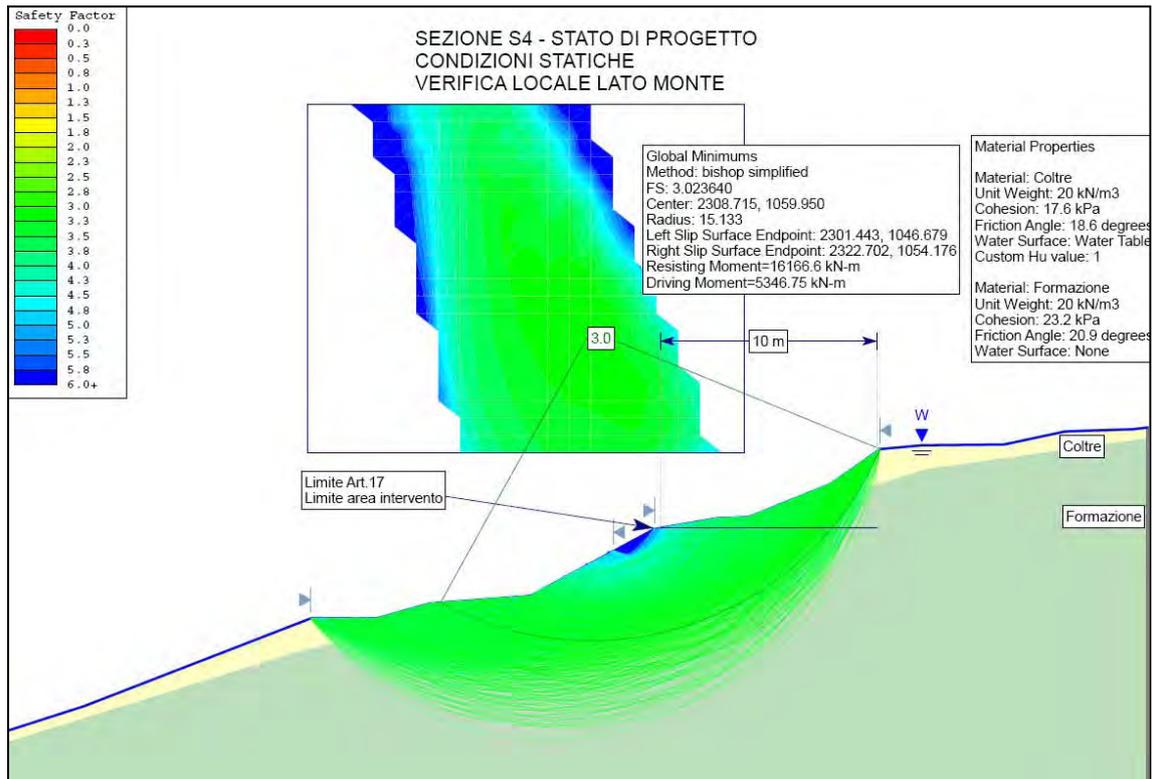


Figura 34

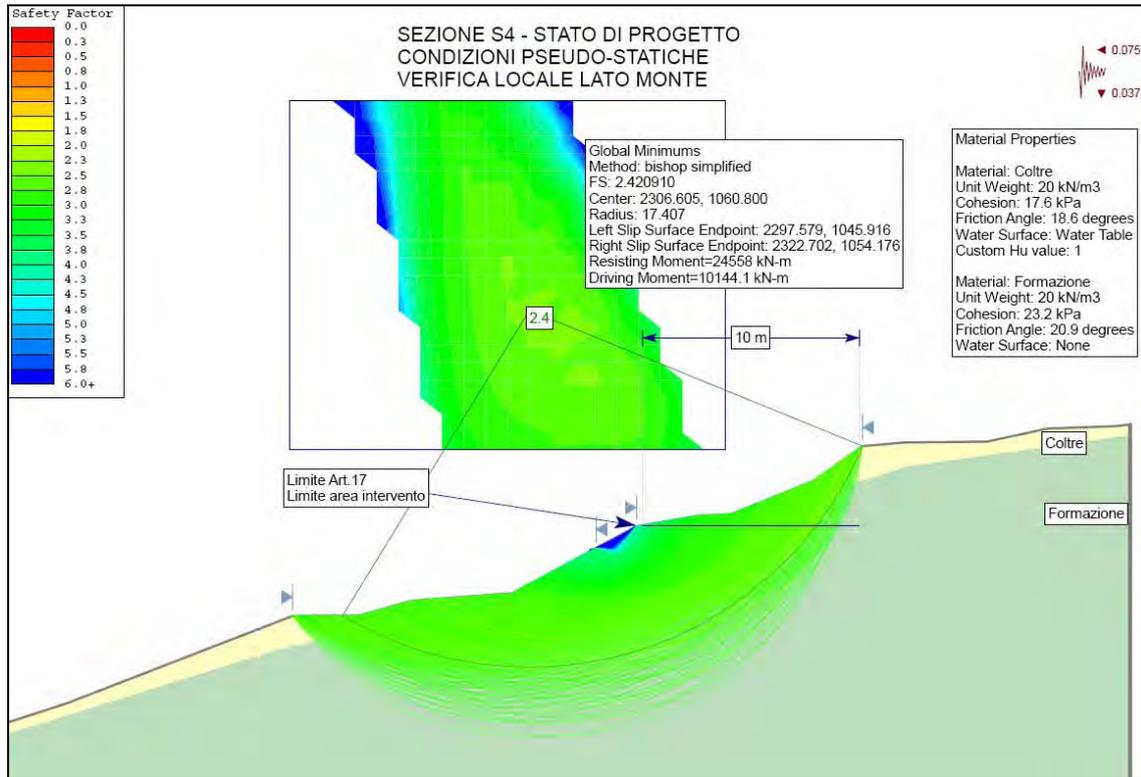


Figura 35

Sezione S6

Anche nella condizione di progetto, si confermano valori del coefficiente di sicurezza ampiamente superiore alla normativa vigente, sia in condizioni statiche che pseudo-statiche.

10 SBANCAMENTI E RIPORTI

Laddove si rendono necessari sbancamenti di altezza superiore a 2 metri, la loro esecuzione dovrà essere preceduta da opere di contenimento al fine di evitare l'innescarsi di movimenti franosi e permettere alle maestranze di lavorare in sicurezza.

In particolare, come visibile nelle sezioni di progetto, illustrate in tavola P3, gli sbancamenti maggiori si rinvengono a targo dei fabbricati.

Le altezze medie di sbancamento risultano in questi punti mediamente di 3 m con un massimo di 5,15 m nella sezione 3 in corrispondenza dell'edificio adibito a sala di incisione cinema 5D.

I terreni di riporto nei piazzali e nelle strade dovranno essere costituiti da materiali appartenenti alle classi A-1÷A-3 della classificazione CNR-UNI 10006, contraddistinti pertanto da una elevata permeabilità e da un'azione di ritiro o rigonfiamento nullo in alternativa potranno essere utilizzati materiali argillosi stabilizzati con calce.

La posa in opera di tale materiale sarà consentita esclusivamente previa scorticatura dei terreni in sito.

Per quanto riguarda il materiale di sottofondo dei piazzali e delle strade si consiglia un modulo di compressibilità M_{ϵ} nell'intervallo di carico $0.05 \div 0.15 \text{ N/mm}^2$ non inferiore a 20 N/mm^2 , e la densità relativa non inferiore al 95 % della densità AASHO Standard. In caso non fosse possibile raggiungere tali valori sarà necessario procedere alla bonifica del terreno. Il modulo di compressibilità M_{ϵ} nell'intervallo di carico $0.15 \div 0.25 \text{ N/mm}^2$ non dovrà essere inferiore a 80 N/mm^2 .

Una volta rispettati questi parametri potranno essere stesi i successivi strati.

Le scarpate potranno essere profilate con pendenza 3:1 in caso di terreno di riporto argilloso, e 3:2 in caso di terreno naturale o terreno di riporto granulare asciutto.

11 FONDAZIONI

La tipologia e la geometria delle fondazioni dei fabbricati sarà definita in fase di calcolo strutturale degli edifici.

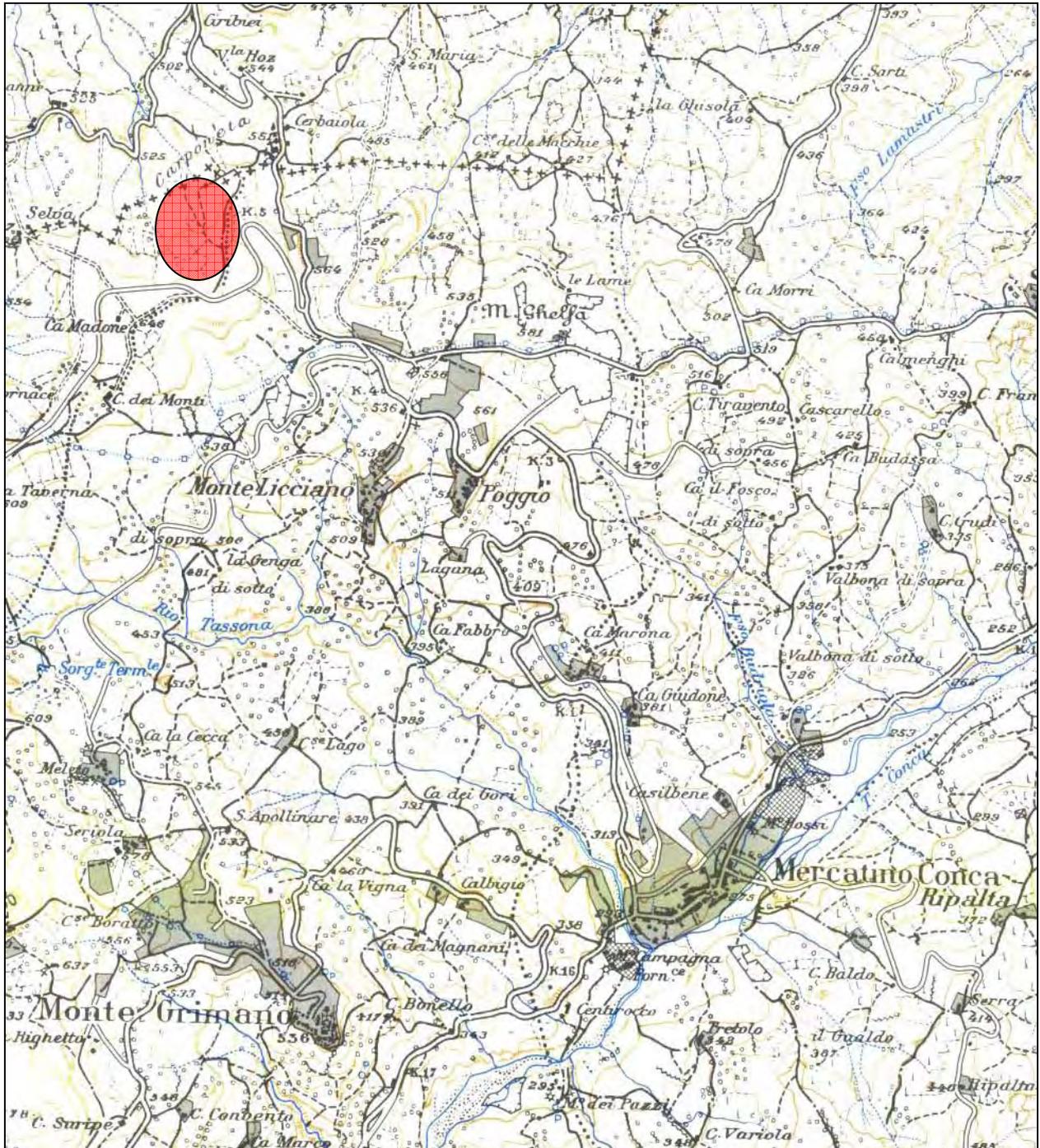
In linea di principio tuttavia si prevedono fondazioni profonde quali pali trivellati incastrati nel substrato marnoso-argilloso.

Ciò al fine di evitare sovraccarichi sulla coltre di copertura ed evitare quindi locali rotture del pendio.

ALLEGATO (1)

-	COROGRAFIA	scala 1: 25.000
-	RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO	scala 1: 10.000
-	CARTA FOTOGEOMORFOLOGICA (volo 1976)	scala 1: 10.000
-	CARTA FOTOGEOMORFOLOGICA (volo 1985)	scala 1: 10.000
-	CARTA FOTOGEOMORFOLOGICA (volo 1996)	scala 1: 10.000
-	RILIEVO GEOMORFOLOGICO	scala 1: 10.000
-	CARTA GEOLOGICA	scala 1: 10.000
-	CARTA IDROGRAFICA	scala 1: 5.000
-	CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO PAI	scala 1: 10.000
-		

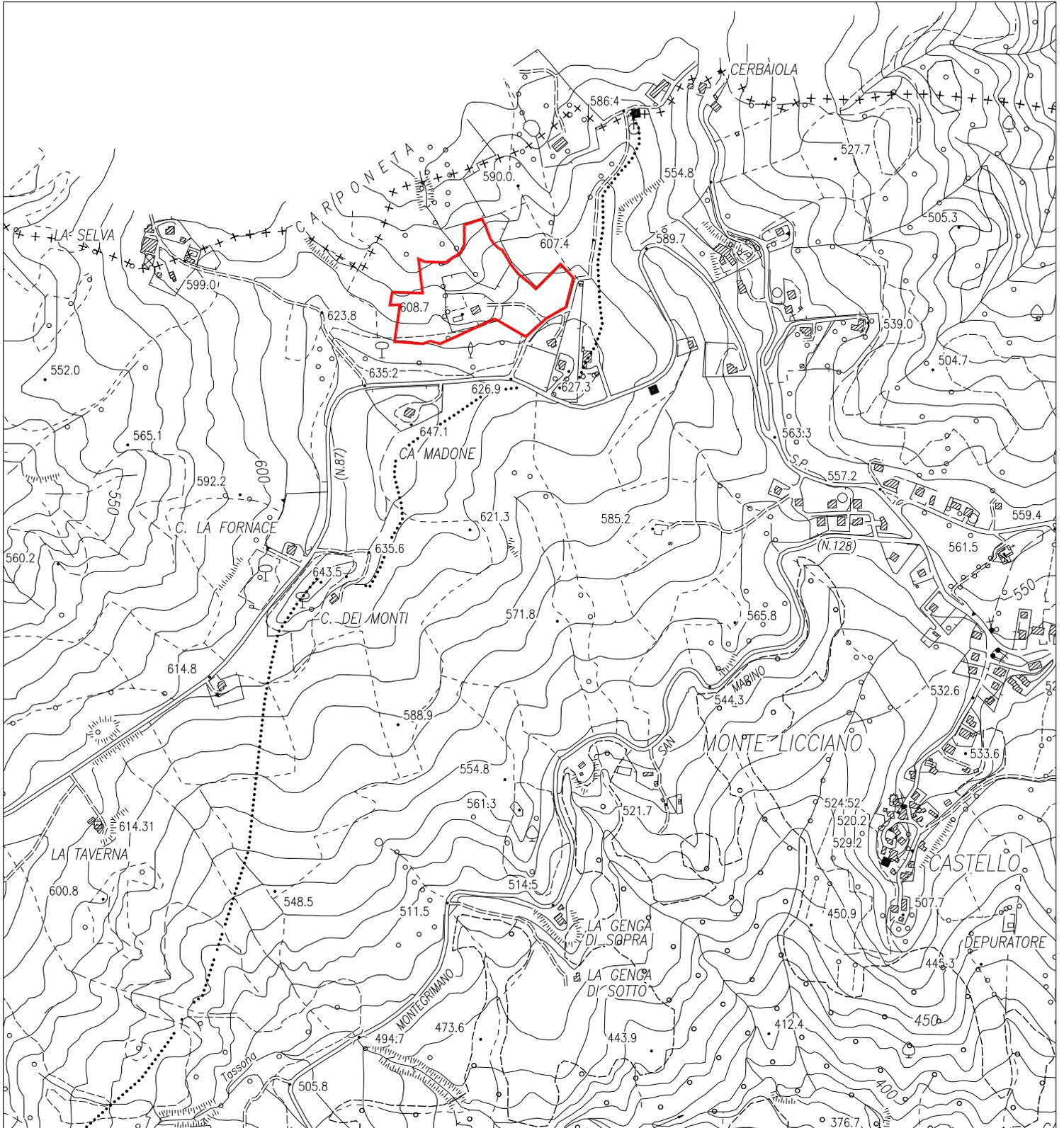
Corografia scala 1:25.000
Foglio 109 I.G.M. - Quadrante 109 IV



Area in esame

Rilievo aerofotogrammetrico Scala 1:10.000

Foglio 267 - Sezione 267100



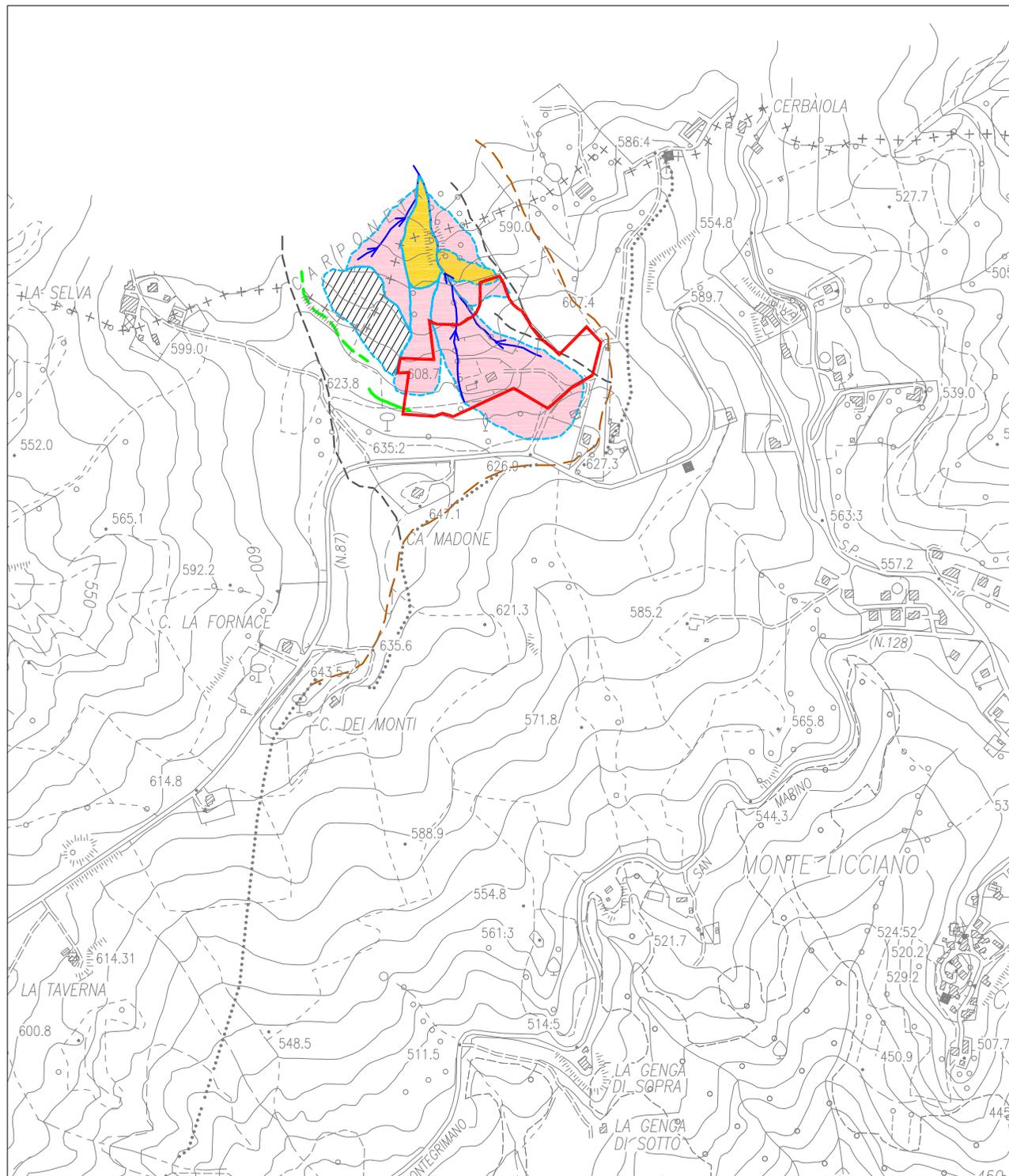
Area in esame

Analisi Fotogeologica anno '55

-  Limite anno '55
-  Limite Superiore Unità Idromorfologica Elementare (UIE)
-  Limite della Cella Idrografica Elementare (CIE)

Forme e depositi dovuti alle acque superficiali ed alla gravità

-  Corpo di frana per Scorrimento Quiescente
-  Dissesto superficiale da soliflusso
-  Area di ruscellamento diffuso e/o concentrato
-  Orlo di nicchia di frana inattiva
-  Fosso inciso
-  Area d'intervento

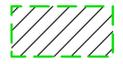


Scala 1 10.000

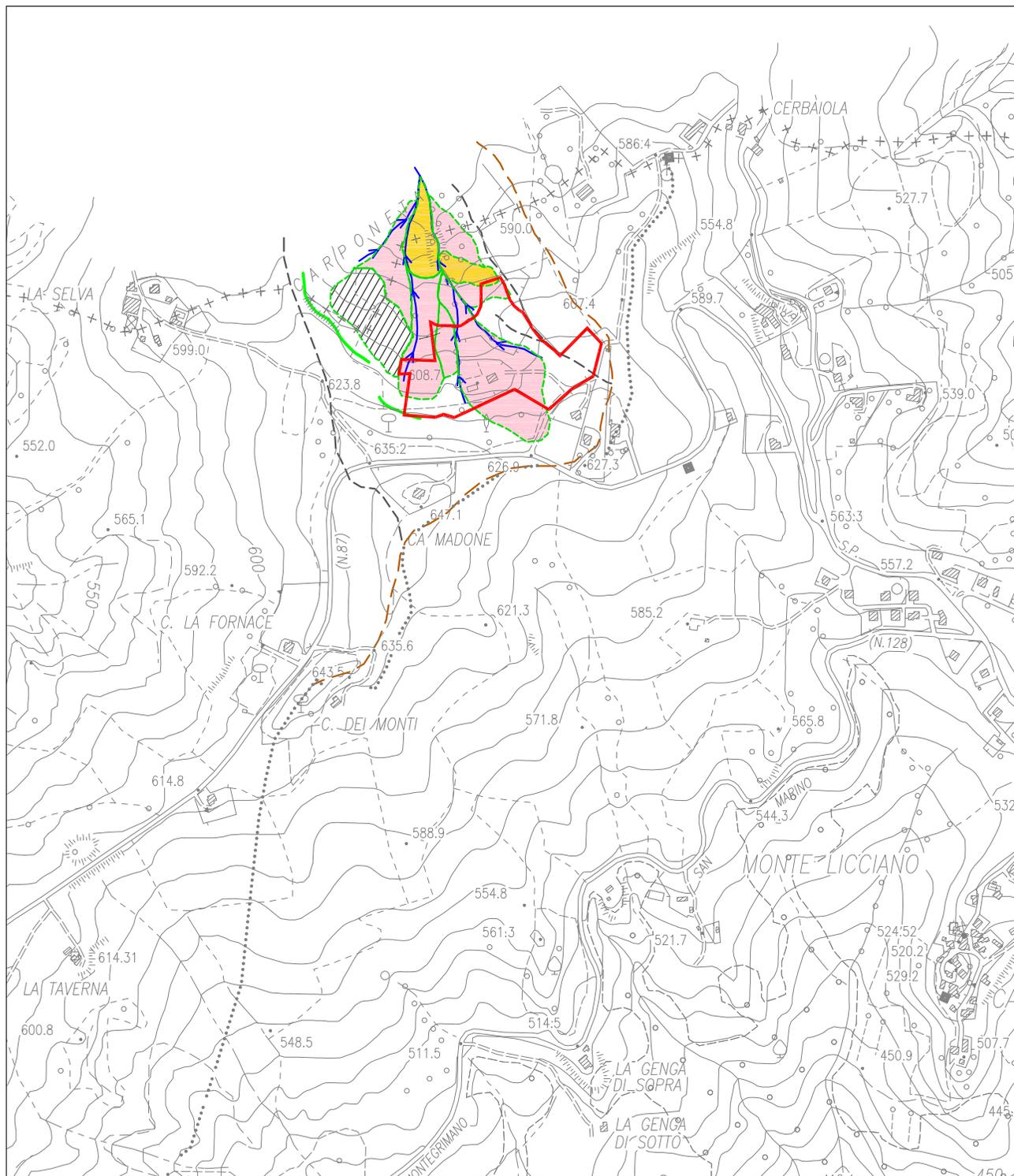
Analisi Fotogeologica anno '73

-  Limite anno '73
-  Limite Superiore Unità Idromorfologica Elementare (UIE)
-  Limite della Cella Idrografica Elementare (CIE)

Forme e depositi dovuti alle acque superficiali ed alla gravità

-  Corpo di frana per Scorrimento Quiescente
-  Dissesto superficiale da soliflusso
-  Area di ruscellamento diffuso e/o concentrato
-  Orlo di nicchia di frana inattiva
-  Scarpata poligenica (antropica)
-  Fosso inciso
-  Area d'intervento

Scala 1 10.000



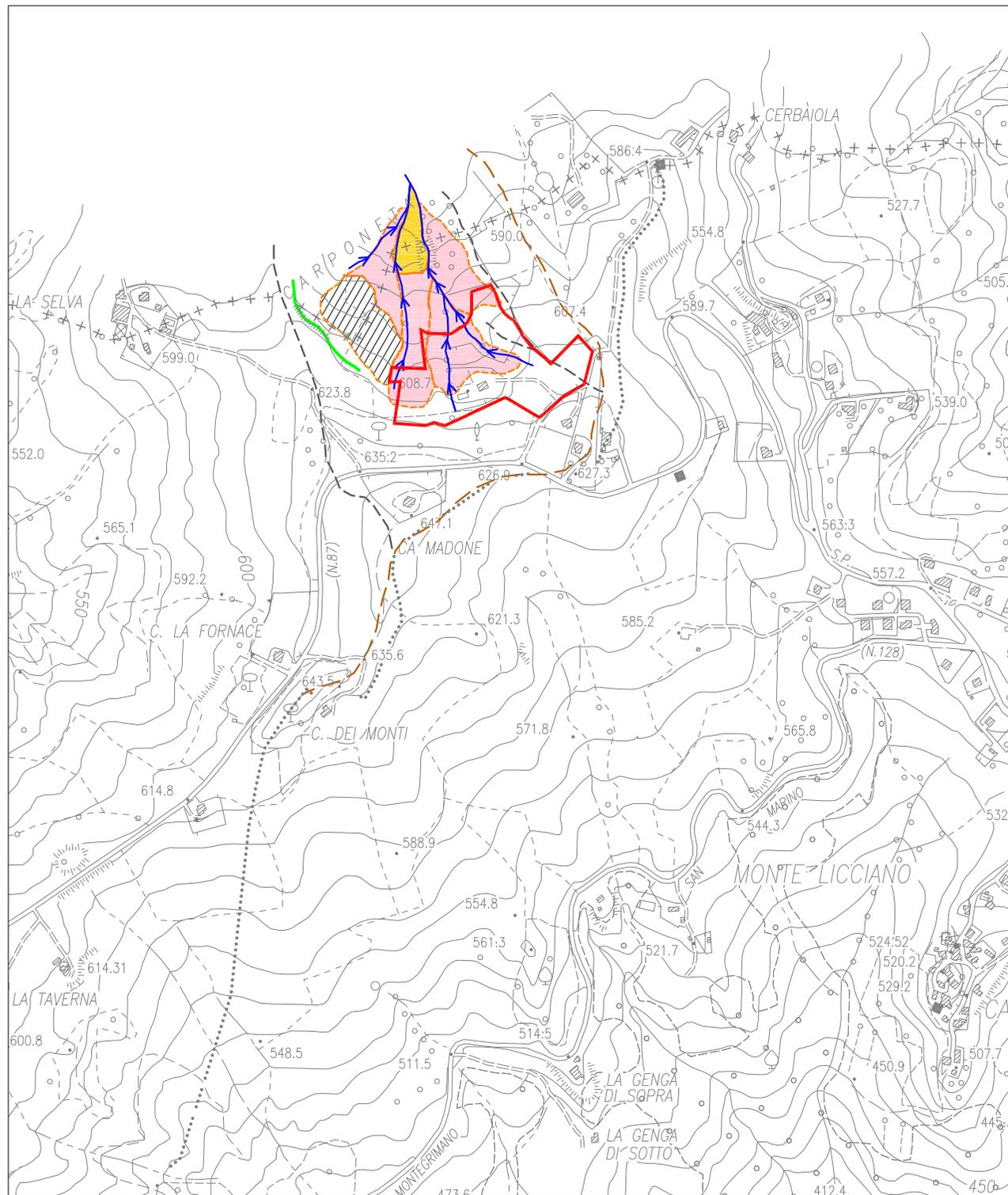
Analisi Fotogeologica anno '85

-  Limite anno '86
-  Limite Superiore Unità Idromorfologica Elementare (UIE)
-  Limite della Cella Idrografica Elementare (CIE)

Forme e depositi dovuti alle acque superficiali ed alla gravità

-  Corpo di frana per Scorrimento Quiescente
-  Dissesto superficiale da soliflusso
-  Area di ruscellamento diffuso e/o concentrato
-  Orlo di nicchia di frana inattiva
-  Fosso inciso
-  Area d'intervento

Scala 1 10.000



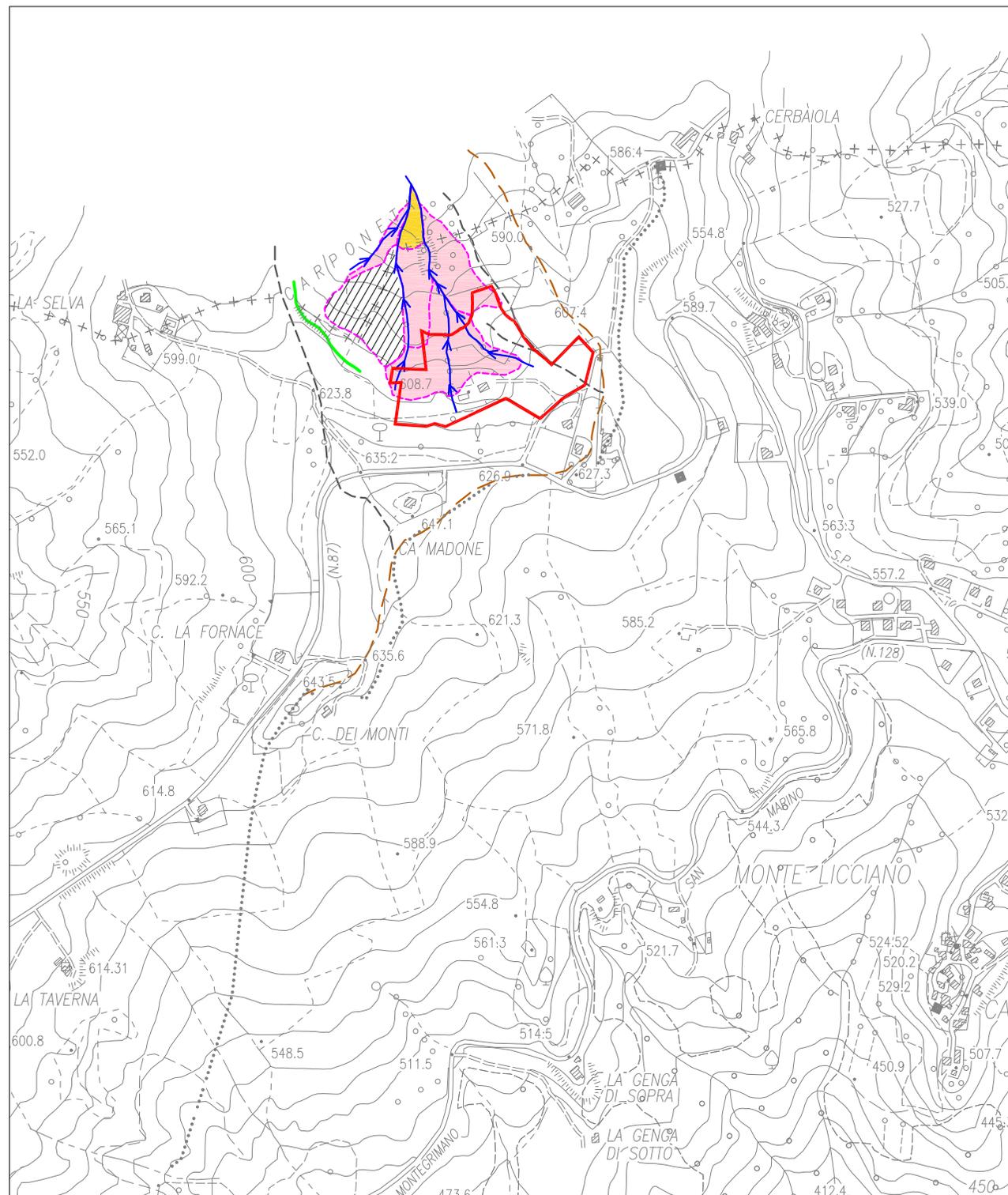
Analisi Fotogeologica anno '97

-  Limite anno '97
-  Limite Superiore Unità Idromorfologica Elementare (UIE)
-  Limite della Cella Idrografica Elementare (CIE)

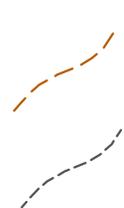
Forme e depositi dovuti alle acque superficiali ed alla gravità

-  Corpo di frana per Scorrimento Quiescente
-  Dissesto superficiale da soliflusso
-  Area di ruscellamento diffuso e/o concentrato
-  Orlo di nicchia di frana inattiva
-  Fosso inciso
-  Area d'intervento

Scala 1 10.000



Carta geomorfologica di sintesi



Limite Superiore Unità Idromorfologica Elementare (UIE)

Limite della Cella Idrografica Elementare (CIE)

Forme e depositi dovuti alle acque superficiali ed alla gravità



Corpo di frana per Scorrimento Quiescente



Dissesto superficiale da soliflusso



Area di ruscellamento diffuso e/o concentrato



Orlo di nicchia di frana inattiva

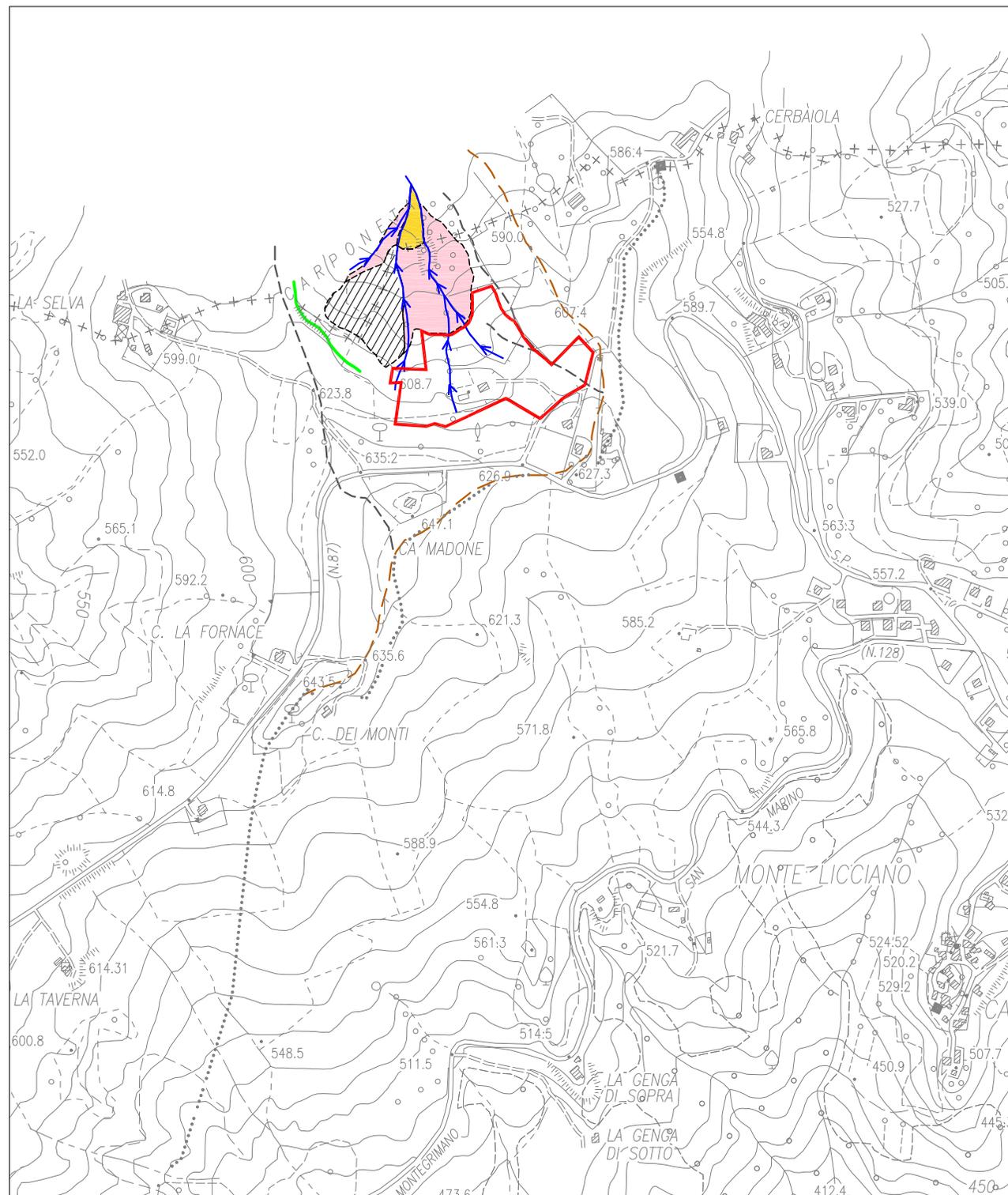


Fosso inciso

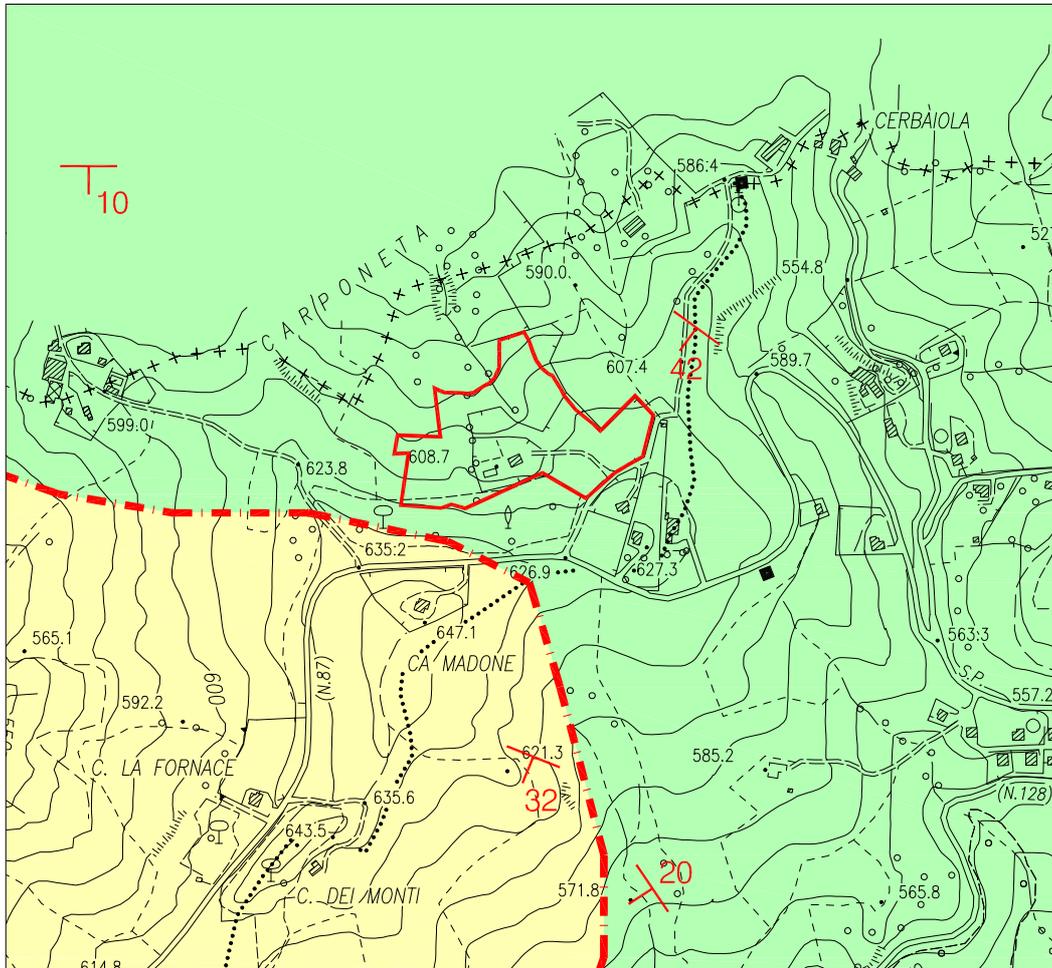


Area d'intervento

Scala 1 10.000

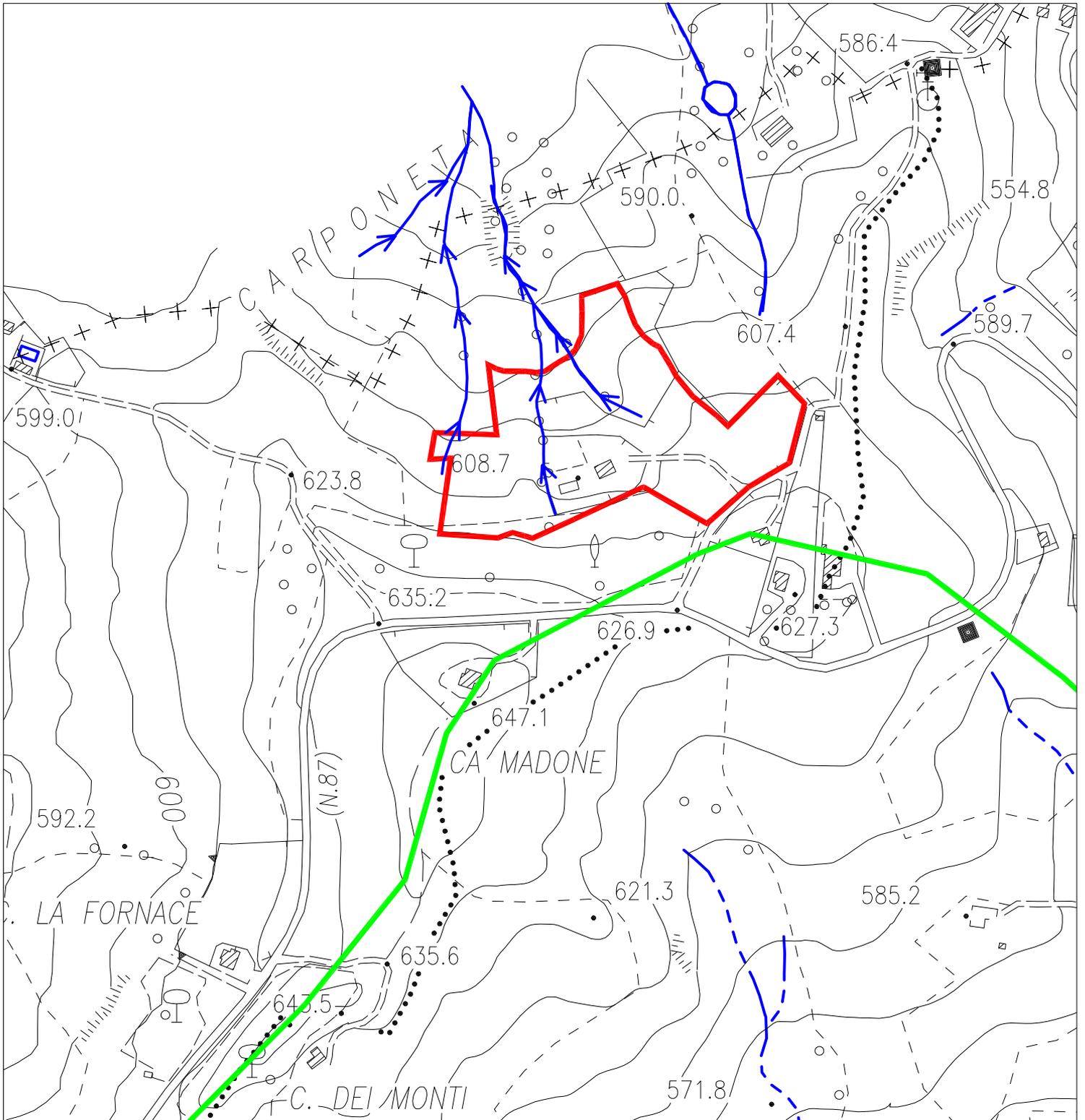


Carta Geologica Scala 1:10.000



-  FORMAZIONE DI SILLANO
Argille e argilliti varicolori con intercalazioni di calcilutiti argillose (Eocene inf. - Cretaceo sup.)
-  FORMAZIONE DI MONTE MORELLO
Alternanza di calcari marnosi grigio-biancastri, calcareniti brune e marne, marne argillose grigio nerastre, grigio brune (Eocene medio-inf..)
-  Area in esame
-  Direzione e pendenza degli strati
-  Sovrascorrimento

Carta Idrografica Scala 1:5.000



Area in esame

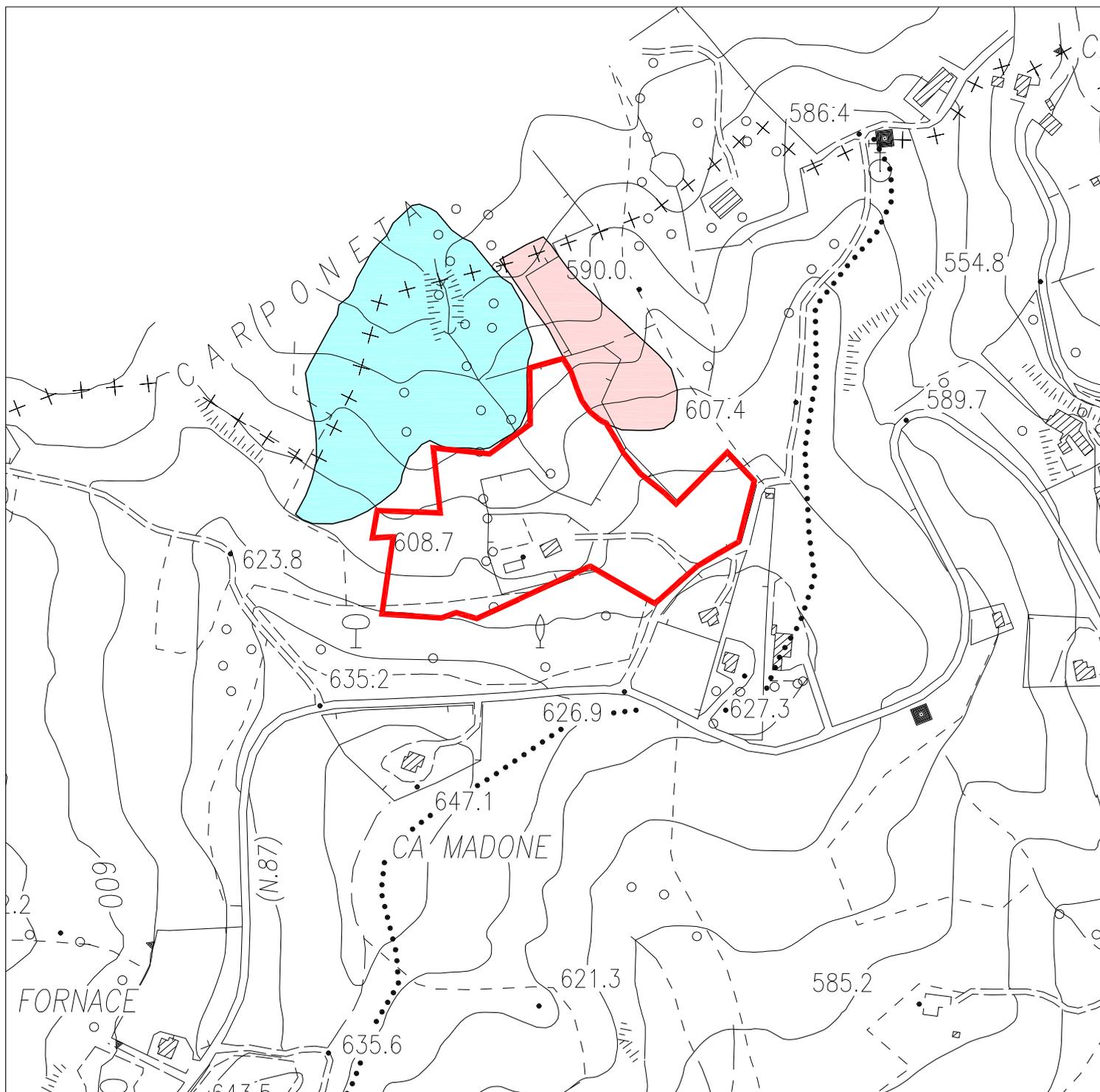


Idrografia superficiale



Spartiacque morfologico

Carta del Rischio Idrogeologico PAI Scala 1:5.000

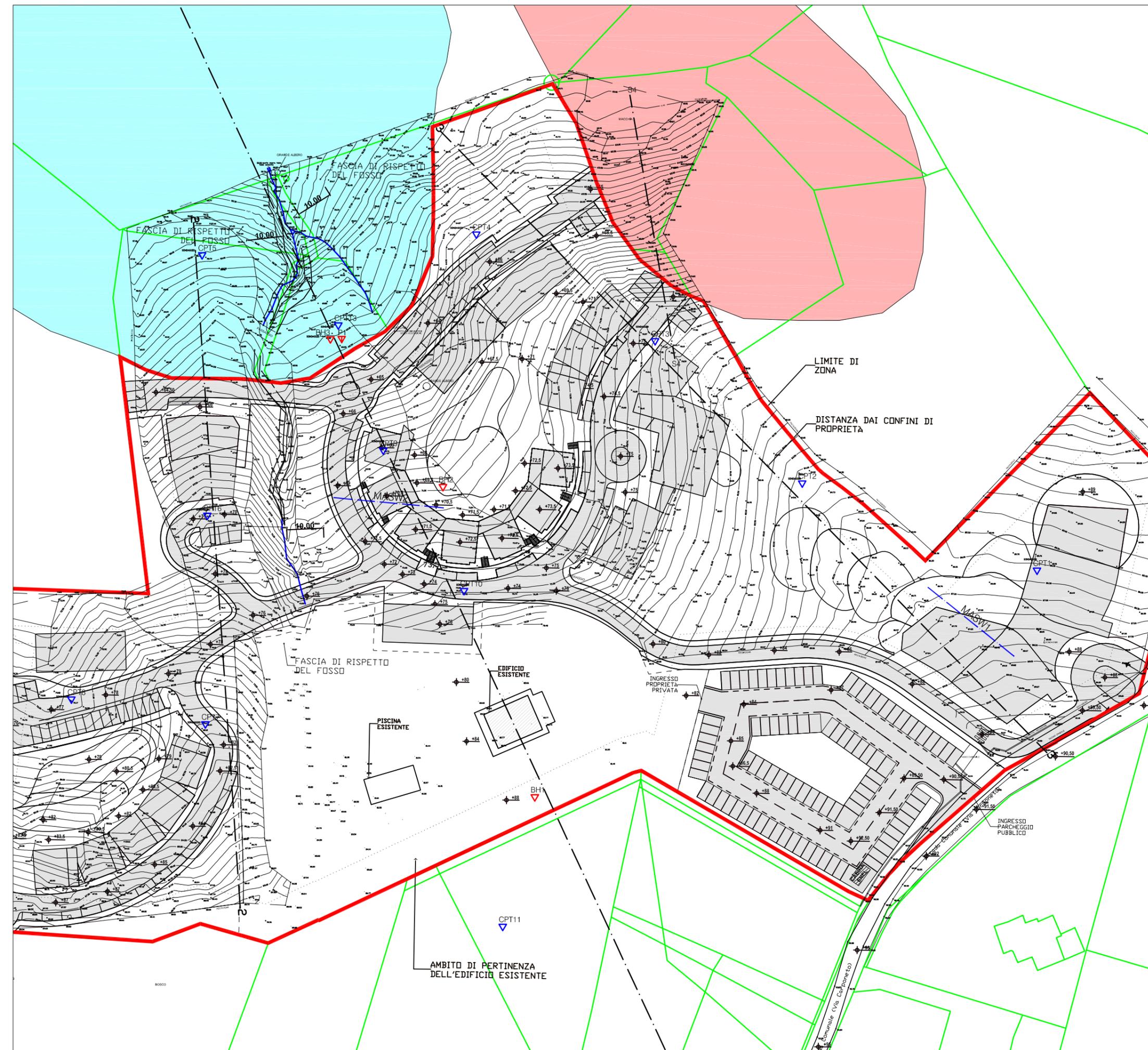


 Area in esame

 Aree di possibile evoluzione del dissesto e frane quiescenti (Art.16)

 Aree in dissesto attivo da assoggettare a verifica (Art.17)

Planimetria ubicazione sondaggi
Scala 1:1.000



Legenda

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Pozzo
-  Sondaggio penetrometrico CPT
-  Traccia di sezione
-  Art. 17 frana attiva
-  Art. 16 frana quiescente
area di possibile evoluzione dei dissesti
-  Catastale
-  Area d'intervento

Località: Montelicciano - Comune di Montegrimano	Studio Associato di Geologia dott.Sergio Caturani & dott.Vincenzo Mariani Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. e fax 0721.202625 p.iva:01367010418 e-mail sg@netco.it
Committente:	
Sondaggio: BH1	
Tipo di sondaggio: Carotaggio continuo diametro 101 mm	
Geologo di cantiere:	
Data ultimazione: 27/09/2011	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Tubo aperto	Falda
1	0.40		terreno antropico				
2	1.20		argilla, argilla limosa di colore nocciola-rossiccio a media consistenza		2.5		
3			argilla, argilla debolmente limosa a medio-bassa consistenza		1.0		
4	3.70				1.5		
5	4.40		marna argillosa di colore nocciola-grigio a buona consistenza (formazione alterata)	3.80	2.0		
6			marna, marna calcarea di colore grigio-verdino consistente con intercalazioni calcareo-marnose (formazione)	4.20	>9.0		
7					>9.0		
8					>9.0		
9	9.00					9.00	
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Località: Montelicciano - Comune di Montegrimano	Studio Associato di Geologia dott.Sergio Caturani & dott.Vincenzo Mariani Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. e fax 0721.202625 p.iva:01367010418 e-mail sg@netco.it
Committente:	
Sondaggio: BH2	
Tipo di sondaggio: Carotaggio continuo diametro 101 mm	
Geologo di cantiere:	
Data ultimazione: 27/09/2011	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Tubo aperto	Falda
	0.60		terreno antropico				
1			argilla, argilla limosa di colore rosso vinaccia e nocciola-grigio a media consistenza talora con inclusi calcarei e marnosi		3.0		
2					3.5		
3				2.80	3.0		
4				3.20	2.0		
4	4.00		marna argillosa di colore nocciola-grigio a buona consistenza (formazione alterata)				
5							
6			marna, marna calcarea di colore grigio-verdino consistente con intercalazioni calcareo-marnose (formazione)				
7							
8							
9	9.00					6.50	
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Località: Montelicciano - Comune di Montegrimano	Studio Associato di Geologia dott.Sergio Caturani & dott.Vincenzo Mariani Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. e fax 0721.202625 p.iva:01367010418 e-mail sg@netco.it
Committente:	
Sondaggio: BH3	
Tipo di sondaggio: Carotaggio continuo diametro 101 mm	
Geologo di cantiere:	
Data ultimazione: 27/09/2011	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	Tubo aperto	Falda
1	0.80		terreno antropico				
2			argilla, argilla limosa di colore nocciola-grigio a medio-bassa consistenza talora con inclusi calcarei e marnosi		1.0		
3					1.0		
4	3.70					1.5	
5			marna argillosa di colore grigio a buona consistenza e fratturata (formazione alterata)	3.70			
6					C1		
7	6.00		marna, marna calcarea di colore grigio-verdino consistente con intercalazioni calcareo-marnose (formazione)	4.20			
8							
9							
10							
11							
12	12.20						
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Località: Montelicciano - Comune di Montegrimano	Studio Associato di Geologia dott.Sergio Caturani & dott.Vincenzo Mariani Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. 0721.202625 fax 0721.1710024 p.iva:01367010418 e-mail sg@netco.it
Committente:	
Sondaggio: P1	
Tipo di sondaggio:	
Quota:	
Data ultimazione: Agosto 2012	

Scala 1:500	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket kg/cmq	S.P.T. 10 20 30 40	Tubo aperto	Falda
	5		argilla, argilla limosa di colore nocciola-grigio a medio-bassa consistenza talora con inclusi calcarei e marnosi					
	10		marna argillosa di colore grigio a buona consistenza (formazione)					
	15							
	20							
	25							
	30							
	35							
	40							
	45							
	50							
	52.00		alternanza di calcare fratturato con marna argillosa di colore grigio a buona consistenza (formazione)					
	55							
	60							
	65							
	70							
	75							
	80							
	85							
	90							
	90.00							
	95							
	100							

Committente NEG – Ing. E. PUPA Lavoro MONTELICCIANO Data 10.10.2011 Rif. 11359	 GEOEMME 2 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI CONSOLIDAMENTI RIMINI
Sond n. 1 Camp n. 1 da m. 3.80 a m. 4.20	
SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE	
DESCRIZIONE: ARGILLA LIMOSA A SCAGLIE, GRIGIA, MOLTO COMPATTA. NELLA PARTE SUPERIORE: ARGILLA ROSSASTRA MEDIAMENTE CONSISTENTE.	
CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Umidita' naturale $W = 27.15 \%$ Peso di volume umido $\gamma = 2.00 \text{ g/cm}^3$ Peso di volume secco $\gamma_d = 1.57 \text{ g/cm}^3$	
GRANULOMETRIA	RESISTENZA
Ghiaia (2 – 60 mm) = 0.5 % Sabbia (0.6 – 2 mm) = 35.0 % Limo (0.002 – 0.6 mm) = 48.3 % Argilla (< 0.002 mm) = 16.2 %	Pocket Penetrom. $q_u = > 6$ Kg/cm ² Vane Test $C_u = > 2$ Kg/cm ²
TAGLIO C.D.	
angolo di attrito $\varphi' = 27.1$ angolo di attrito residuo $\varphi_r =$	Coesione $C' = 0.32$ Kg/cm ² Coesione residua $C_r =$ Kg/cm ²
OSSERVAZIONI: DETERMINAZIONI ESEGUITE SULLA PARTE DOMINANTE SCAGLIOSA GRIGIA.	
Responsabile del Laboratorio Dr. <u>Marino Mularoni</u> Geologo	

Committente **NEG – Ing. E. PUPA**
 Lavoro **MONTELICCIANO**
 Data **10.10.2011**
 Rif. **11359**



GEOEMME 2
 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI
 CONSOLIDAMENTI
RIMINI

Sond n. **1** Camp n. **1** da m. **3.80** a m. **4.20**

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

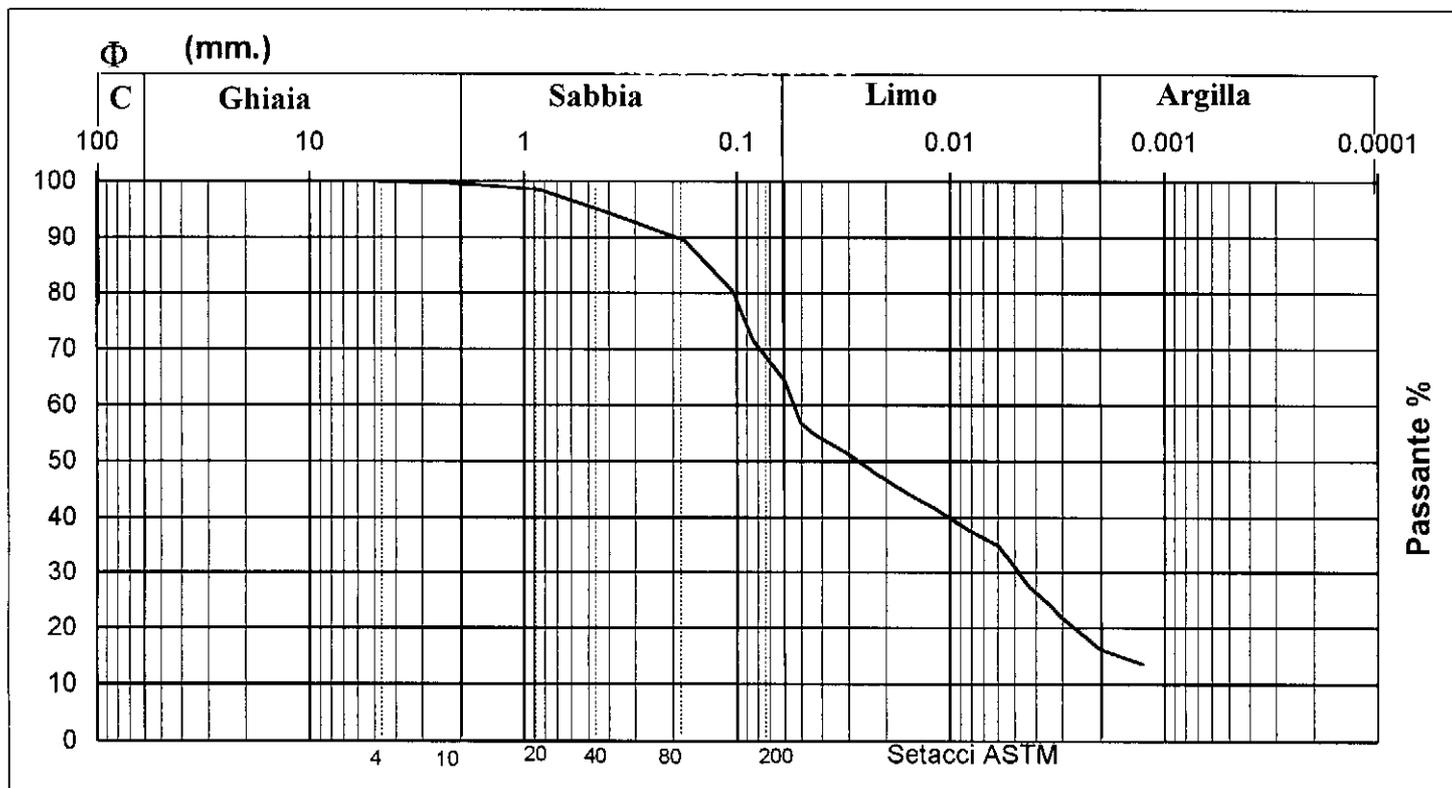
					media	
Diametro		cm	6.77	6.77	6.77	
Sezione	A	cmq	36.00	36.00	36.00	
Altezza	H	cm	2	2	2	
Volume	V	cmc	71.99	71.99	71.99	
Tara		N.	3	17	24	
Camp. umido + tara	X	g	158.70	156.43	157.12	
Camp. secco + tara	Y	g	127.67	124.16	128.47	
Peso tara	Z	g	13.84	13.86	13.59	
Peso acqua	X-Y	g	31.03	32.27	28.65	
Peso camp. secco	Y-Z	g	113.83	110.30	114.88	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	27.26	29.26	24.94	27.15
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	2.01	1.98	1.99	2.00
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.58	1.53	1.60	1.57
Peso specifico	G	g/cmc				
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$					
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%				
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%				
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%				
Pocket penetrometer		kg/cmq				> 6
Thor Vane		kg/cmq				> 2

NOTE:

Committente **NEG - Ing. E. PUPA**
 Cantiere **OSPEDALE**
 Località **MONTELICCIANO**
 Data **10.10.2011**

Sondaggio n° **1**
 Campione n° **1**
 Prof. (m.) **3.80 - 4.20**
 Riferimento **11.359**

ANALISI GRANULOMETRICA PER AREOMETRIA

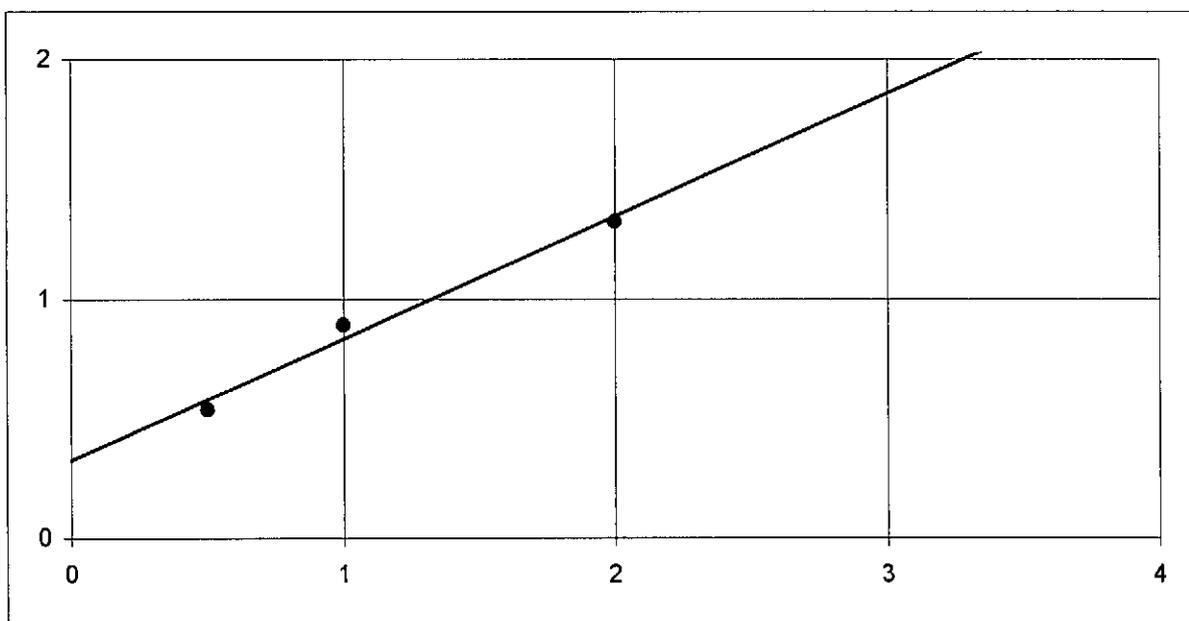


Descrizione AGI LIMO ARGILLOSO CON SABBIA.	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	%	%	%	%	%
	0.0	0.5	35.0	48.3	16.2
Classificazione UNI-CNR 10006	d10 (mm)		d60 (mm) 0.055		
	d15 (mm) 0.0016		d85 (mm) 0.14		
Grado di uniformità (d60/d10) U =					

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE (C. D.)

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
0	67.7	20	72	0.17	0.5	0.006	6.02	0.5	4.500	0.537
0	67.7	20	72	0.34	1	0.006	1.12	1	4.167	0.894
Provino N. 3	67.7	20	72	0.36	2	0.006	6.35	2	4.317	1.324

τ
Kg/cm²



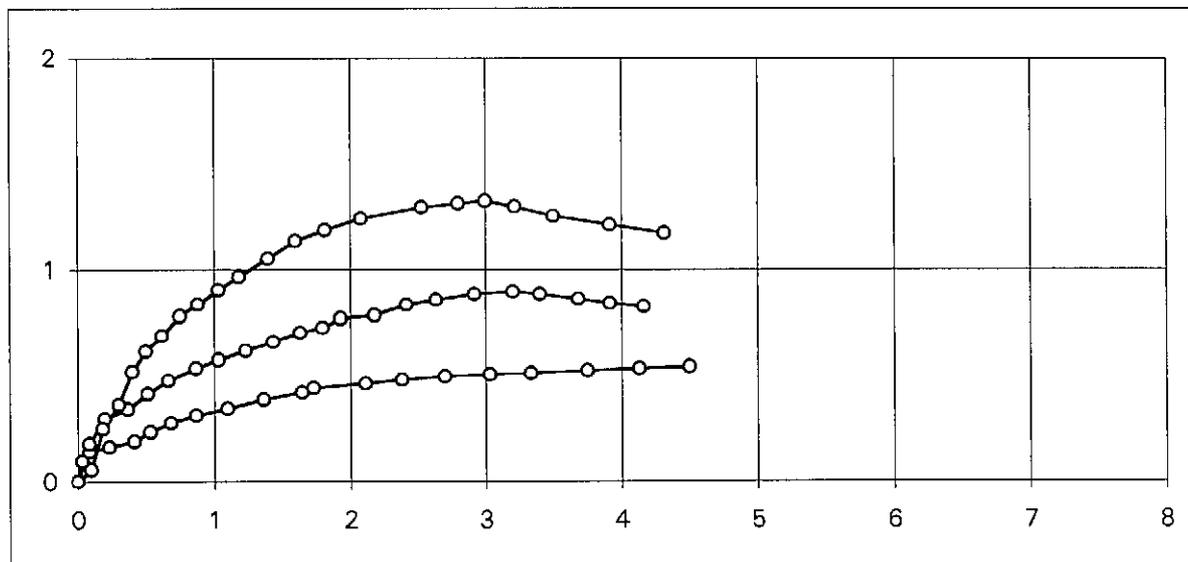
Coesione C' =

0.32 Kg/cm²

Angolo d'attrito

σ Kg/cm²
Ø' = 27.1 °

τ
Kg/cm²



ε %

Committente	NEG – Ing. E. PUPA		GEOEMME 2
Lavoro	MONTELICCIANO		SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI
Data	10.10.2011		CONSOLIDAMENTI
Rif.	11359		RIMINI

Sond n. 2 Camp n. 1 da m. 2.80 a m. 3.20

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

DESCRIZIONE:
 ARGILLA LIMOSA CON SCAGLIE, VARIEGATA: PARTE SOMMITALE GRIGIA CON STRIE NOCCIOLA; PARTE CENTRALE ROSSASTRA; ALLA BASE GIALLASTRA E GRIGIO-BIANCASTRA.

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Umidita' naturale W = 27.30 %	
Peso di volume umido γ = 2.04 g/cmc	
Peso di volume secco γ_d = 1.76 g/cmc	

GRANULOMETRIA	RESISTENZA
Sabbia (0.6 – 2 mm) = 5.8 %	
Limo (0.002 – 0.6 mm) = 59.0 %	Pocket Penetrom. qu =2.6 – 4.2 Kg/cm ²
Argilla (< 0.002 mm) = 35.2 %	Vane Test Cu =1.2 – 1.4 Kg/cm ²

TAGLIO C.D.			
angolo di attrito φ' = 22.9	Coesione	C' = 0.22	Kg/cm ²
angolo di attrito residuo φ_r =	Coesione residua	Cr =	Kg/cm ²

OSSERVAZIONI:
 DETERMINAZIONI ESEGUITE SULLA PARTE CENTRALE ROSSASTRA.

Responsabile del Laboratorio
Dr. M. Mularoni
 Geologo

Committente **NEG – Ing. E. PUPA**
 Lavoro **MONTELICCIANO**
 Data **10.10.2011**
 Rif. **11359**



GEOEMME 2
 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI
 CONSOLIDAMENTI
RIMINI

Sond n. **2** Camp n. **1** da m. **2.80** a m. **3.20**

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

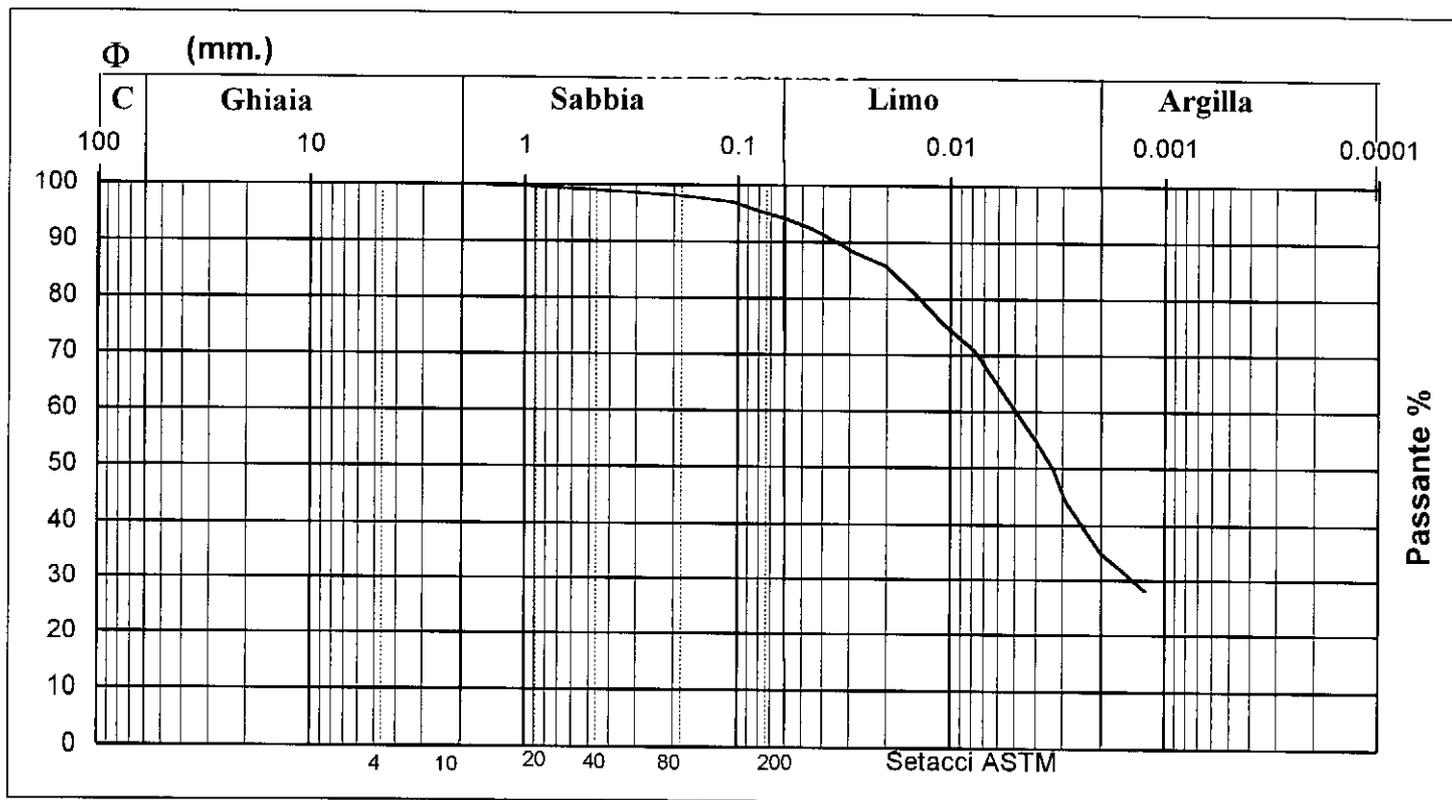
					media	
Diametro		cm	6.77	6.77	6.77	
Sezione	A	cmq	36.00	36.00	36.00	
Altezza	H	cm	2	2	2	
Volume	V	cmc	71.99	71.99	71.99	
Tara		N.	13	33	36	
Camp. umido + tara	X	g	158.83	164.35	161.10	
Camp. secco + tara	Y	g	162.23	133.08	129.29	
Peso tara	Z	g	13.46	16.22	15.07	
Peso acqua	X-Y	g		31.27	31.81	
Peso camp. secco	Y-Z	g	148.77	116.86	114.22	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%		26.76	27.85	27.30
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	2.02	2.06	2.03	2.04
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	2.07	1.62	1.59	1.76
Peso specifico	G	g/cmc				
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$					
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%				
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%				
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%				
Pocket penetrometer		kg/cmq	2.6 – 4.2			
Thor Vane		kg/cmq	1.2 – 1.4			

NOTE:

Committente **NEG - Ing. E. PUPA**
 Cantiere **OSPEDALE**
 Località **MONTELICCIANO**
 Data **10.10.2011**

Sondaggio n° **2**
 Campione n° **1**
 Prof. (m.) **280 - 3.20**
 Riferimento **11.359**

ANALISI GRANULOMETRICA PER AREOMETRIA

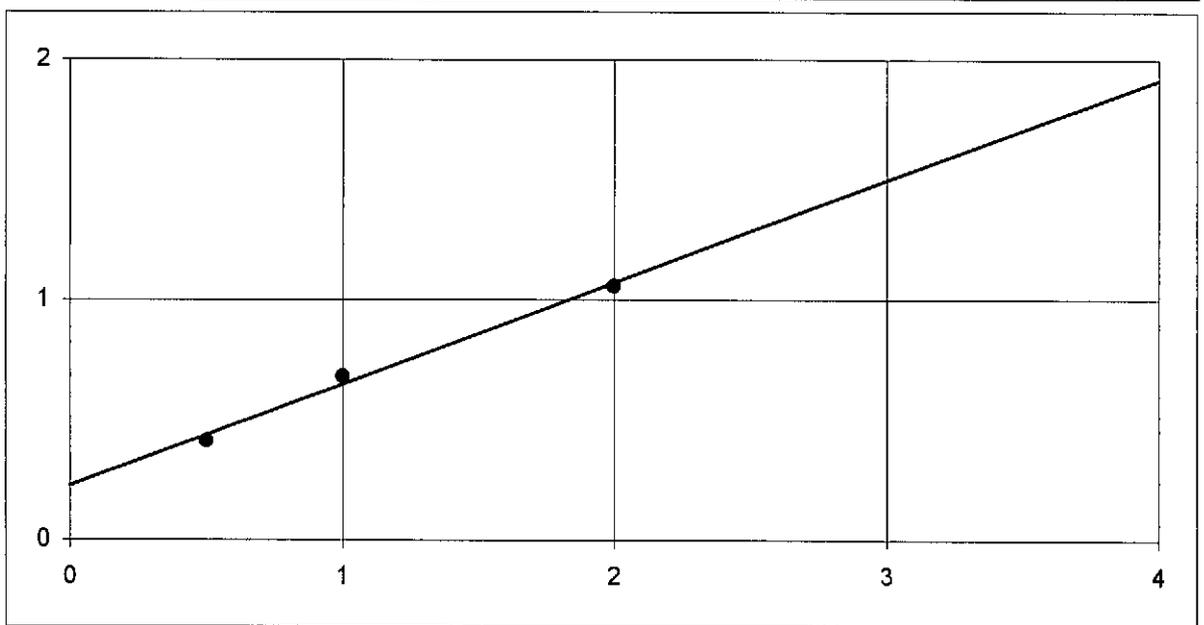


Descrizione AGI LIMO CON ARGILLA, DEBOLMENTE SABBIOSO.	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	%	%	%	%	%
Classificazione UNI-CNR 10006	0.0	0.0	5.8	59.0	35.2
Grado di uniformità (d60/d10) U =	d10 (mm)		d60 (mm) 0.005		
	d15 (mm)		d85 (mm) 0.019		

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE (C. D.)

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
0	67.7	20	72	0.14	0.5	0.006	6.02	0.5	3.333	0.411
0	67.7	20	72	0.13	1	0.006	1.12	1	4.167	0.681
Provino N. 3	67.7	20	72	0.1	2	0.006	6.35	2	4.317	1.057

τ
Kg/cm²



Coesione C' =

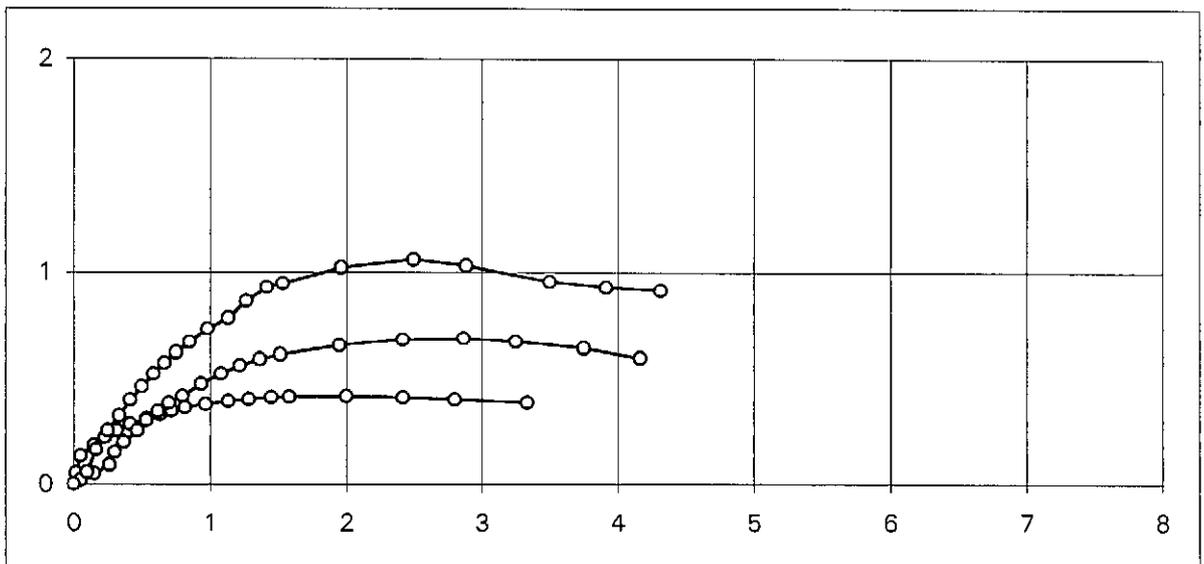
0.22 Kg/cm²

Angolo d'attrito

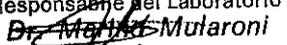
Ø' = 22.9 °

σ Kg/cm²

τ
Kg/cm²



ε %

Committente	NEG – Ing. E. PUPA		GEOEMME 2	
Lavoro	MONTELICCIANO		SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI CONSOLIDAMENTI	
Data	10.10.2011		RIMINI	
Rif.	11359			
Sond n.	3	Camp n.	1	da m. 3.70 a m. 4.20
SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE				
DESCRIZIONE:				
ARGILLA LIMOSA A SCAGLIE, GRIGIA. CAMPIONE FRATTURATO.				
CARATTERISTICHE GENERALI			LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidita' naturale	W =	31.04 %		
Peso di volume umido	γ =	1.96 g/cmc		
Peso di volume secco	γ_d =	1.50 g/cmc		
GRANULOMETRIA			RESISTENZA	
Ghiaia (2 – 60 mm)	=	1.0 %		
Sabbia (0.6 – 2 mm)	=	42.0 %		
Limo (0.002 – 0.6 mm)	=	43.6 %		
Argilla (< 0.002 mm)	=	13.4 %		
Coeff. di uniformita'	U =	50	Pocket Penetrom.	qu = > 6 Kg/cmq
			Vane Test	Cu = > 2 Kg/cmq
TAGLIO C.D.				
angolo di attrito	ϕ' =	24.2	Coesione	C' = 0.26 Kg/cmq
angolo di attrito residuo	ϕ_r =		Coesione residua	Cr = Kg/cmq
OSSERVAZIONI:				
Responsabile del Laboratorio  Dr. M. Mularoni Geologo				

Committente **NEG – Ing. E. PUPA**
 Lavoro **MONTELICCIANO**
 Data **10.10.2011**
 Rif. **11359**



GEOEMME 2
 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI
 CONSOLIDAMENTI
RIMINI

Sond n. **3** Camp n. **1** da m. **3.70** a m. **4.20**

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

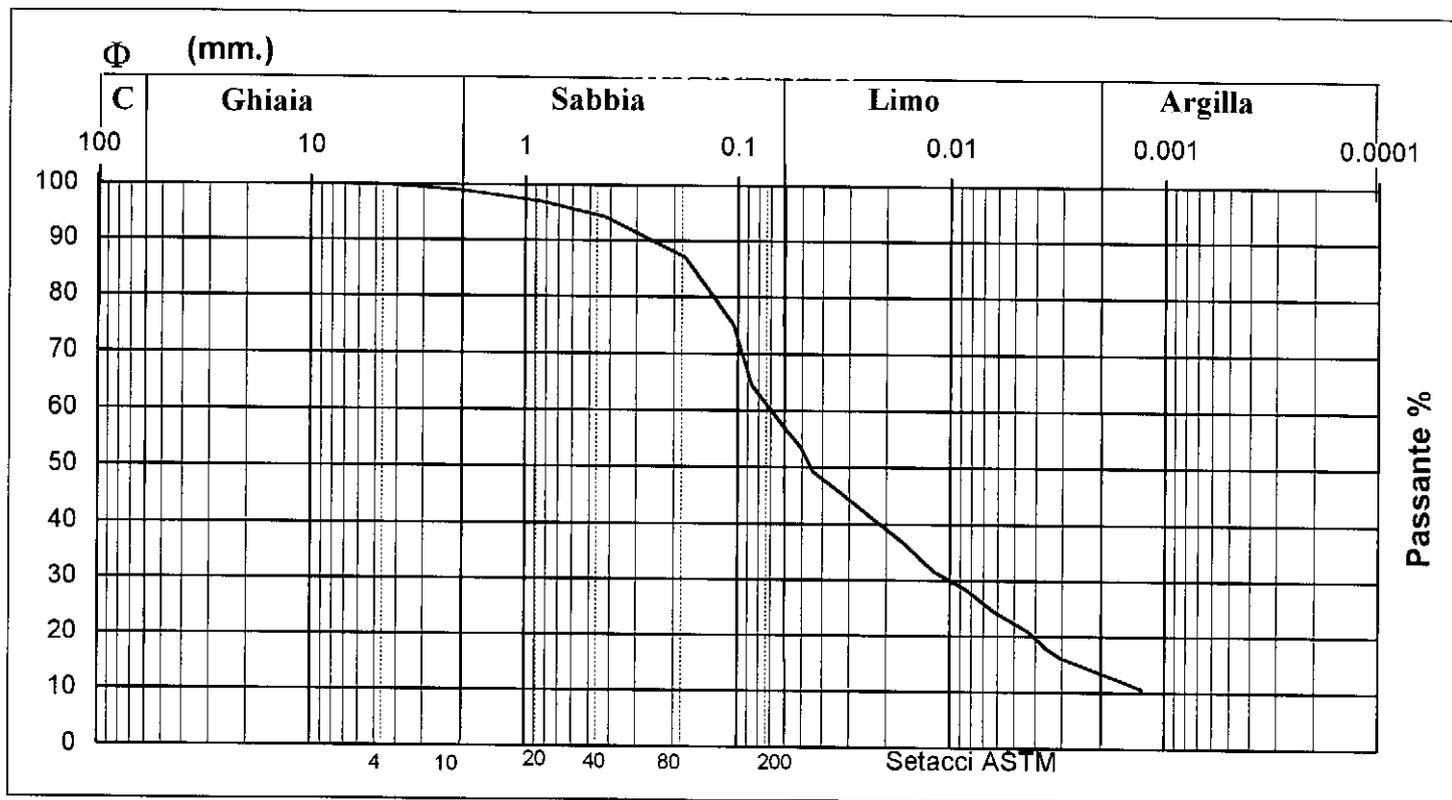
					media	
Diametro		cm	6.77	6.77	6.77	
Sezione	A	cmq	36.00	36.00	36.00	
Altezza	H	cm	2	2	2	
Volume	V	cmc	71.99	71.99	71.99	
Tara		N.	14	22	26	
Camp. umido + tara	X	g	154.75	156.16	155.00	
Camp. secco + tara	Y	g	121.69	123.02	120.76	
Peso tara	Z	g	13.81	13.35	14.62	
Peso acqua	X-Y	g	33.06	33.14	34.24	
Peso camp. secco	Y-Z	g	107.88	109.67	106.14	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	30.65	30.22	32.26	31.04
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.96	1.98	1.95	1.96
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.50	1.52	1.47	1.50
Peso specifico	G	g/cmc				
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$					
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%				
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%				
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%				
Pocket penetrometer		kg/cmq				> 6
Thor Vane		kg/cmq				> 2

NOTE:

Committente **NEG - Ing. E. PUPA**
 Cantiere **OSPEDALE**
 Località **MONTELICCIANO**
 Data **10.10.2011**

Sondaggio n° **3**
 Campione n° **1**
 Prof. (m.) **3.20 - 4.00**
 Riferimento **11.359**

ANALISI GRANULOMETRICA PER AREOMETRIA

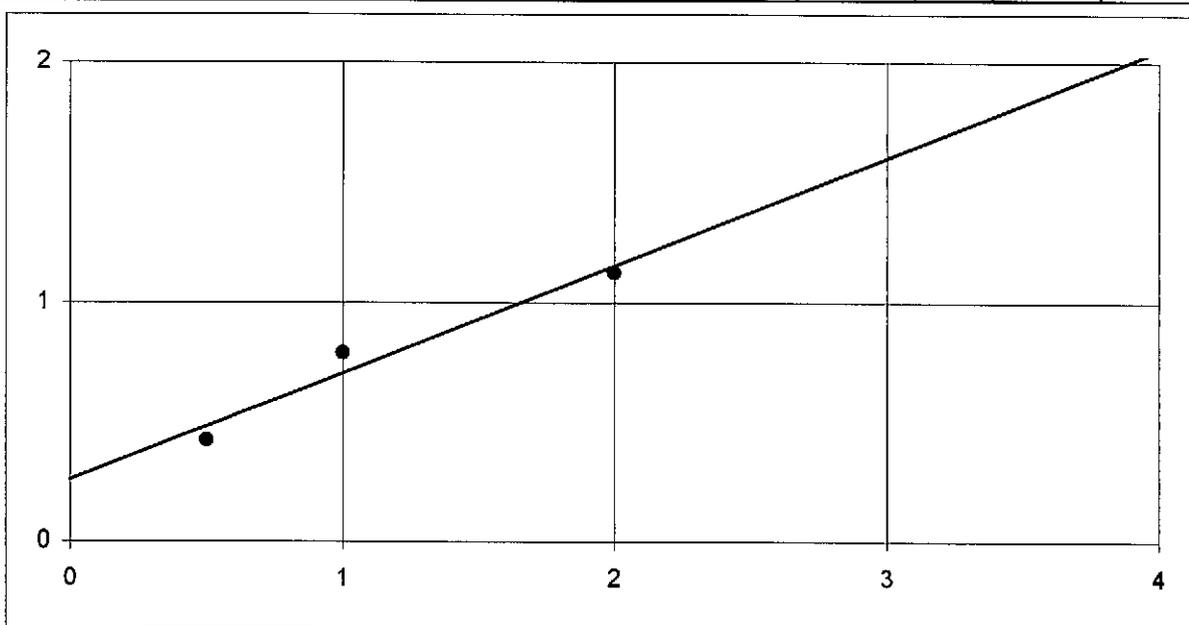


Descrizione AGI LIMO ARGILLOSO CON SABBIA.	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	%	%	%	%	%
Classificazione UNI-CNR 10006	0.0	1.0	42.0	43.6	13.4
	d10 (mm)	0.0014	d60 (mm)	0.07	
Grado di uniformità (d60/d10) U = 50	d15 (mm)	0.0025	d85 (mm)	0.17	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE (C. D.)

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
0	67.7	20	72	0.49	0.5	0.006	8.40	0.5	4.000	0.423
0	67.7	20	72	0.38	1	0.006	8.24	1	4.050	0.791
Provino N. 3	67.7	20	72	0.7	2	0.006	9.05	2	4.117	1.124

τ
Kg/cmq

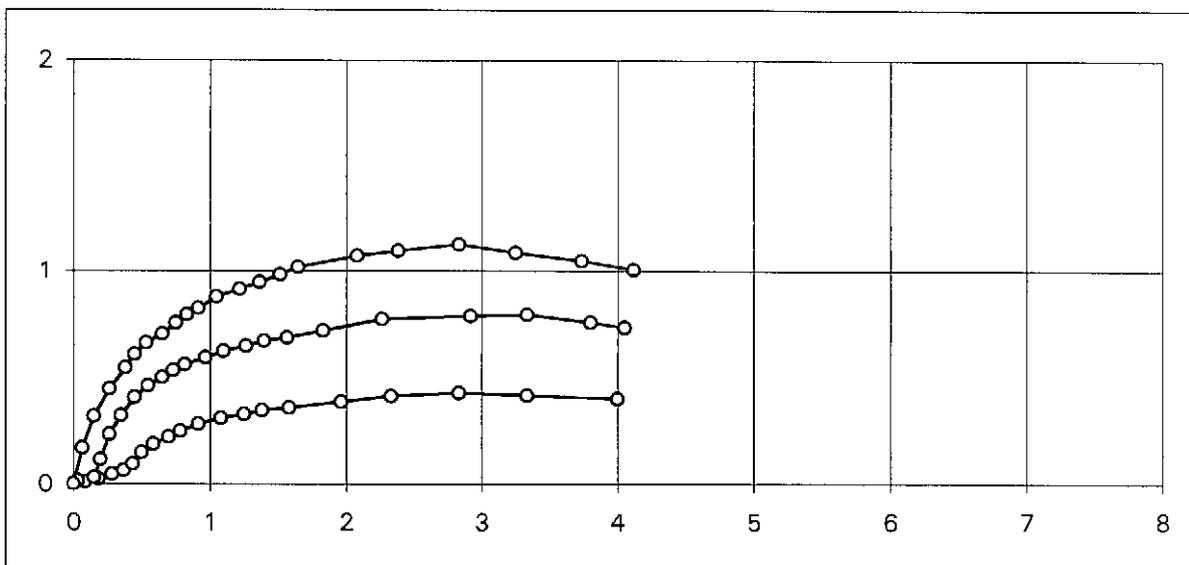


Coesione C' = 0.26 Kg/cmq

Angolo d'attrito

σ Kg/cmq
Ø' = 24.2 °

τ
Kg/cmq



ε %

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SONDAGGIO BH1



CASSA 1 DA 0.00 M A -5.00 M



CASSA 2 DA -5.00 M A -9.00 M



SONDAGGIO BH2



CASSA 1 DA 0.00 M A -5.00 M



CASSA 2 DA -5.00 M A -9.00 M



SONDAGGIO BH3



CASSA 1 DA 0.00 M A -5.00 M



CASSA 2 DA -5.00 M A -10.00 M



CASSA 3 DA -10.00 M A -12.20 M

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: NEG - Ing. PUPA
Cantiere:
Località: MONTELICCIANO (PU)
Rif.: 11359

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 73 (200 kN)

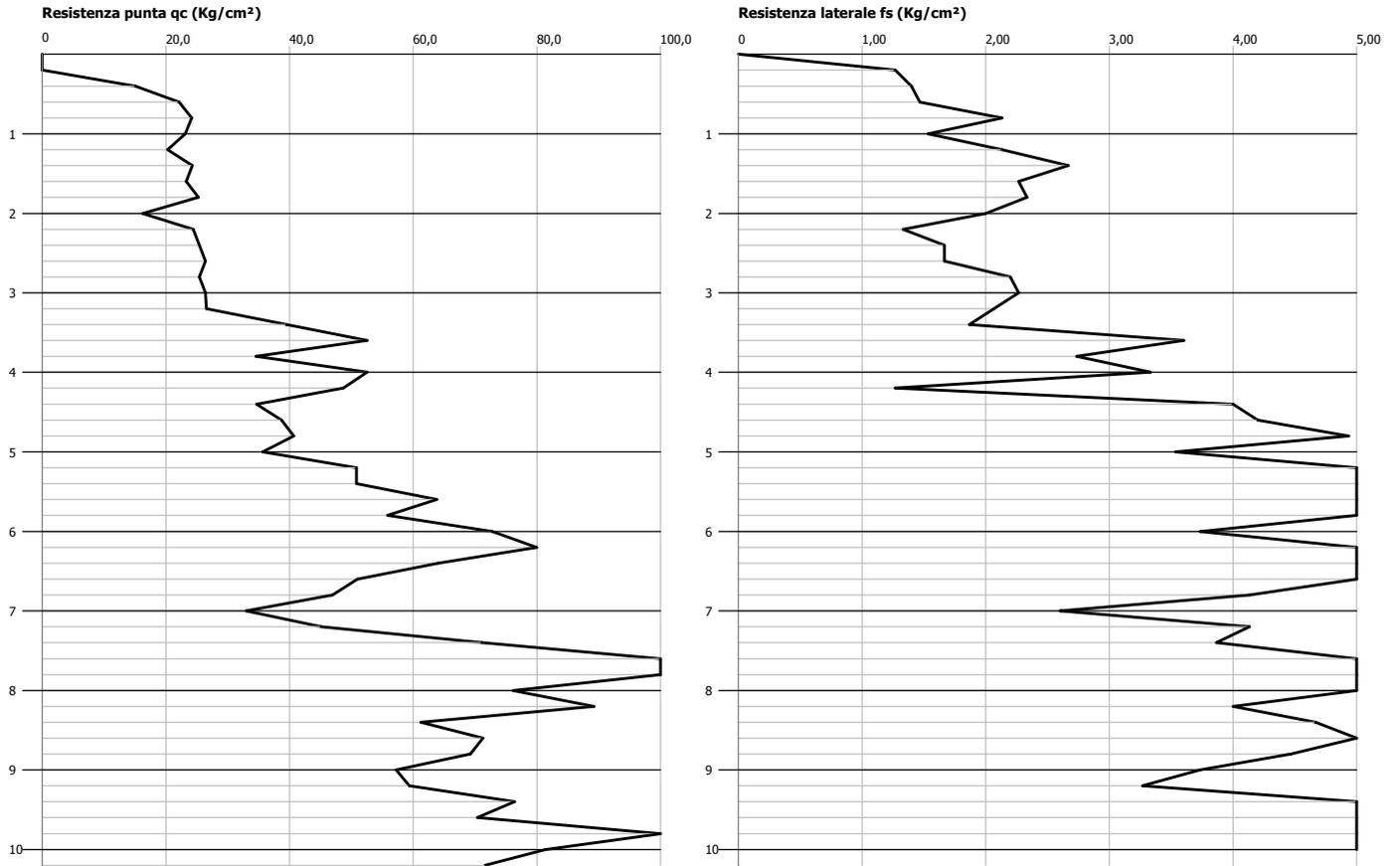
Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Angolo di apertura punta (°)	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Elaborato da: M. Grassi	Controllato da: M. Grassi
Approvato da: M. Grassi	Data: 20.10.11

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

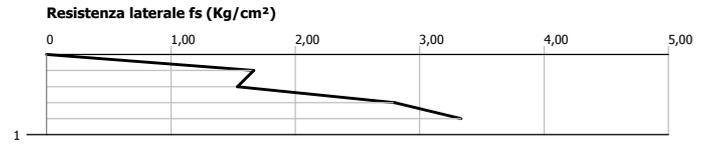
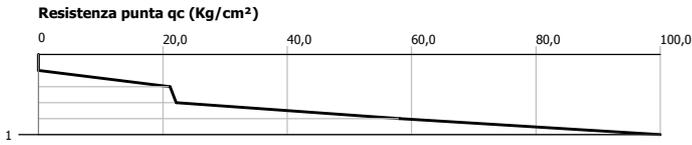
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

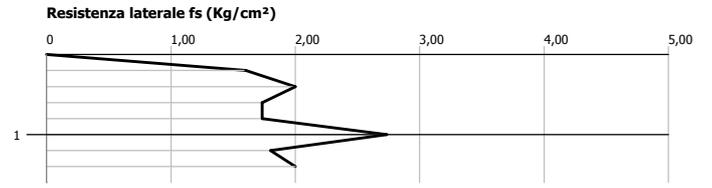
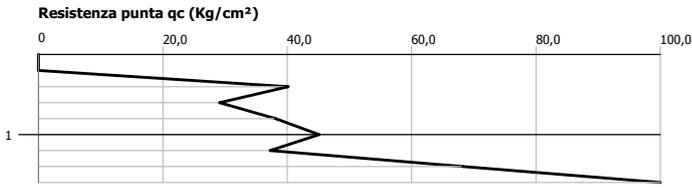
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.3 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

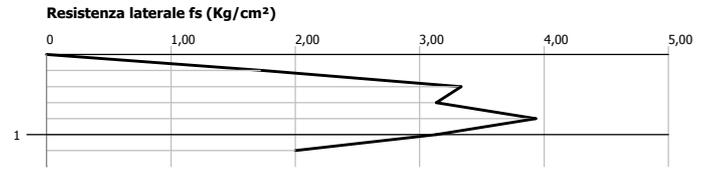
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.4 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

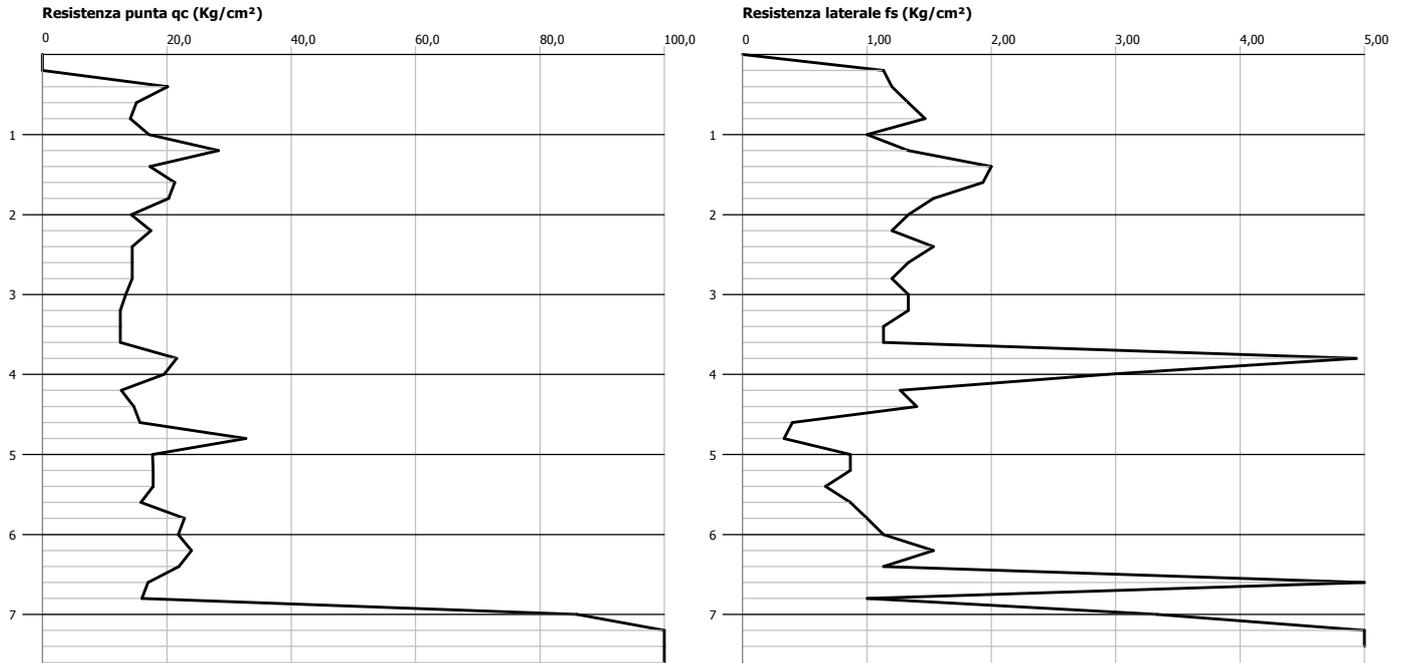
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.5 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

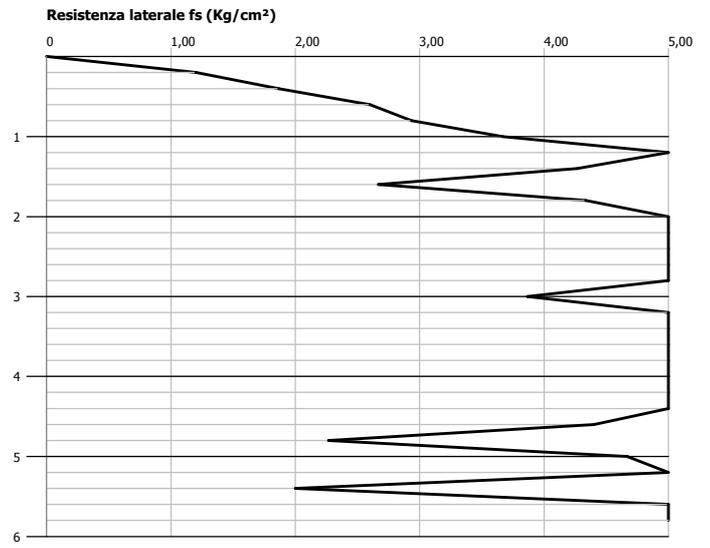
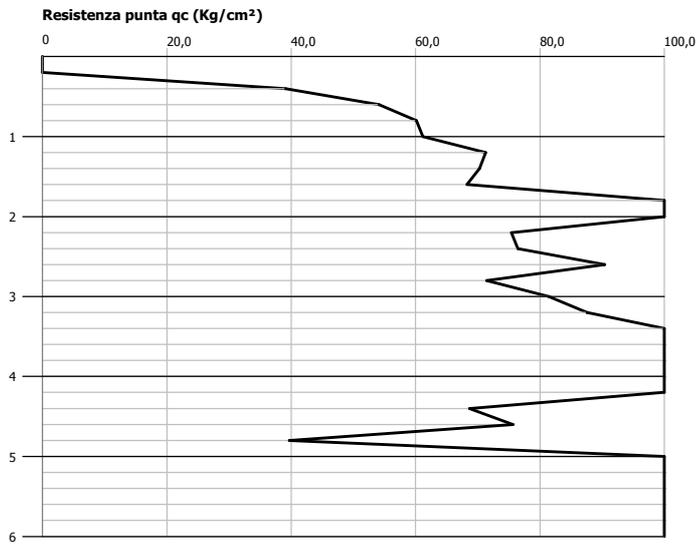
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.6 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

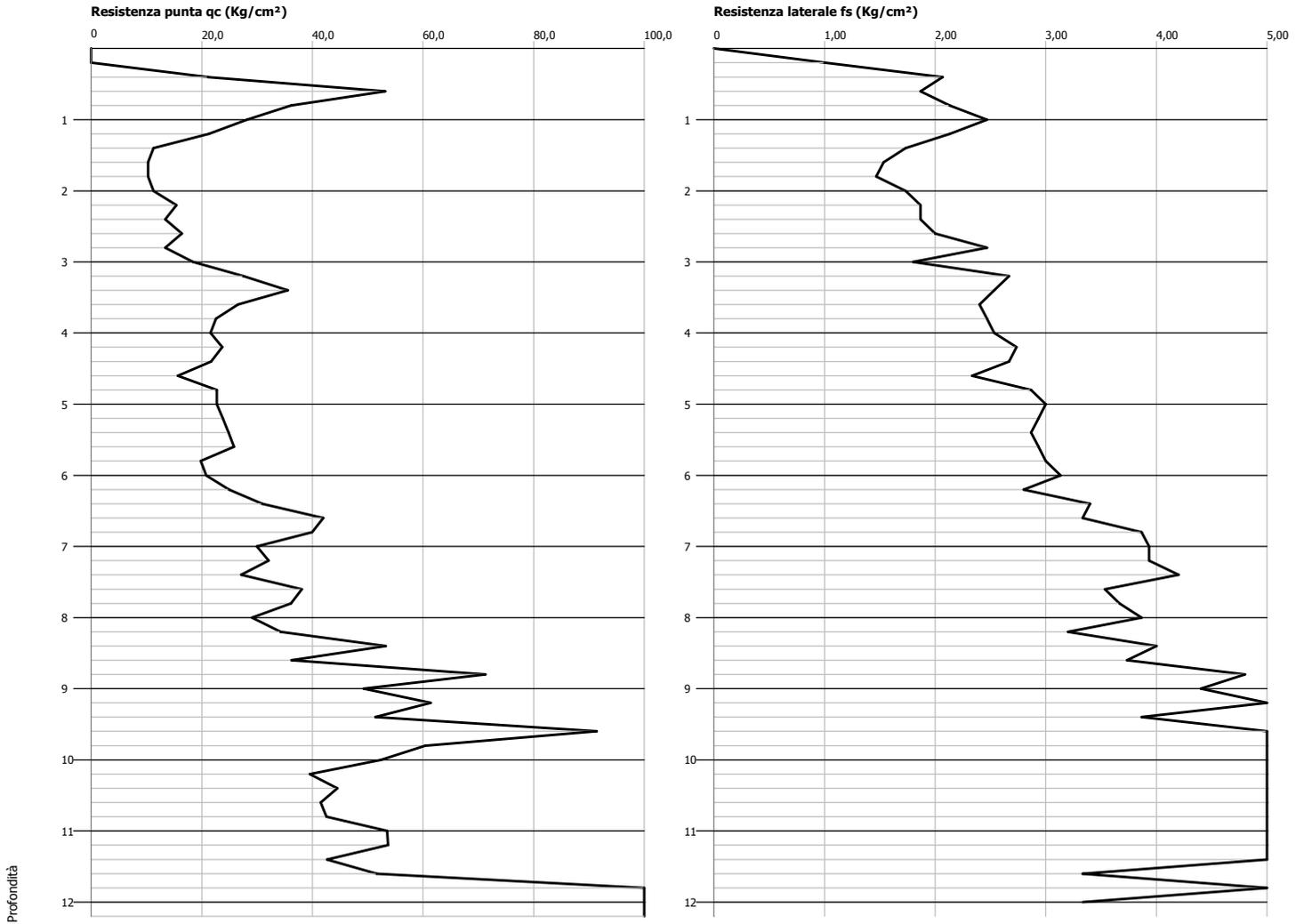
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.7 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

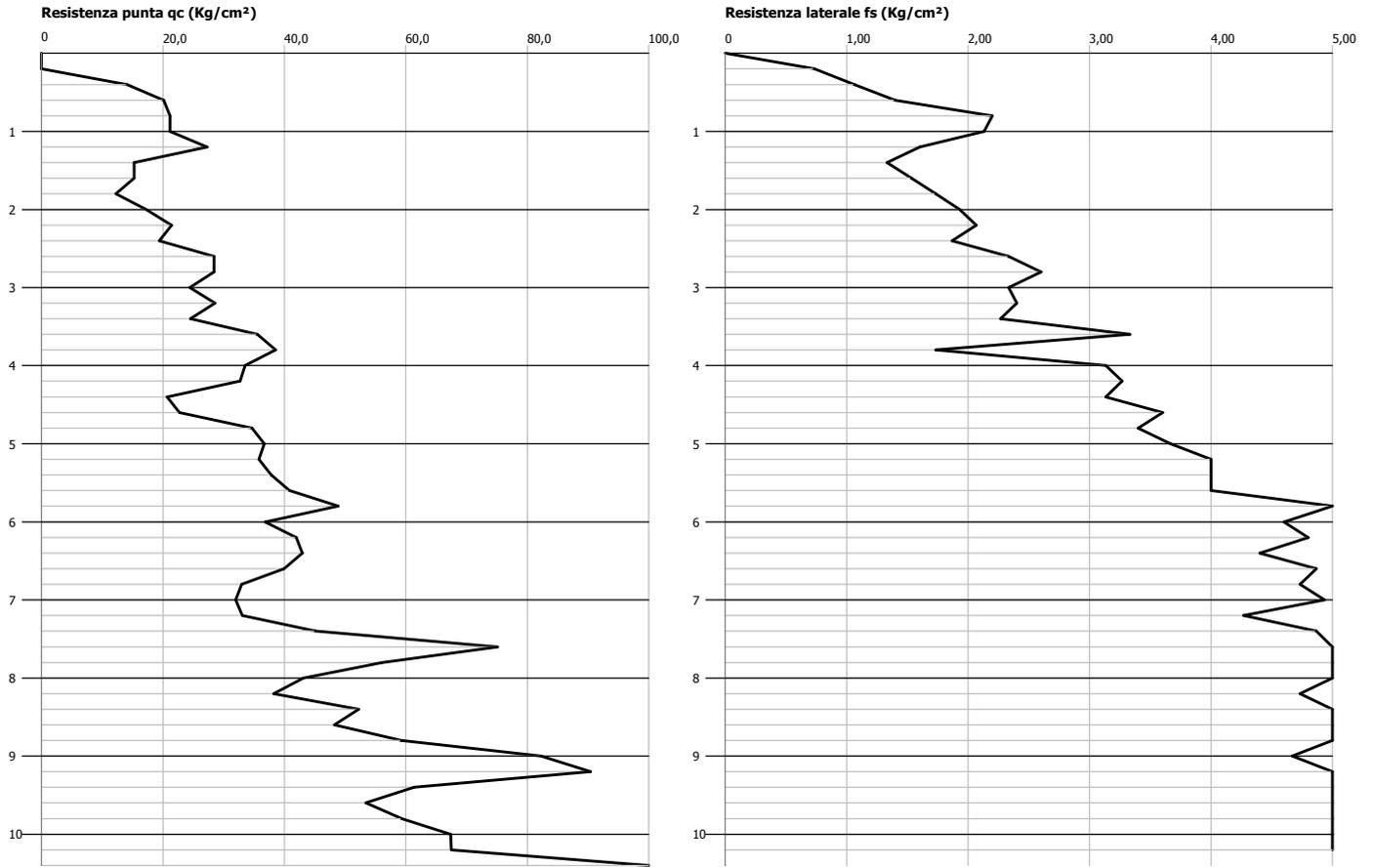
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.8 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

Data :19/10/2011

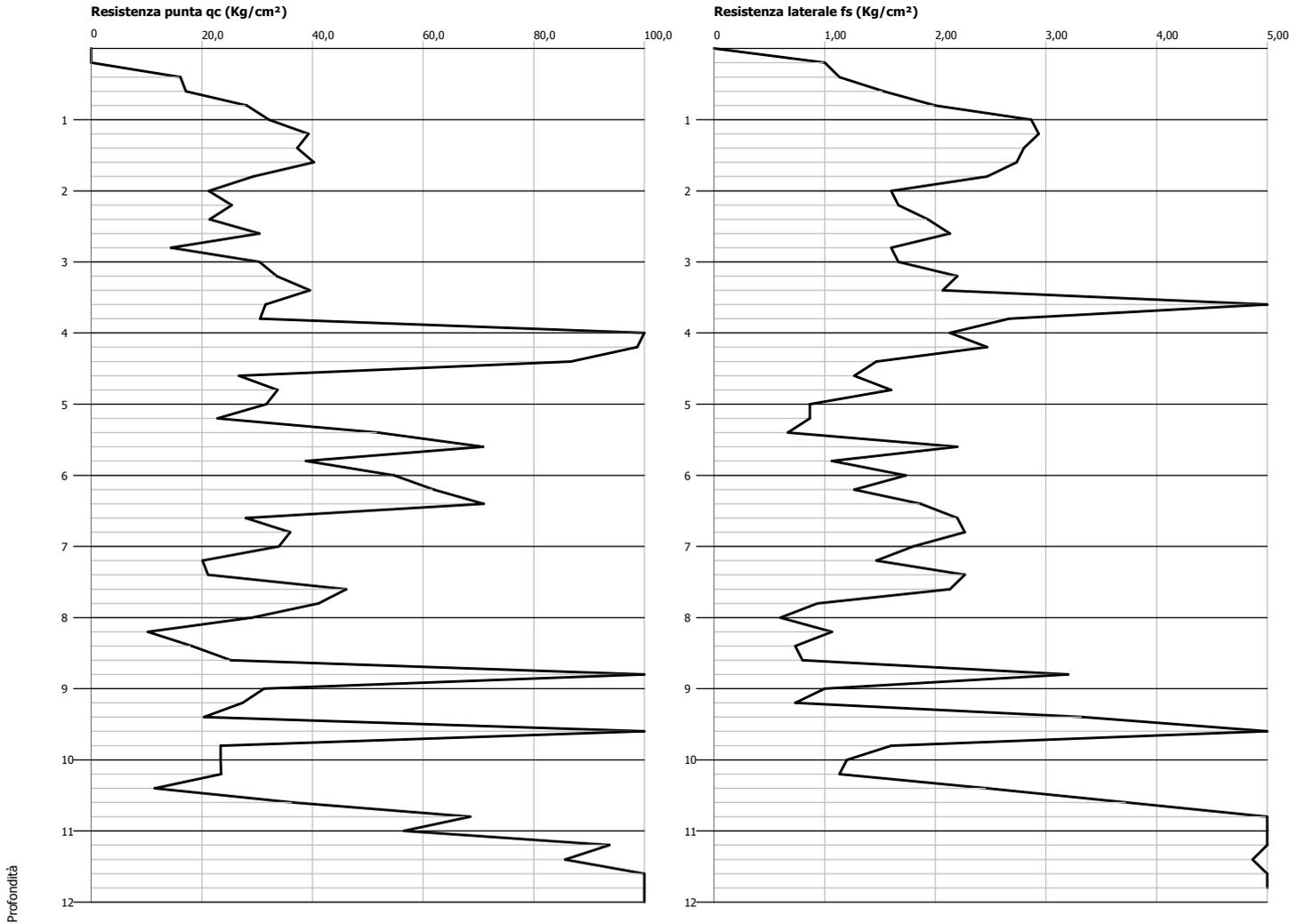


Profondità

Probe CPT - Cone Penetration Nr.9 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

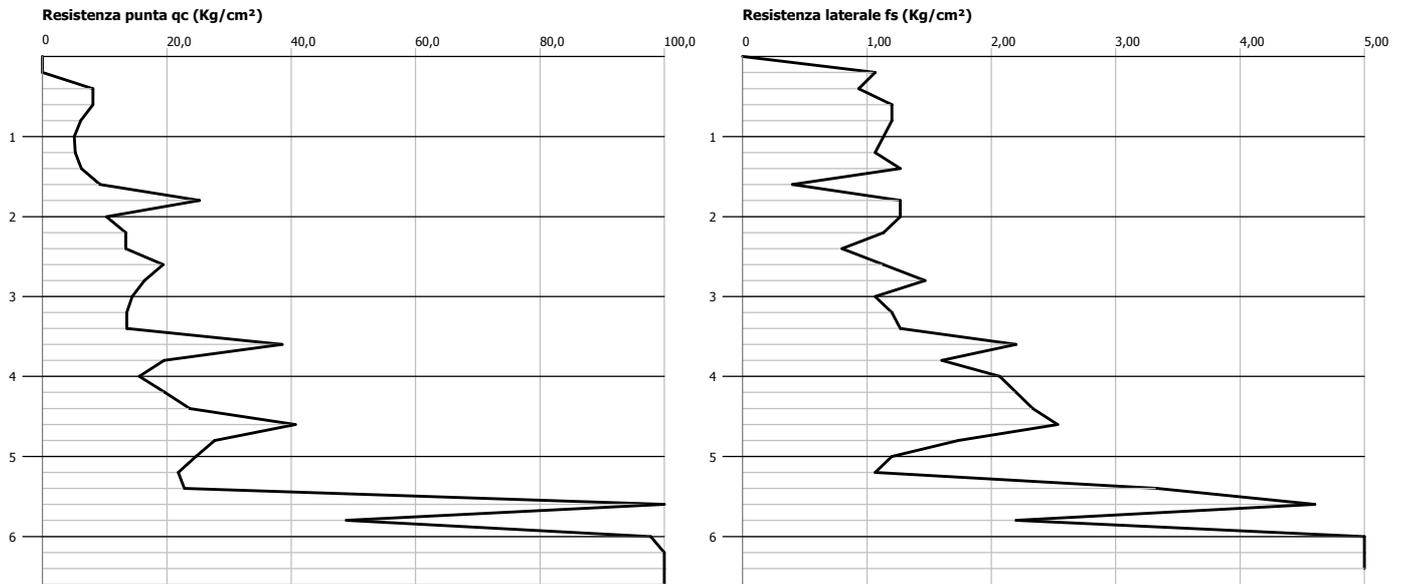
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.10 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

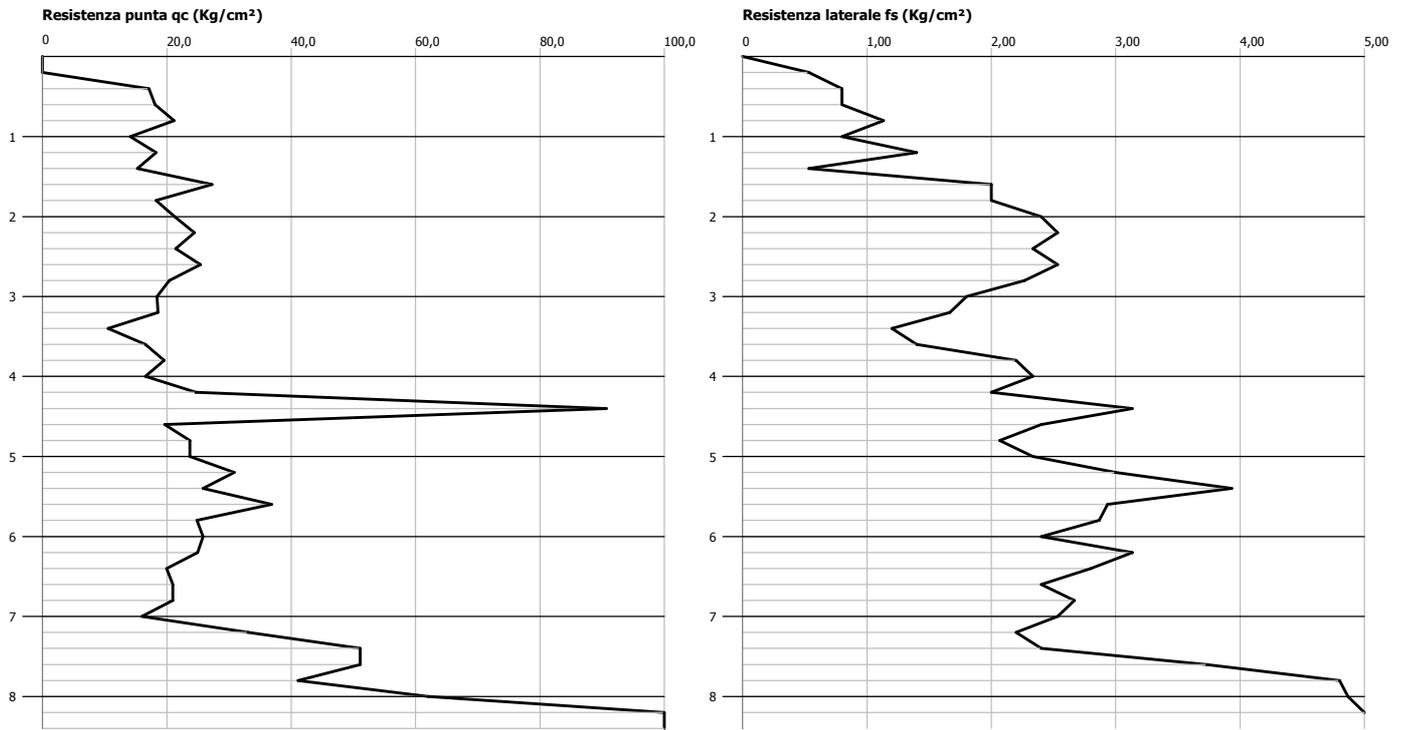
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.11 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

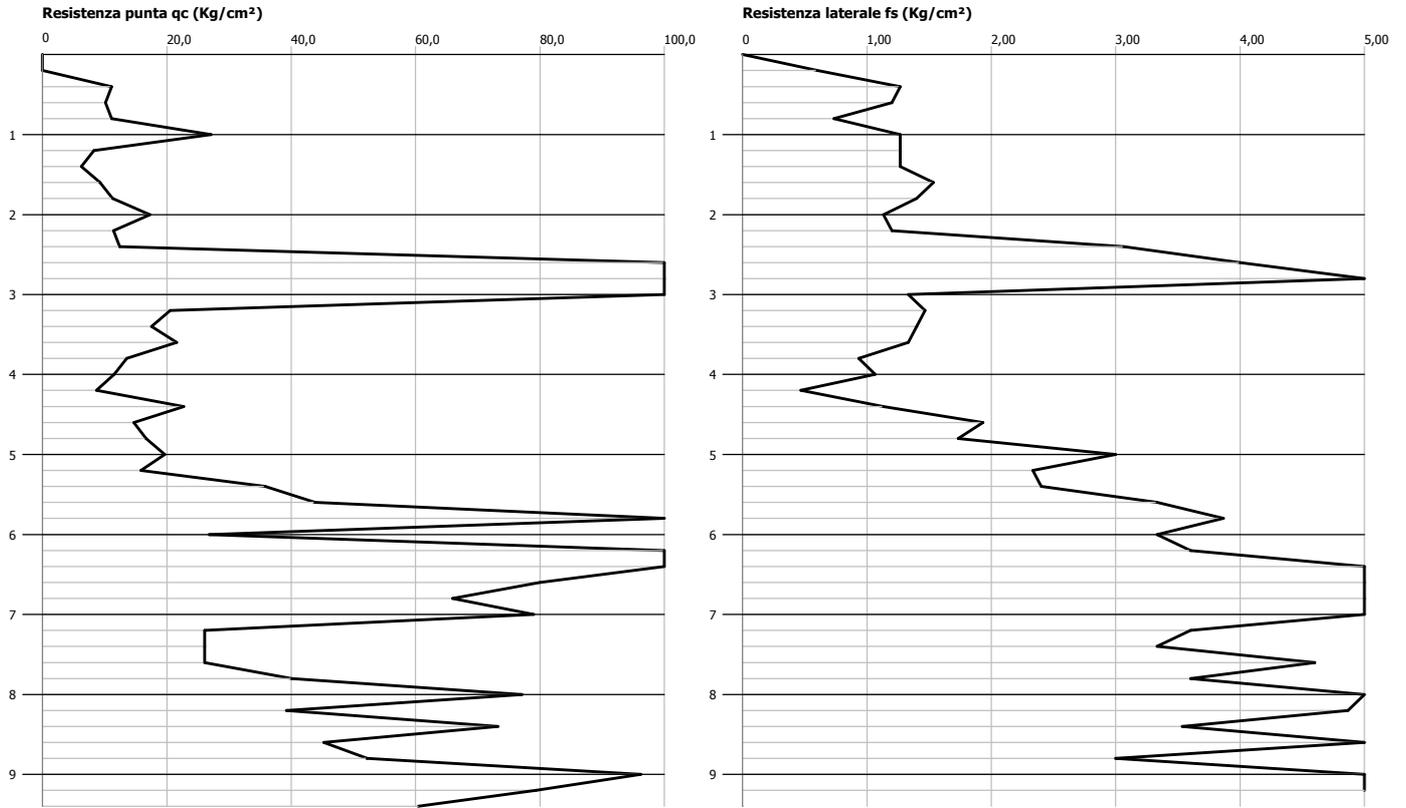
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.12 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

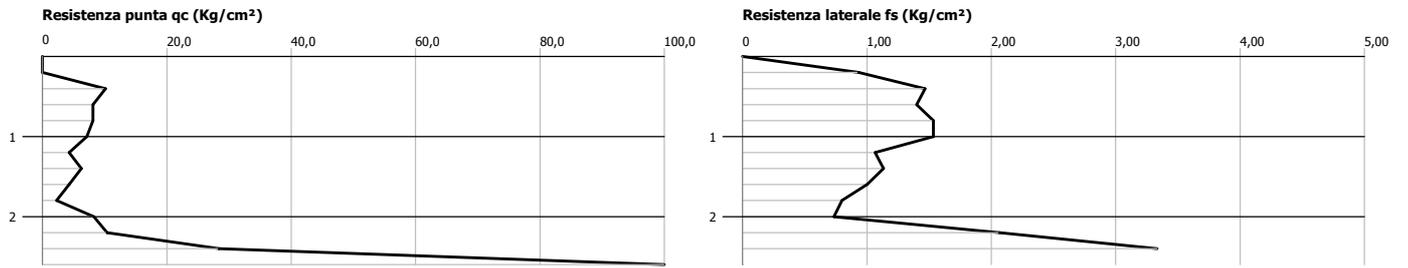
Data :19/10/2011



Probe CPT - Cone Penetration Nr.13 (RIF. 11359)
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : NEG - Ing. PUPA
Cantiere :
Località : MONTELICCIANO (PU)

Data :19/10/2011



PROVA ... Nr.1 (RIF. 11359)Strumento utilizzato...
Prova eseguita in dataPAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

10,20 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,2667	0,0	
0,40	15,0	34,0	15,138	1,4	10,81	9,25
0,60	22,0	43,0	22,138	1,4667	15,09	6,63
0,80	24,0	46,0	24,138	2,1333	11,31	8,84
1,00	23,0	55,0	23,138	1,5333	15,09	6,63
1,20	20,0	43,0	20,276	2,1333	9,5	10,52
1,40	24,0	56,0	24,276	2,6667	9,1	10,98
1,60	23,0	63,0	23,276	2,2667	10,27	9,74
1,80	25,0	59,0	25,276	2,3333	10,83	9,23
2,00	16,0	51,0	16,276	2,0	8,14	12,29
2,20	24,0	54,0	24,414	1,3333	18,31	5,46
2,40	25,0	45,0	25,414	1,6667	15,25	6,56
2,60	26,0	51,0	26,414	1,6667	15,85	6,31
2,80	25,0	50,0	25,414	2,2	11,55	8,66
3,00	26,0	59,0	26,414	2,2667	11,65	8,58
3,20	26,0	60,0	26,552	2,0667	12,85	7,78
3,40	39,0	70,0	39,552	1,8667	21,19	4,72
3,60	52,0	80,0	52,552	3,6	14,6	6,85
3,80	34,0	88,0	34,552	2,7333	12,64	7,91
4,00	52,0	93,0	52,552	3,3333	15,77	6,34
4,20	48,0	98,0	48,69	1,2667	38,44	2,6
4,40	34,0	53,0	34,69	4,0	8,67	11,53
4,60	38,0	98,0	38,69	4,2	9,21	10,86
4,80	40,0	103,0	40,69	4,9333	8,25	12,12
5,00	35,0	109,0	35,69	3,5333	10,1	9,9
5,20	50,0	103,0	50,828	5,7333	8,87	11,28
5,40	50,0	136,0	50,828	5,1333	9,9	10,1
5,60	63,0	140,0	63,828	6,2	10,29	9,71
5,80	55,0	148,0	55,828	5,4667	10,21	9,79
6,00	72,0	154,0	72,828	3,7333	19,51	5,13
6,20	79,0	135,0	79,966	5,4	14,81	6,75
6,40	63,0	144,0	63,966	5,3333	11,99	8,34
6,60	50,0	130,0	50,966	5,6	9,1	10,99
6,80	46,0	130,0	46,966	4,1333	11,36	8,8
7,00	32,0	94,0	32,966	2,6	12,68	7,89
7,20	44,0	83,0	45,104	4,1333	10,91	9,16
7,40	70,0	132,0	71,104	3,8667	18,39	5,44
7,60	100,0	158,0	101,104	6,5333	15,48	6,46
7,80	118,0	216,0	119,104	6,3333	18,81	5,32
8,00	75,0	170,0	76,104	6,8	11,19	8,94
8,20	88,0	190,0	89,242	4,0	22,31	4,48
8,40	60,0	120,0	61,242	4,6667	13,12	7,62
8,60	70,0	140,0	71,242	9,7333	7,32	13,66
8,80	68,0	214,0	69,242	4,4667	15,5	6,45
9,00	56,0	123,0	57,242	3,7333	15,33	6,52
9,20	58,0	114,0	59,38	3,2667	18,18	5,5
9,40	75,0	124,0	76,38	6,9333	11,02	9,08
9,60	69,0	173,0	70,38	6,4	11,0	9,09
9,80	99,0	195,0	100,38	7,0	14,34	6,97
10,00	80,0	185,0	81,38	8,0	10,17	9,83
10,20	70,0	190,0	71,518	0,0		0,0

PROVA ... Nr.2 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)

Prova eseguita in data 19/10/2011

Profondità prova

1,00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,6667	0,0	
0,40	21,0	46,0	21,138	1,5333	13,79	7,25
0,60	22,0	45,0	22,138	2,8	7,91	12,65
0,80	58,0	100,0	58,138	3,3333	17,44	5,73
1,00	350,0	400,0	350,138	0,0		0,0

PROVA ... Nr.3 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

1,60 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	
0,40	40,0	64,0	40,138	2,0	20,07	4,98
0,60	29,0	59,0	29,138	1,7333	16,81	5,95
0,80	38,0	64,0	38,138	1,7333	22,0	4,54
1,00	45,0	71,0	45,138	2,7333	16,51	6,06
1,20	37,0	78,0	37,276	1,8	20,71	4,83
1,40	68,0	95,0	68,276	2,0	34,14	2,93
1,60	370,0	400,0	370,276	0,0		0,0

PROVA ... Nr.4 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)

Prova eseguita in data 19/10/2011

Profondità prova

1,40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,7333	0,0	
0,40	29,0	55,0	29,138	3,3333	8,74	11,44
0,60	200,0	250,0	200,138	3,1333	63,87	1,57
0,80	70,0	117,0	70,138	3,9333	17,83	5,61
1,00	67,0	126,0	67,138	3,1333	21,43	4,67
1,20	61,0	108,0	61,276	2,0	30,64	3,26
1,40	320,0	350,0	320,276	0,0		0,0

PROVA ... Nr.5 (RIF. 11359)Strumento utilizzato...
Prova eseguita in dataPAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

7,60 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,1333	0,0	
0,40	20,0	37,0	20,138	1,2	16,78	5,96
0,60	15,0	33,0	15,138	1,3333	11,35	8,81
0,80	14,0	34,0	14,138	1,4667	9,64	10,37
1,00	17,0	39,0	17,138	1,0	17,14	5,83
1,20	28,0	43,0	28,276	1,3333	21,21	4,72
1,40	17,0	37,0	17,276	2,0	8,64	11,58
1,60	21,0	51,0	21,276	1,9333	11,01	9,09
1,80	20,0	49,0	20,276	1,5333	13,22	7,56
2,00	14,0	37,0	14,276	1,3333	10,71	9,34
2,20	17,0	37,0	17,414	1,2	14,51	6,89
2,40	14,0	32,0	14,414	1,5333	9,4	10,64
2,60	14,0	37,0	14,414	1,3333	10,81	9,25
2,80	14,0	34,0	14,414	1,2	12,01	8,33
3,00	13,0	31,0	13,414	1,3333	10,06	9,94
3,20	12,0	32,0	12,552	1,3333	9,41	10,62
3,40	12,0	32,0	12,552	1,1333	11,08	9,03
3,60	12,0	29,0	12,552	1,1333	11,08	9,03
3,80	21,0	38,0	21,552	4,9333	4,37	22,89
4,00	19,0	93,0	19,552	2,9333	6,67	15,0
4,20	12,0	56,0	12,69	1,2667	10,02	9,98
4,40	14,0	33,0	14,69	1,4	10,49	9,53
4,60	15,0	36,0	15,69	0,4	39,23	2,55
4,80	32,0	38,0	32,69	0,3333	98,08	1,02
5,00	17,0	22,0	17,69	0,8667	20,41	4,9
5,20	17,0	30,0	17,828	0,8667	20,57	4,86
5,40	17,0	30,0	17,828	0,6667	26,74	3,74
5,60	15,0	25,0	15,828	0,8667	18,26	5,48
5,80	22,0	35,0	22,828	1,0	22,83	4,38
6,00	21,0	36,0	21,828	1,1333	19,26	5,19
6,20	23,0	40,0	23,966	1,5333	15,63	6,4
6,40	21,0	44,0	21,966	1,1333	19,38	5,16
6,60	16,0	33,0	16,966	6,6667	2,54	39,29
6,80	15,0	115,0	15,966	1,0	15,97	6,26
7,00	85,0	100,0	85,966	3,3333	25,79	3,88
7,20	300,0	350,0	301,104	8,6667	34,74	2,88
7,40	120,0	250,0	121,104	8,3333	14,53	6,88
7,60	250,0	375,0	251,104	0,0		0,0

PROVA ... Nr.6 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

6,00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	
0,40	39,0	57,0	39,138	1,8667	20,97	4,77
0,60	54,0	82,0	54,138	2,6	20,82	4,8
0,80	60,0	99,0	60,138	2,9333	20,5	4,88
1,00	61,0	105,0	61,138	3,6667	16,67	6,0
1,20	71,0	126,0	71,276	5,0	14,26	7,01
1,40	70,0	145,0	70,276	4,2667	16,47	6,07
1,60	68,0	132,0	68,276	2,6667	25,6	3,91
1,80	100,0	140,0	100,276	4,3333	23,14	4,32
2,00	110,0	175,0	110,276	5,6667	19,46	5,14
2,20	75,0	160,0	75,414	6,6667	11,31	8,84
2,40	76,0	176,0	76,414	5,3333	14,33	6,98
2,60	90,0	170,0	90,414	5,2667	17,17	5,83
2,80	71,0	150,0	71,414	6,3333	11,28	8,87
3,00	81,0	176,0	81,414	3,8667	21,06	4,75
3,20	87,0	145,0	87,552	5,0667	17,28	5,79
3,40	100,0	176,0	100,552	7,0	14,36	6,96
3,60	120,0	225,0	120,552	6,1333	19,66	5,09
3,80	120,0	212,0	120,552	7,6	15,86	6,3
4,00	120,0	234,0	120,552	6,6667	18,08	5,53
4,20	120,0	220,0	120,69	5,6	21,55	4,64
4,40	68,0	152,0	68,69	5,8667	11,71	8,54
4,60	75,0	163,0	75,69	4,4	17,2	5,81
4,80	39,0	105,0	39,69	2,2667	17,51	5,71
5,00	121,0	155,0	121,69	4,6667	26,08	3,83
5,20	105,0	175,0	105,828	5,2	20,35	4,91
5,40	111,0	189,0	111,828	2,0	55,91	1,79
5,60	270,0	300,0	270,828	10,1333	26,73	3,74
5,80	160,0	312,0	160,828	10,6667	15,08	6,63
6,00	240,0	400,0	240,828	0,0		0,0

PROVA ... Nr.7 (RIF. 11359)Strumento utilizzato...
Prova eseguita in dataPAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

12,20 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	
0,40	21,0	36,0	21,138	2,0667	10,23	9,78
0,60	53,0	84,0	53,138	1,8667	28,47	3,51
0,80	36,0	64,0	36,138	2,1333	16,94	5,9
1,00	28,0	60,0	28,138	2,4667	11,41	8,77
1,20	21,0	58,0	21,276	2,1333	9,97	10,03
1,40	11,0	43,0	11,276	1,7333	6,51	15,37
1,60	10,0	36,0	10,276	1,5333	6,7	14,92
1,80	10,0	33,0	10,276	1,4667	7,01	14,27
2,00	11,0	33,0	11,276	1,7333	6,51	15,37
2,20	15,0	41,0	15,414	1,8667	8,26	12,11
2,40	13,0	41,0	13,414	1,8667	7,19	13,92
2,60	16,0	44,0	16,414	2,0	8,21	12,18
2,80	13,0	43,0	13,414	2,4667	5,44	18,39
3,00	18,0	55,0	18,414	1,8	10,23	9,78
3,20	27,0	54,0	27,552	2,6667	10,33	9,68
3,40	35,0	75,0	35,552	2,5333	14,03	7,13
3,60	26,0	64,0	26,552	2,4	11,06	9,04
3,80	22,0	58,0	22,552	2,4667	9,14	10,94
4,00	21,0	58,0	21,552	2,5333	8,51	11,75
4,20	23,0	61,0	23,69	2,7333	8,67	11,54
4,40	21,0	62,0	21,69	2,6667	8,13	12,29
4,60	15,0	55,0	15,69	2,3333	6,72	14,87
4,80	22,0	57,0	22,69	2,8667	7,92	12,63
5,00	22,0	65,0	22,69	3,0	7,56	13,22
5,20	23,0	68,0	23,828	2,9333	8,12	12,31
5,40	24,0	68,0	24,828	2,8667	8,66	11,55
5,60	25,0	68,0	25,828	2,9333	8,81	11,36
5,80	19,0	63,0	19,828	3,0	6,61	15,13
6,00	20,0	65,0	20,828	3,1333	6,65	15,04
6,20	24,0	71,0	24,966	2,8	8,92	11,22
6,40	30,0	72,0	30,966	3,4	9,11	10,98
6,60	41,0	92,0	41,966	3,3333	12,59	7,94
6,80	39,0	89,0	39,966	3,8667	10,34	9,67
7,00	29,0	87,0	29,966	3,9333	7,62	13,13
7,20	31,0	90,0	32,104	3,9333	8,16	12,25
7,40	26,0	85,0	27,104	4,2	6,45	15,5
7,60	37,0	100,0	38,104	3,5333	10,78	9,27
7,80	35,0	88,0	36,104	3,6667	9,85	10,16
8,00	28,0	83,0	29,104	3,8667	7,53	13,29
8,20	33,0	91,0	34,242	3,2	10,7	9,35
8,40	52,0	100,0	53,242	4,0	13,31	7,51
8,60	35,0	95,0	36,242	3,7333	9,71	10,3
8,80	70,0	126,0	71,242	4,8	14,84	6,74
9,00	48,0	120,0	49,242	4,4	11,19	8,94
9,20	60,0	126,0	61,38	5,9333	10,35	9,67
9,40	50,0	139,0	51,38	3,8667	13,29	7,53
9,60	90,0	148,0	91,38	5,5333	16,51	6,06
9,80	59,0	142,0	60,38	5,5333	10,91	9,16
10,00	51,0	134,0	52,38	5,2667	9,95	10,05
10,20	38,0	117,0	39,518	5,3333	7,41	13,5
10,40	43,0	123,0	44,518	5,3333	8,35	11,98
10,60	40,0	120,0	41,518	5,2667	7,88	12,69

10,80	41,0	120,0	42,518	5,3333	7,97	12,54
11,00	52,0	132,0	53,518	5,3333	10,03	9,97
11,20	52,0	132,0	53,656	5,6	9,58	10,44
11,40	41,0	125,0	42,656	5,5333	7,71	12,97
11,60	50,0	133,0	51,656	3,3333	15,5	6,45
11,80	200,0	250,0	201,656	6,0	33,61	2,98
12,00	250,0	340,0	251,656	3,3333	75,5	1,32
12,20	300,0	350,0	301,794	0,0		0,0

PROVA ... Nr.8 (RIF. 11359)Strumento utilizzato...
Prova eseguita in dataPAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

10,40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,7333	0,0	
0,40	14,0	25,0	14,138	1,0667	13,25	7,54
0,60	20,0	36,0	20,138	1,4	14,38	6,95
0,80	21,0	42,0	21,138	2,2	9,61	10,41
1,00	21,0	54,0	21,138	2,1333	9,91	10,09
1,20	27,0	59,0	27,276	1,6	17,05	5,87
1,40	15,0	39,0	15,276	1,3333	11,46	8,73
1,60	15,0	35,0	15,276	1,5333	9,96	10,04
1,80	12,0	35,0	12,276	1,7333	7,08	14,12
2,00	17,0	43,0	17,276	1,9333	8,94	11,19
2,20	21,0	50,0	21,414	2,0667	10,36	9,65
2,40	19,0	50,0	19,414	1,8667	10,4	9,62
2,60	28,0	56,0	28,414	2,3333	12,18	8,21
2,80	28,0	63,0	28,414	2,6	10,93	9,15
3,00	24,0	63,0	24,414	2,3333	10,46	9,56
3,20	28,0	63,0	28,552	2,4	11,9	8,41
3,40	24,0	60,0	24,552	2,2667	10,83	9,23
3,60	35,0	69,0	35,552	3,3333	10,67	9,38
3,80	38,0	88,0	38,552	1,7333	22,24	4,5
4,00	33,0	59,0	33,552	3,1333	10,71	9,34
4,20	32,0	79,0	32,69	3,2667	10,01	9,99
4,40	20,0	69,0	20,69	3,1333	6,6	15,14
4,60	22,0	69,0	22,69	3,6	6,3	15,87
4,80	34,0	88,0	34,69	3,4	10,2	9,8
5,00	36,0	87,0	36,69	3,6667	10,01	9,99
5,20	35,0	90,0	35,828	4,0	8,96	11,16
5,40	37,0	97,0	37,828	4,0	9,46	10,57
5,60	40,0	100,0	40,828	4,0	10,21	9,8
5,80	48,0	108,0	48,828	5,2667	9,27	10,79
6,00	36,0	115,0	36,828	4,6	8,01	12,49
6,20	41,0	110,0	41,966	4,8	8,74	11,44
6,40	42,0	114,0	42,966	4,4	9,77	10,24
6,60	39,0	105,0	39,966	4,8667	8,21	12,18
6,80	32,0	105,0	32,966	4,7333	6,96	14,36
7,00	31,0	102,0	31,966	4,9333	6,48	15,43
7,20	32,0	106,0	33,104	4,2667	7,76	12,89
7,40	44,0	108,0	45,104	4,8667	9,27	10,79
7,60	74,0	147,0	75,104	6,5333	11,5	8,7
7,80	55,0	153,0	56,104	5,7333	9,79	10,22
8,00	42,0	128,0	43,104	5,9333	7,26	13,77
8,20	37,0	126,0	38,242	4,7333	8,08	12,38
8,40	51,0	122,0	52,242	6,1333	8,52	11,74
8,60	47,0	139,0	48,242	6,5333	7,38	13,54
8,80	58,0	156,0	59,242	6,6	8,98	11,14
9,00	81,0	180,0	82,242	4,6667	17,62	5,67
9,20	89,0	159,0	90,38	6,6667	13,56	7,38
9,40	60,0	160,0	61,38	7,1333	8,6	11,62
9,60	52,0	159,0	53,38	7,4	7,21	13,86
9,80	58,0	169,0	59,38	6,7333	8,82	11,34
10,00	66,0	167,0	67,38	6,8667	9,81	10,19
10,20	66,0	169,0	67,518	6,6667	10,13	9,87
10,40	100,0	200,0	101,518	0,0		0,0

PROVA ... Nr.9 (RIF. 11359)Strumento utilizzato...
Prova eseguita in dataPAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

12,00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	
0,40	16,0	31,0	16,138	1,1333	14,24	7,02
0,60	17,0	34,0	17,138	1,5333	11,18	8,95
0,80	28,0	51,0	28,138	2,0	14,07	7,11
1,00	32,0	62,0	32,138	2,8667	11,21	8,92
1,20	39,0	82,0	39,276	2,9333	13,39	7,47
1,40	37,0	81,0	37,276	2,8	13,31	7,51
1,60	40,0	82,0	40,276	2,7333	14,74	6,79
1,80	29,0	70,0	29,276	2,4667	11,87	8,43
2,00	21,0	58,0	21,276	1,6	13,3	7,52
2,20	25,0	49,0	25,414	1,6667	15,25	6,56
2,40	21,0	46,0	21,414	1,9333	11,08	9,03
2,60	30,0	59,0	30,414	2,1333	14,26	7,01
2,80	14,0	46,0	14,414	1,6	9,01	11,1
3,00	30,0	54,0	30,414	1,6667	18,25	5,48
3,20	33,0	58,0	33,552	2,2	15,25	6,56
3,40	39,0	72,0	39,552	2,0667	19,14	5,23
3,60	31,0	62,0	31,552	8,0	3,94	25,35
3,80	30,0	150,0	30,552	2,6667	11,46	8,73
4,00	100,0	140,0	100,552	2,1333	47,13	2,12
4,20	98,0	130,0	98,69	2,4667	40,01	2,5
4,40	86,0	123,0	86,69	1,4667	59,11	1,69
4,60	26,0	48,0	26,69	1,2667	21,07	4,75
4,80	33,0	52,0	33,69	1,6	21,06	4,75
5,00	31,0	55,0	31,69	0,8667	36,56	2,73
5,20	22,0	35,0	22,828	0,8667	26,34	3,8
5,40	51,0	64,0	51,828	0,6667	77,74	1,29
5,60	70,0	80,0	70,828	2,2	32,19	3,11
5,80	38,0	71,0	38,828	1,0667	36,4	2,75
6,00	54,0	70,0	54,828	1,7333	31,63	3,16
6,20	61,0	87,0	61,966	1,2667	48,92	2,04
6,40	70,0	89,0	70,966	1,8667	38,02	2,63
6,60	27,0	55,0	27,966	2,2	12,71	7,87
6,80	35,0	68,0	35,966	2,2667	15,87	6,3
7,00	33,0	67,0	33,966	1,8	18,87	5,3
7,20	19,0	46,0	20,104	1,4667	13,71	7,3
7,40	20,0	42,0	21,104	2,2667	9,31	10,74
7,60	45,0	79,0	46,104	2,1333	21,61	4,63
7,80	40,0	72,0	41,104	0,9333	44,04	2,27
8,00	28,0	42,0	29,104	0,6	48,51	2,06
8,20	9,0	18,0	10,242	1,0667	9,6	10,41
8,40	17,0	33,0	18,242	0,7333	24,88	4,02
8,60	24,0	35,0	25,242	0,8	31,55	3,17
8,80	111,0	123,0	112,242	3,2	35,08	2,85
9,00	30,0	78,0	31,242	1,0	31,24	3,2
9,20	26,0	41,0	27,38	0,7333	37,34	2,68
9,40	19,0	30,0	20,38	3,3333	6,11	16,36
9,60	150,0	200,0	151,38	5,2	29,11	3,44
9,80	22,0	100,0	23,38	1,6	14,61	6,84
10,00	22,0	46,0	23,38	1,2	19,48	5,13
10,20	22,0	40,0	23,518	1,1333	20,75	4,82
10,40	10,0	27,0	11,518	2,4667	4,67	21,42
10,60	35,0	72,0	36,518	3,7333	9,78	10,22

10,80	67,0	123,0	68,518	7,3333	9,34	10,7
11,00	55,0	165,0	56,518	5,8667	9,63	10,38
11,20	92,0	180,0	93,656	9,7333	9,62	10,39
11,40	84,0	230,0	85,656	4,8667	17,6	5,68
11,60	110,0	183,0	111,656	11,0	10,15	9,85
11,80	130,0	295,0	131,656	12,0	10,97	9,11
12,00	170,0	350,0	171,656	0,0		0,0

PROVA ... Nr.10 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

6,60 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	1,0667	0,0	
0,40	8,0	24,0	8,138	0,9333	8,72	11,47
0,60	8,0	22,0	8,138	1,2	6,78	14,75
0,80	6,0	24,0	6,138	1,2	5,12	19,55
1,00	5,0	23,0	5,138	1,1333	4,53	22,06
1,20	5,0	22,0	5,276	1,0667	4,95	20,22
1,40	6,0	22,0	6,276	1,2667	4,95	20,18
1,60	9,0	28,0	9,276	0,4	23,19	4,31
1,80	25,0	31,0	25,276	1,2667	19,95	5,01
2,00	10,0	29,0	10,276	1,2667	8,11	12,33
2,20	13,0	32,0	13,414	1,1333	11,84	8,45
2,40	13,0	30,0	13,414	0,8	16,77	5,96
2,60	19,0	31,0	19,414	1,1333	17,13	5,84
2,80	16,0	33,0	16,414	1,4667	11,19	8,94
3,00	14,0	36,0	14,414	1,0667	13,51	7,4
3,20	13,0	29,0	13,552	1,2	11,29	8,85
3,40	13,0	31,0	13,552	1,2667	10,7	9,35
3,60	38,0	57,0	38,552	2,2	17,52	5,71
3,80	19,0	52,0	19,552	1,6	12,22	8,18
4,00	15,0	39,0	15,552	2,0667	7,53	13,29
4,20	19,0	50,0	19,69	2,2	8,95	11,17
4,40	23,0	56,0	23,69	2,3333	10,15	9,85
4,60	40,0	75,0	40,69	2,5333	16,06	6,23
4,80	27,0	65,0	27,69	1,7333	15,98	6,26
5,00	24,0	50,0	24,69	1,2	20,58	4,86
5,20	21,0	39,0	21,828	1,0667	20,46	4,89
5,40	22,0	38,0	22,828	3,3333	6,85	14,6
5,60	150,0	200,0	150,828	4,6	32,79	3,05
5,80	48,0	117,0	48,828	2,2	22,19	4,51
6,00	97,0	130,0	97,828	6,8667	14,25	7,02
6,20	118,0	221,0	118,966	6,9333	17,16	5,83
6,40	150,0	254,0	150,966	10,0	15,1	6,62
6,60	200,0	350,0	200,966	0,0		0,0

PROVA ... Nr.11 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

8,40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,5333	0,0	
0,40	17,0	25,0	17,138	0,8	21,42	4,67
0,60	18,0	30,0	18,138	0,8	22,67	4,41
0,80	21,0	33,0	21,138	1,1333	18,65	5,36
1,00	14,0	31,0	14,138	0,8	17,67	5,66
1,20	18,0	30,0	18,276	1,4	13,05	7,66
1,40	15,0	36,0	15,276	0,5333	28,64	3,49
1,60	27,0	35,0	27,276	2,0	13,64	7,33
1,80	18,0	48,0	18,276	2,0	9,14	10,94
2,00	21,0	51,0	21,276	2,4	8,87	11,28
2,20	24,0	60,0	24,414	2,5333	9,64	10,38
2,40	21,0	59,0	21,414	2,3333	9,18	10,9
2,60	25,0	60,0	25,414	2,5333	10,03	9,97
2,80	20,0	58,0	20,414	2,2667	9,01	11,1
3,00	18,0	52,0	18,414	1,8	10,23	9,78
3,20	18,0	45,0	18,552	1,6667	11,13	8,98
3,40	10,0	35,0	10,552	1,2	8,79	11,37
3,60	16,0	34,0	16,552	1,4	11,82	8,46
3,80	19,0	40,0	19,552	2,2	8,89	11,25
4,00	16,0	49,0	16,552	2,3333	7,09	14,1
4,20	24,0	59,0	24,69	2,0	12,35	8,1
4,40	90,0	120,0	90,69	3,1333	28,94	3,45
4,60	19,0	66,0	19,69	2,4	8,2	12,19
4,80	23,0	59,0	23,69	2,0667	11,46	8,72
5,00	23,0	54,0	23,69	2,3333	10,15	9,85
5,20	30,0	65,0	30,828	3,0	10,28	9,73
5,40	25,0	70,0	25,828	3,9333	6,57	15,23
5,60	36,0	95,0	36,828	2,9333	12,56	7,96
5,80	24,0	68,0	24,828	2,8667	8,66	11,55
6,00	25,0	68,0	25,828	2,4	10,76	9,29
6,20	24,0	60,0	24,966	3,1333	7,97	12,55
6,40	19,0	66,0	19,966	2,8	7,13	14,02
6,60	20,0	62,0	20,966	2,4	8,74	11,45
6,80	20,0	56,0	20,966	2,6667	7,86	12,72
7,00	15,0	55,0	15,966	2,5333	6,3	15,87
7,20	32,0	70,0	33,104	2,2	15,05	6,65
7,40	50,0	83,0	51,104	2,4	21,29	4,7
7,60	50,0	86,0	51,104	3,7333	13,69	7,31
7,80	40,0	96,0	41,104	4,8	8,56	11,68
8,00	61,0	133,0	62,104	4,8667	12,76	7,84
8,20	100,0	173,0	101,242	8,0	12,66	7,9
8,40	150,0	270,0	151,242	0,0		0,0

PROVA ... Nr.12 (RIF. 11359)Strumento utilizzato...
Prova eseguita in dataPAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

9,40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	
0,40	11,0	20,0	11,138	1,2667	8,79	11,37
0,60	10,0	29,0	10,138	1,2	8,45	11,84
0,80	11,0	29,0	11,138	0,7333	15,19	6,58
1,00	27,0	38,0	27,138	1,2667	21,42	4,67
1,20	8,0	27,0	8,276	1,2667	6,53	15,31
1,40	6,0	25,0	6,276	1,2667	4,95	20,18
1,60	9,0	28,0	9,276	1,5333	6,05	16,53
1,80	11,0	34,0	11,276	1,4	8,05	12,42
2,00	17,0	38,0	17,276	1,1333	15,24	6,56
2,20	11,0	28,0	11,414	1,2	9,51	10,51
2,40	12,0	30,0	12,414	3,0667	4,05	24,7
2,60	100,0	146,0	100,414	4,0	25,1	3,98
2,80	140,0	200,0	140,414	5,8	24,21	4,13
3,00	113,0	200,0	113,414	1,3333	85,06	1,18
3,20	20,0	40,0	20,552	1,4667	14,01	7,14
3,40	17,0	39,0	17,552	1,4	12,54	7,98
3,60	21,0	42,0	21,552	1,3333	16,16	6,19
3,80	13,0	33,0	13,552	0,9333	14,52	6,89
4,00	11,0	25,0	11,552	1,0667	10,83	9,23
4,20	8,0	24,0	8,69	0,4667	18,62	5,37
4,40	22,0	29,0	22,69	1,1333	20,02	4,99
4,60	14,0	31,0	14,69	1,9333	7,6	13,16
4,80	16,0	45,0	16,69	1,7333	9,63	10,39
5,00	19,0	45,0	19,69	3,0	6,56	15,24
5,20	15,0	60,0	15,828	2,3333	6,78	14,74
5,40	35,0	70,0	35,828	2,4	14,93	6,7
5,60	43,0	79,0	43,828	3,3333	13,15	7,61
5,80	100,0	150,0	100,828	3,8667	26,08	3,83
6,00	26,0	84,0	26,828	3,3333	8,05	12,42
6,20	100,0	150,0	100,966	3,6	28,05	3,57
6,40	112,0	166,0	112,966	6,2667	18,03	5,55
6,60	79,0	173,0	79,966	5,2667	15,18	6,59
6,80	65,0	144,0	65,966	5,4	12,22	8,19
7,00	78,0	159,0	78,966	6,7333	11,73	8,53
7,20	25,0	126,0	26,104	3,6	7,25	13,79
7,40	25,0	79,0	26,104	3,3333	7,83	12,77
7,60	25,0	75,0	26,104	4,6	5,67	17,62
7,80	39,0	108,0	40,104	3,6	11,14	8,98
8,00	76,0	130,0	77,104	6,1333	12,57	7,95
8,20	38,0	130,0	39,242	4,8667	8,06	12,4
8,40	72,0	145,0	73,242	3,5333	20,73	4,82
8,60	44,0	97,0	45,242	5,8	7,8	12,82
8,80	51,0	138,0	52,242	3,0	17,41	5,74
9,00	95,0	140,0	96,242	6,6	14,58	6,86
9,20	78,0	177,0	79,38	5,6	14,18	7,05
9,40	59,0	143,0	60,38	0,0		0,0

PROVA ... Nr.13 (RIF. 11359)

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)
19/10/2011

Profondità prova

2,60 mt

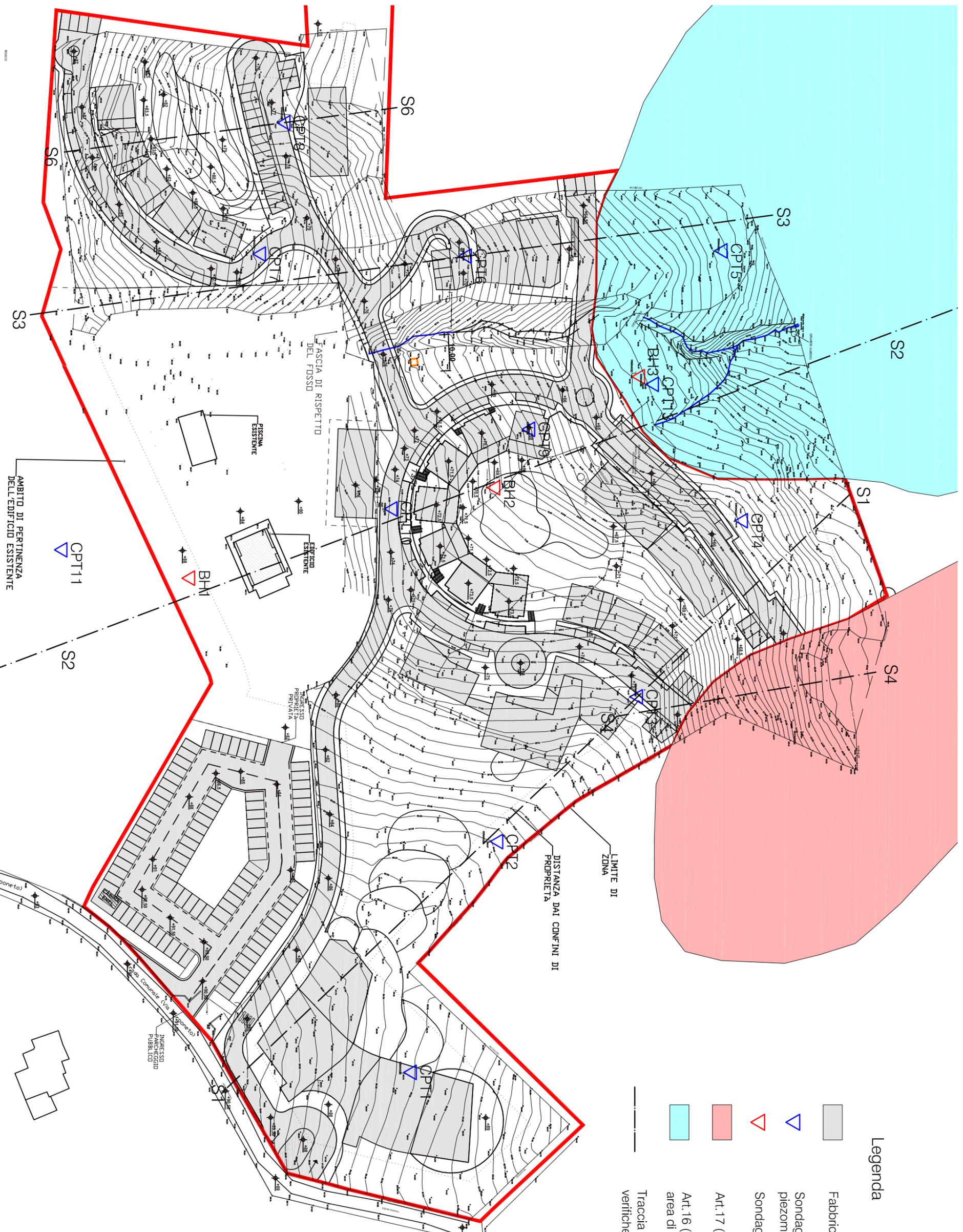
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,9333	0,0	
0,40	10,0	24,0	10,138	1,4667	6,91	14,47
0,60	8,0	30,0	8,138	1,4	5,81	17,2
0,80	8,0	29,0	8,138	1,5333	5,31	18,84
1,00	7,0	30,0	7,138	1,5333	4,66	21,48
1,20	4,0	27,0	4,276	1,0667	4,01	24,95
1,40	6,0	22,0	6,276	1,1333	5,54	18,06
1,60	4,0	21,0	4,276	1,0	4,28	23,39
1,80	2,0	17,0	2,276	0,8	2,85	35,15
2,00	8,0	20,0	8,276	0,7333	11,29	8,86
2,20	10,0	21,0	10,414	2,0667	5,04	19,85
2,40	28,0	59,0	28,414	3,3333	8,52	11,73
2,60	350,0	400,0	350,414	0,0		0,0

ALLEGATO (3)

- VERIFICHE DI STABILITA'
- TABULATI VERIFICHE DI STABILITA'

Planimetria ubicazione sondaggi e traccia sezioni per verifiche di stabilità

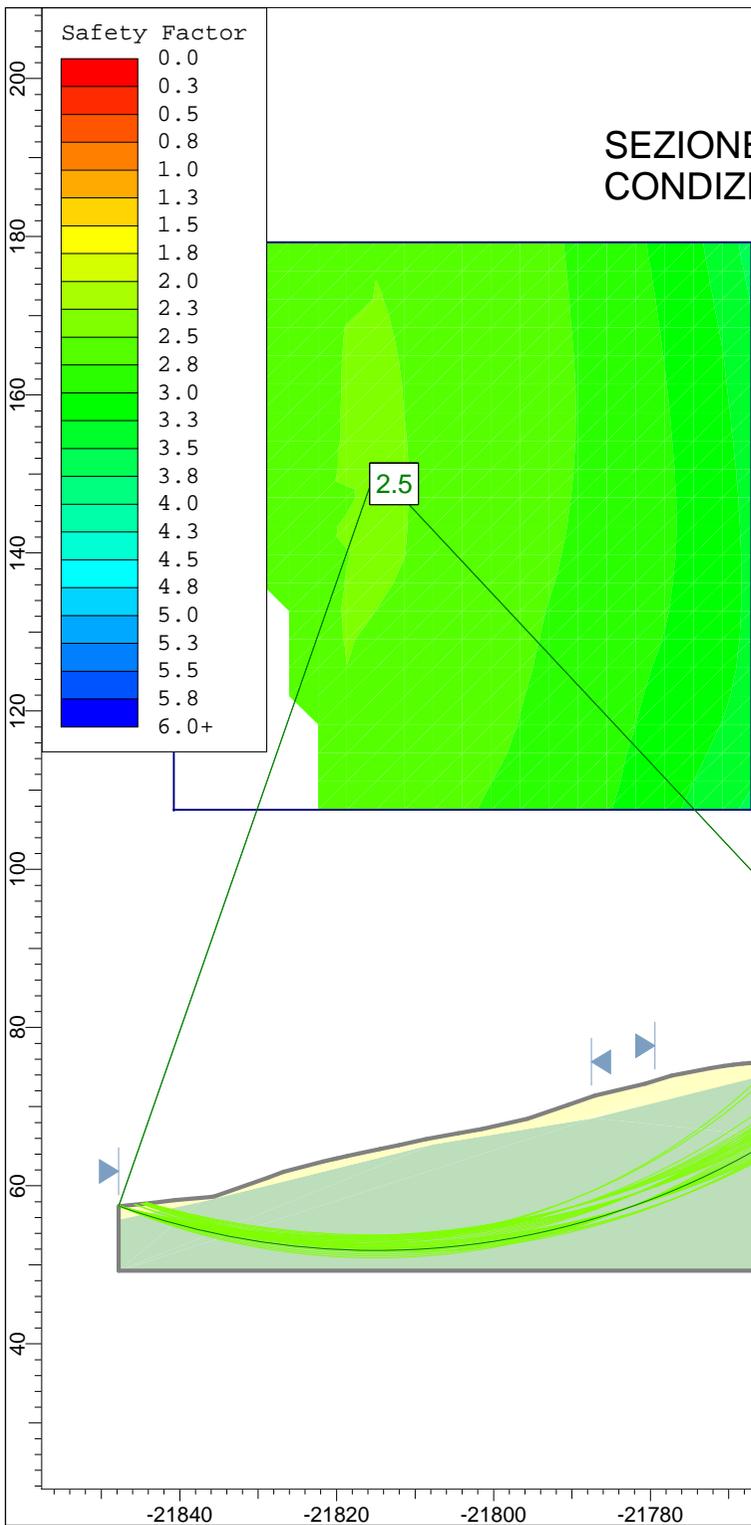
Scala 1:1.000



Legenda

-  Fabbricati, strade, piazzali e parcheggi
-  Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro a tubo aperto
-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Art. 17 (trana attina)
-  Art. 16 (trana quiescente o area di possibile evoluzione dei dissesti)
-  Traccia di sezione per verifiche di stabilità

SEZIONE S1 - STATO ATTUALE CONDIZIONI STATICHE

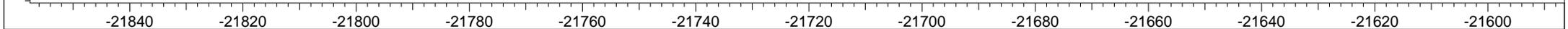
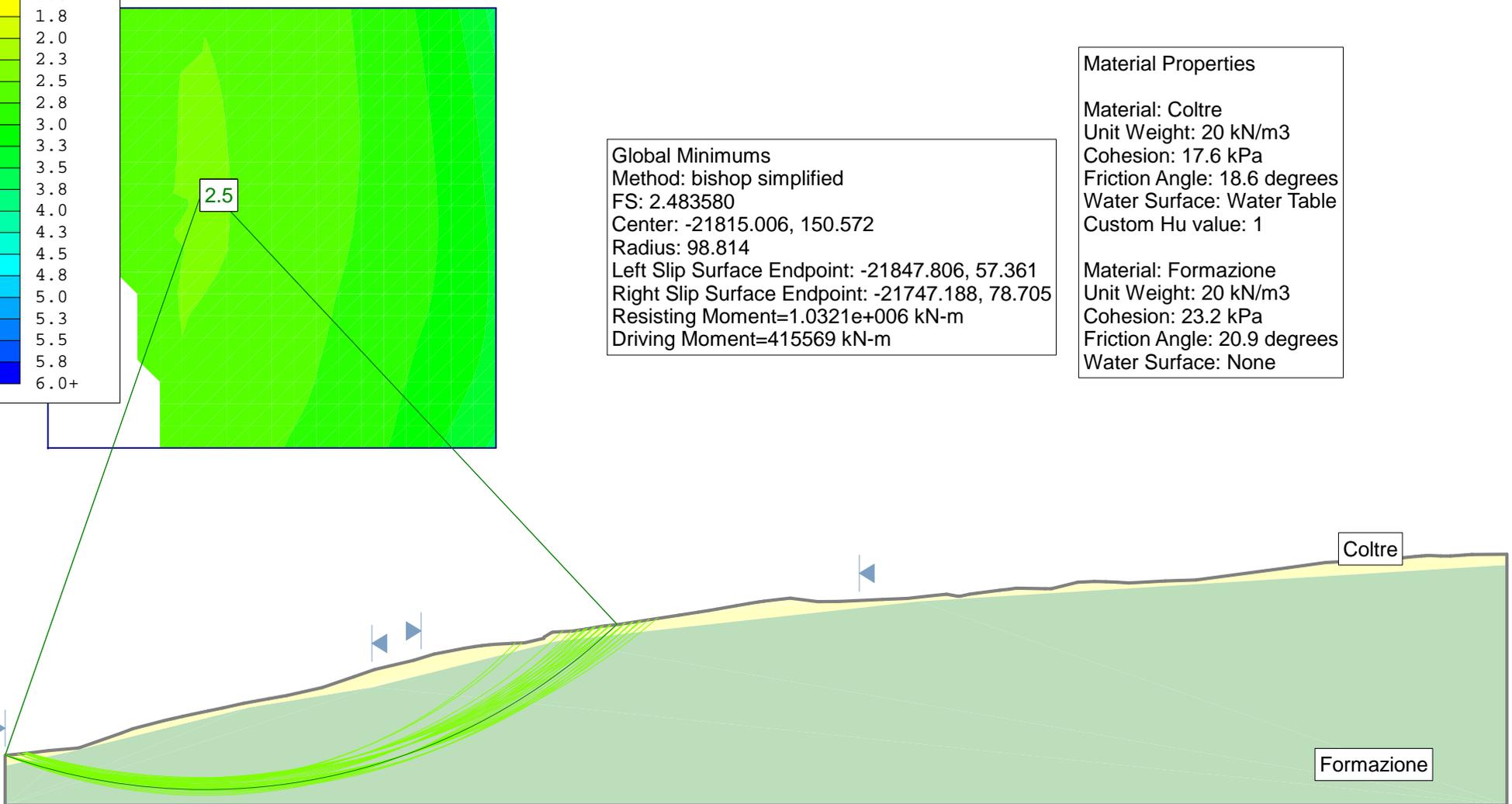


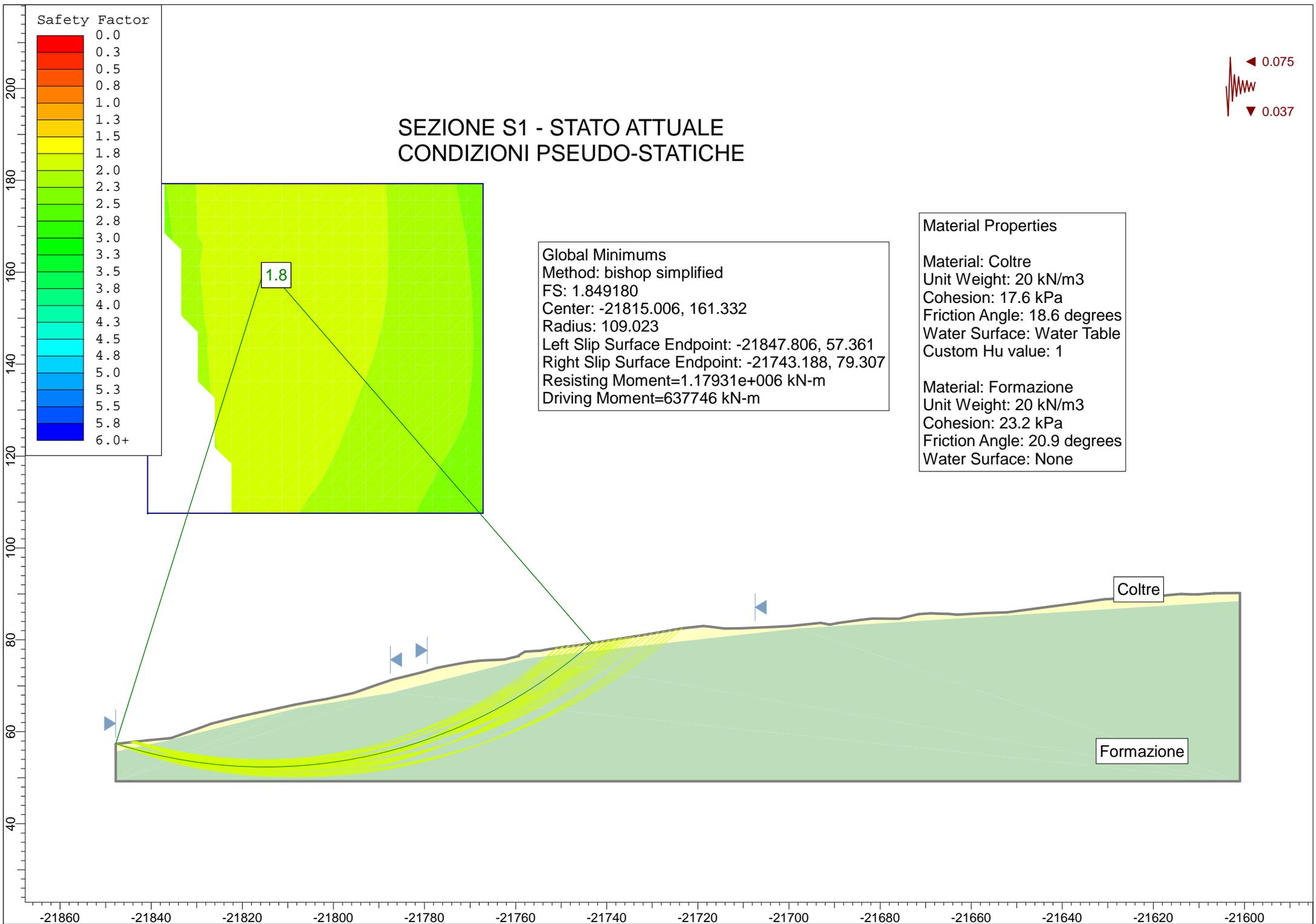
Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.483580
 Center: -21815.006, 150.572
 Radius: 98.814
 Left Slip Surface Endpoint: -21847.806, 57.361
 Right Slip Surface Endpoint: -21747.188, 78.705
 Resisting Moment=1.0321e+006 kN-m
 Driving Moment=415569 kN-m

Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None





Slide Analysis Information

SEZIONE S1 – STATO DI ATTUALE

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa

Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

-21840.779 107.532
-21767.142 107.532
-21767.142 179.266
-21840.779 179.266

Material Boundary

-21847.806 55.667
-21837.355 57.907
-21807.771 65.177
-21787.199 68.513
-21757.060 76.029
-21697.674 82.507
-21600.991 88.450

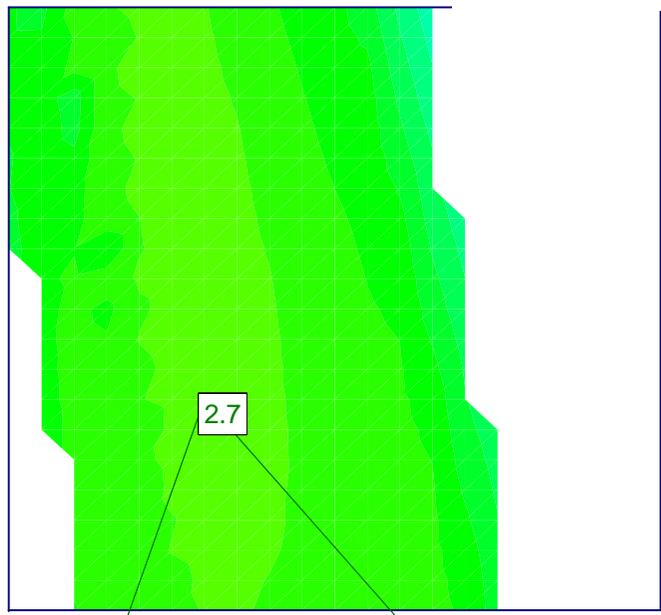
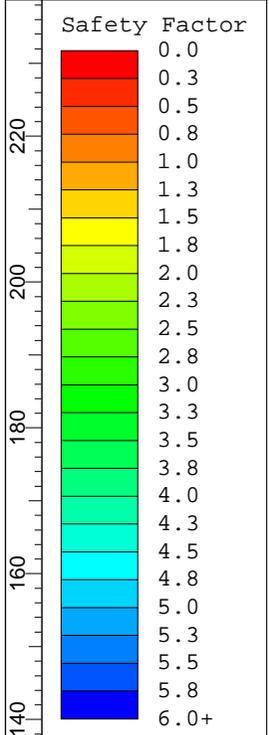
External Boundary

-21600.991 88.450
-21600.991 90.188
-21606.652 90.159
-21606.828 90.158
-21607.919 90.072
-21610.263 89.881
-21611.869 89.889
-21613.673 89.984
-21613.999 89.967
-21614.498 89.940
-21615.023 89.909
-21616.022 89.811
-21618.115 89.606
-21620.458 89.376
-21620.975 89.329
-21625.236 89.122
-21630.732 88.826
-21636.994 88.000
-21652.111 86.006
-21657.118 85.817
-21660.091 85.651
-21663.094 85.484
-21665.011 85.645
-21666.968 85.705
-21668.807 85.761
-21671.524 85.617
-21675.846 84.571
-21676.847 84.571
-21681.674 84.638
-21682.808 84.500
-21684.292 84.319
-21688.100 83.830
-21689.290 83.661
-21690.814 83.354
-21691.107 83.354

-21691.315 83.354
-21692.180 83.524
-21693.050 83.690
-21696.266 83.345
-21699.531 82.998
-21703.632 82.810
-21710.668 82.488
-21714.230 82.468
-21716.507 82.748
-21718.784 83.028
-21720.276 82.862
-21723.093 82.545
-21723.954 82.420
-21725.473 82.165
-21727.626 81.790
-21730.858 81.228
-21732.047 81.041
-21733.876 80.753
-21737.029 80.257
-21746.905 78.734
-21749.201 78.494
-21749.843 78.402
-21752.429 77.993
-21754.640 77.647
-21757.785 77.467
-21758.093 77.364
-21759.250 76.667
-21759.296 76.469
-21762.461 75.723
-21764.429 75.637
-21767.380 75.509
-21768.275 75.413
-21769.422 75.280
-21770.630 75.128
-21772.384 74.831
-21775.787 74.181
-21777.305 73.895
-21780.633 72.904
-21787.065 71.365
-21790.481 70.203
-21795.652 68.431
-21801.467 67.146
-21802.422 66.994
-21804.502 66.631
-21808.585 65.873
-21812.078 65.128
-21814.468 64.618
-21817.210 64.033
-21818.694 63.716
-21819.960 63.446
-21820.342 63.379
-21820.711 63.282
-21821.769 63.029
-21826.808 61.743
-21828.761 61.020
-21835.541 58.647
-21836.033 58.577

-21840.703 58.153
-21843.362 57.829
-21847.806 57.361
-21847.806 55.667
-21847.806 49.231
-21600.991 49.231

SEZIONE S1 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE

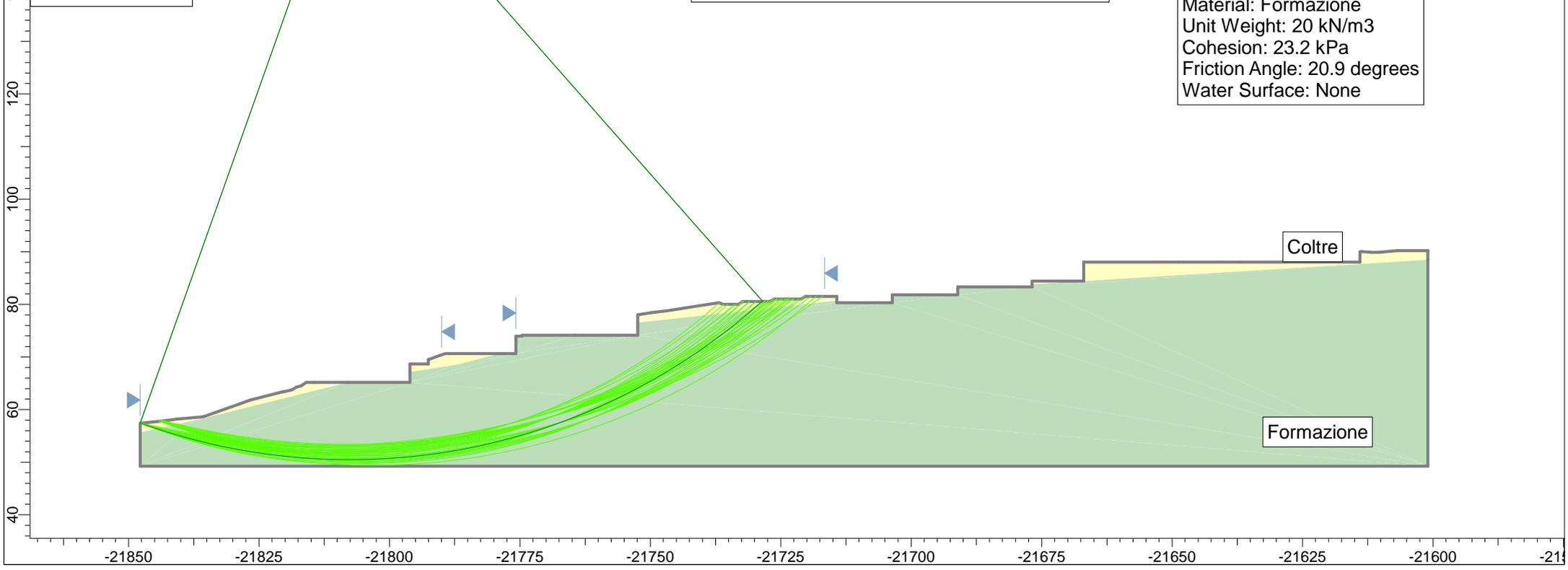


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.656710
 Center: -21807.658, 169.609
 Radius: 119.212
 Left Slip Surface Endpoint: -21847.806, 57.361
 Right Slip Surface Endpoint: -21728.468, 80.500
 Resisting Moment=1.6573e+006 kN-m
 Driving Moment=623815 kN-m

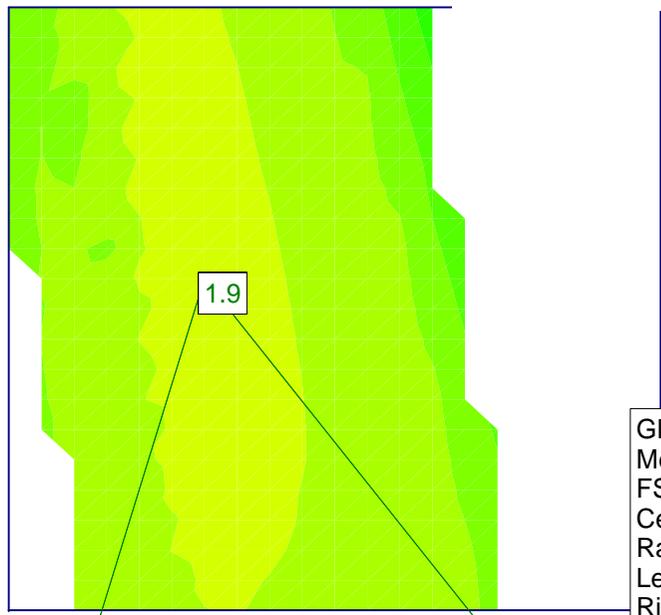
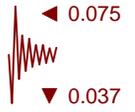
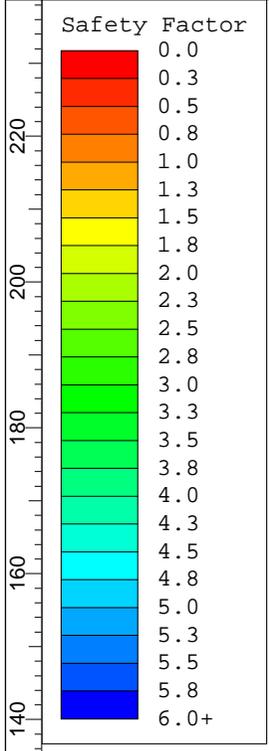
Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



SEZIONE S1 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

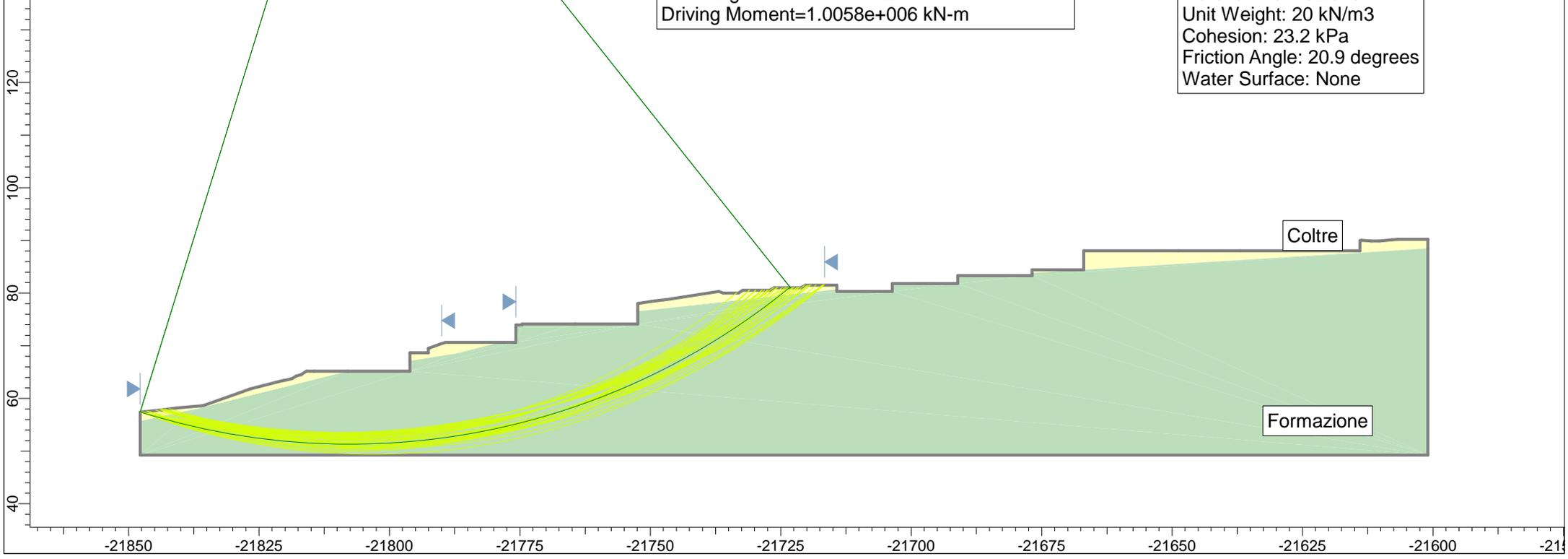


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 1.927150
 Center: -21807.658, 186.147
 Radius: 134.899
 Left Slip Surface Endpoint: -21847.806, 57.361
 Right Slip Surface Endpoint: -21723.148, 81.000
 Resisting Moment=1.93832e+006 kN-m
 Driving Moment=1.0058e+006 kN-m

Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



Slide Analysis Information

SEZIONE S1 – STATO DI PROGETTO

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees

Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

-21834.695 140.666
-21744.572 140.666
-21744.572 223.359
-21834.695 223.359

Material Boundary

-21847.806 55.667
-21837.355 57.907
-21807.972 65.128

Material Boundary

-21796.068 67.075
-21787.199 68.513
-21778.720 70.628

Material Boundary

-21752.431 76.534
-21714.276 80.696

Material Boundary

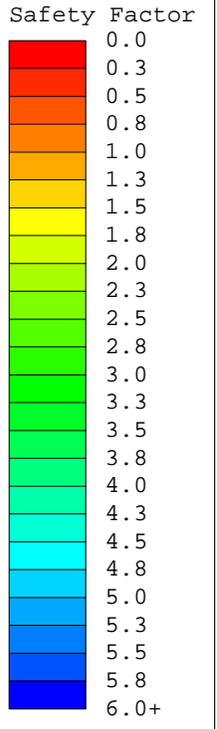
-21676.847 83.787
-21600.991 88.450

External Boundary

-21600.991 90.188
-21606.652 90.159
-21606.828 90.158
-21607.919 90.072
-21610.263 89.881
-21611.869 89.889
-21613.673 89.984
-21613.999 89.967
-21613.999 88.000
-21636.994 88.000
-21648.894 88.000
-21666.968 88.000
-21666.968 85.705
-21666.968 84.400
-21676.847 84.400
-21676.847 83.787
-21676.847 83.300
-21691.107 83.300
-21691.107 81.800
-21703.632 81.800
-21703.632 80.300
-21714.276 80.300
-21714.276 80.696
-21714.276 81.500
-21720.276 81.500
-21721.142 81.000
-21726.276 81.000
-21727.142 80.500

-21732.276 80.500
-21733.142 80.000
-21736.039 80.000
-21736.894 80.277
-21746.905 78.734
-21749.201 78.494
-21749.843 78.402
-21752.429 77.993
-21752.431 76.534
-21752.436 74.128
-21764.429 74.128
-21774.586 74.128
-21774.586 73.928
-21775.787 73.928
-21775.787 70.628
-21778.720 70.628
-21789.233 70.628
-21790.481 70.203
-21792.546 69.495
-21792.546 68.628
-21796.068 68.628
-21796.068 67.075
-21796.068 65.128
-21807.972 65.128
-21814.468 65.128
-21815.968 65.128
-21816.915 64.497
-21817.915 64.213
-21818.694 63.716
-21819.960 63.446
-21820.342 63.379
-21820.711 63.282
-21821.769 63.029
-21826.808 61.743
-21828.761 61.020
-21835.541 58.647
-21836.033 58.577
-21840.703 58.153
-21843.362 57.829
-21847.806 57.361
-21847.806 55.667
-21847.806 49.231
-21600.991 49.231
-21600.991 88.450

SEZIONE S2 - STATO ATTUALE PARTE ALTA CONDIZIONI STATICHE

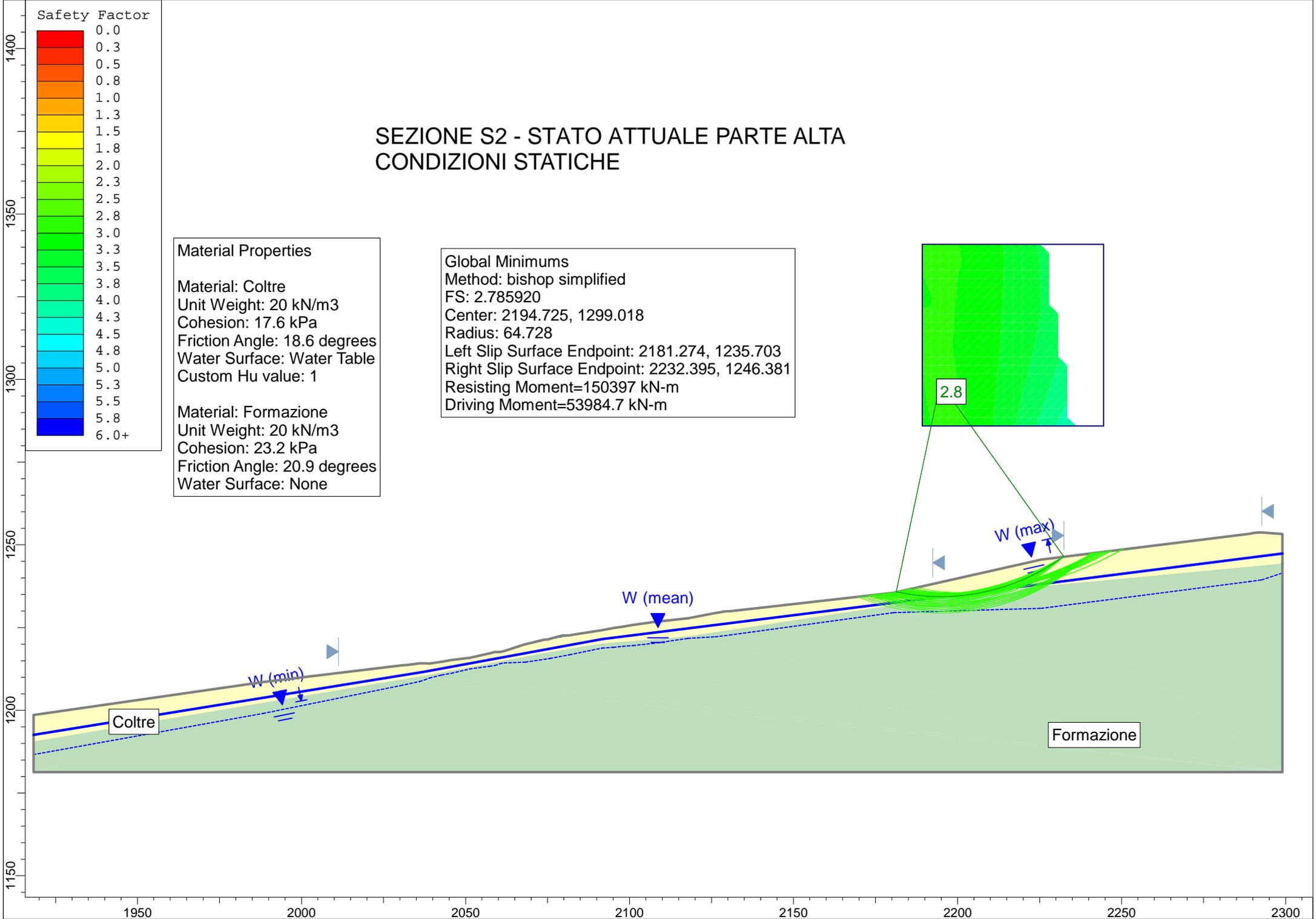
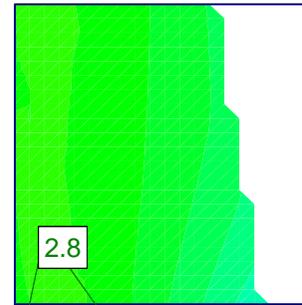


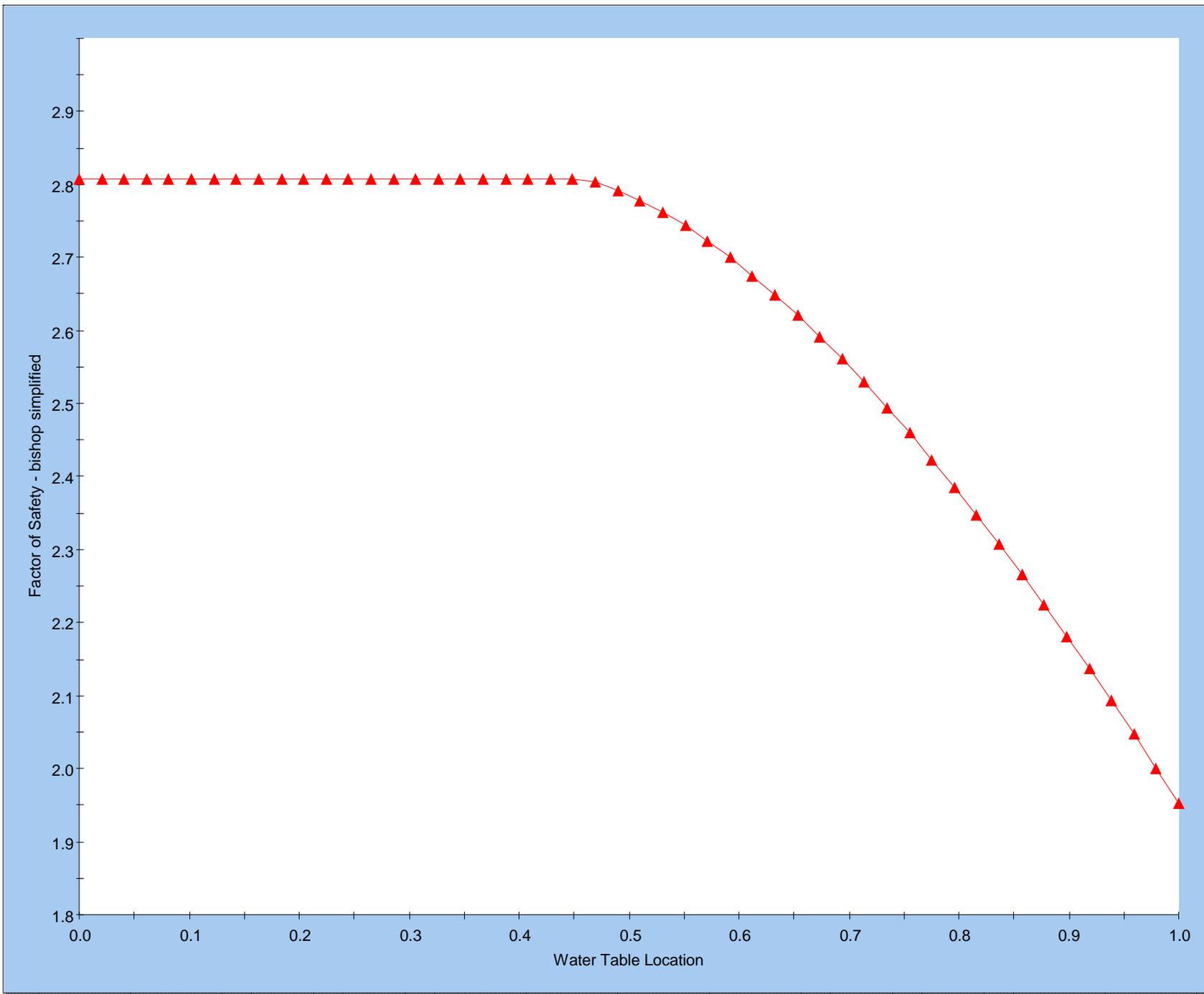
Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

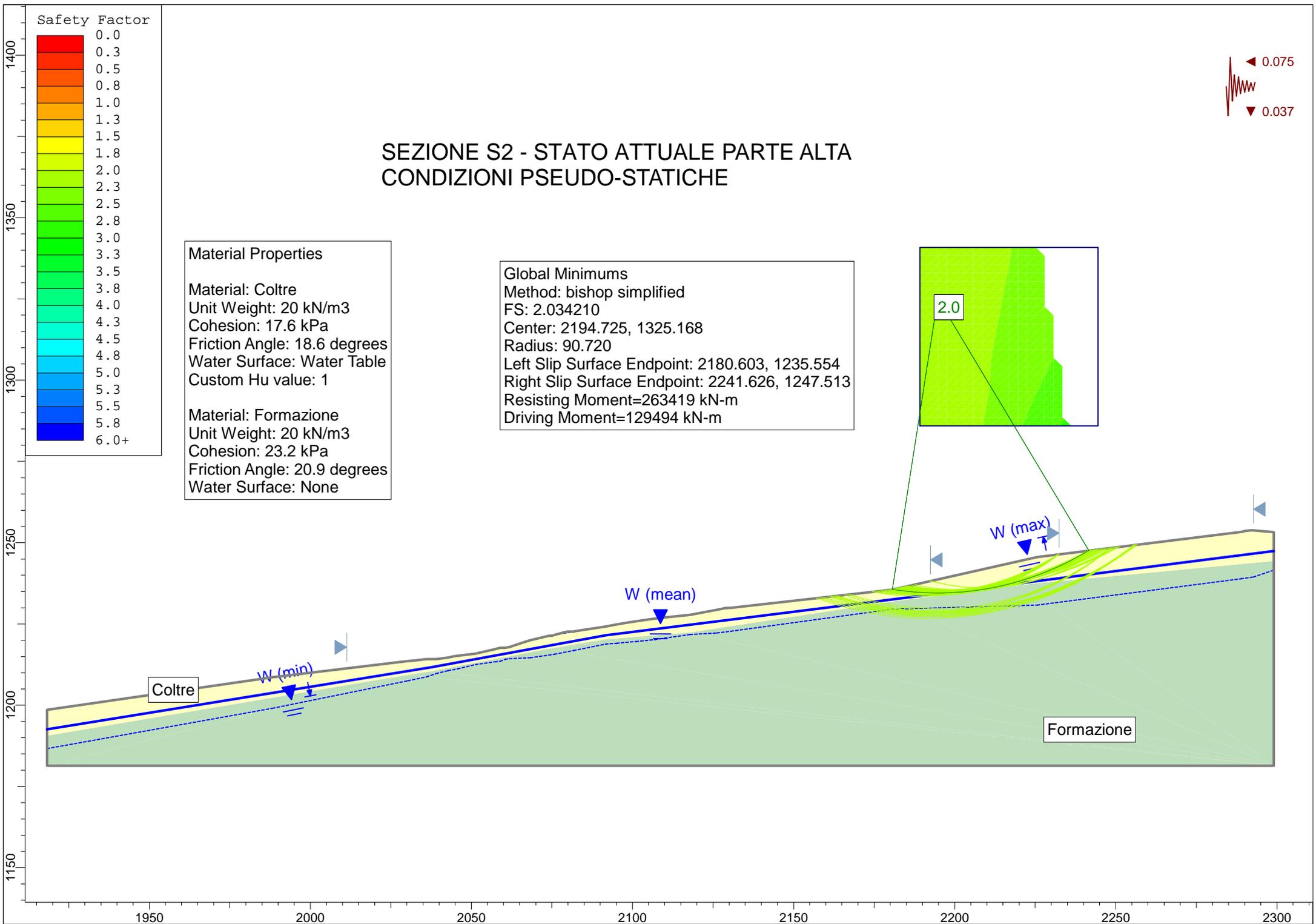
Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.785920
 Center: 2194.725, 1299.018
 Radius: 64.728
 Left Slip Surface Endpoint: 2181.274, 1235.703
 Right Slip Surface Endpoint: 2232.395, 1246.381
 Resisting Moment=150397 kN-m
 Driving Moment=53984.7 kN-m





Water Table Location



Slide Analysis Information

SEZIONE S2 - STATO ATTUALE PARTE ALTA

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Formazione

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Probabilistic Analysis Input

Project Settings

Sensitivity Analysis: On
Probabilistic Analysis: Off

Water Table Location

Distribution: Normal
Normalized Mean: 0.5
Deterministic water table is used as: Mean

List of All Coordinates

Min Water Table

1918.301	1186.597
1988.301	1199.022
2030.301	1207.476
2036.063	1208.710
2037.508	1209.178
2039.050	1209.744
2042.779	1210.627
2045.744	1211.169
2051.237	1212.472
2057.302	1213.328
2058.950	1213.527
2060.505	1214.081
2061.816	1214.281
2068.307	1214.566
2075.775	1215.654
2081.706	1216.793
2091.619	1218.811
2095.087	1219.027
2097.955	1219.297
2101.108	1219.564
2106.928	1220.187
2108.507	1220.386
2117.847	1221.734
2126.177	1222.223
2130.549	1222.725
2180.549	1229.542
2225.549	1230.813
2288.860	1238.910
2292.699	1239.414
2299.003	1241.499

Max Water Table

1918.301	1198.559
1988.301	1208.559
2030.301	1213.559
2036.063	1214.171
2039.050	1214.161

2042.779	1214.633
2045.744	1215.170
2051.237	1215.864
2057.302	1217.213
2058.950	1217.615
2060.505	1217.626
2061.816	1217.902
2068.307	1219.978
2075.775	1221.606
2081.706	1222.624
2091.619	1224.211
2095.087	1224.855
2097.955	1225.297
2101.108	1225.811
2106.928	1226.633
2108.507	1226.825
2117.847	1227.794
2126.177	1229.372
2130.549	1229.955
2180.549	1235.542
2225.549	1245.542
2288.860	1253.302
2292.699	1253.760
2299.003	1253.254

Search Grid

2189.195	1285.944
2244.488	1285.944
2244.488	1340.858
2189.195	1340.858

Material Boundary

1918.301	1190.559
2030.301	1209.288
2037.508	1210.472
2074.192	1217.383
2091.619	1220.211
2117.847	1222.389
2180.549	1231.842
2220.567	1237.047
2299.003	1244.354

External Boundary

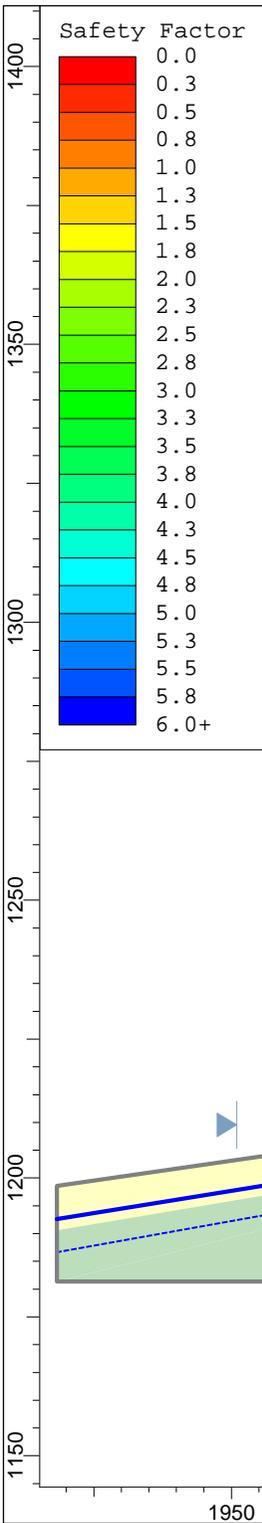
2299.003	1244.354
2299.003	1253.254
2292.699	1253.760
2291.675	1253.754
2289.983	1253.570
2289.285	1253.360
2288.860	1253.302
2225.549	1245.542
2180.549	1235.542
2130.549	1229.955
2128.734	1229.858
2127.778	1229.643
2126.177	1229.372
2117.847	1227.794

2108.507	1226.825
2107.648	1226.696
2107.476	1226.697
2106.928	1226.633
2101.108	1225.811
2097.955	1225.297
2095.087	1224.855
2091.619	1224.211
2082.467	1222.776
2081.706	1222.624
2079.767	1222.626
2079.695	1222.626
2078.414	1222.297
2075.775	1221.606
2075.064	1221.389
2074.192	1221.383
2068.307	1219.978
2067.449	1219.755
2061.816	1217.902
2060.505	1217.626
2058.950	1217.615
2057.302	1217.213
2051.237	1215.864
2045.744	1215.170
2044.394	1214.978
2042.779	1214.633
2039.050	1214.161
2037.508	1214.172
2037.021	1214.170
2036.063	1214.171
2032.443	1213.749
2030.301	1213.559
1988.301	1208.559
1918.301	1198.559
1918.301	1190.559
1918.301	1181.320
2299.003	1181.320

Water Table

1918.301	1192.578
2037.508	1211.672
2091.619	1221.511
2180.549	1232.542
2299.003	1247.376

SEZIONE S2 - STATO ATTUALE PARTE BASSA CONDIZIONI STATICHE

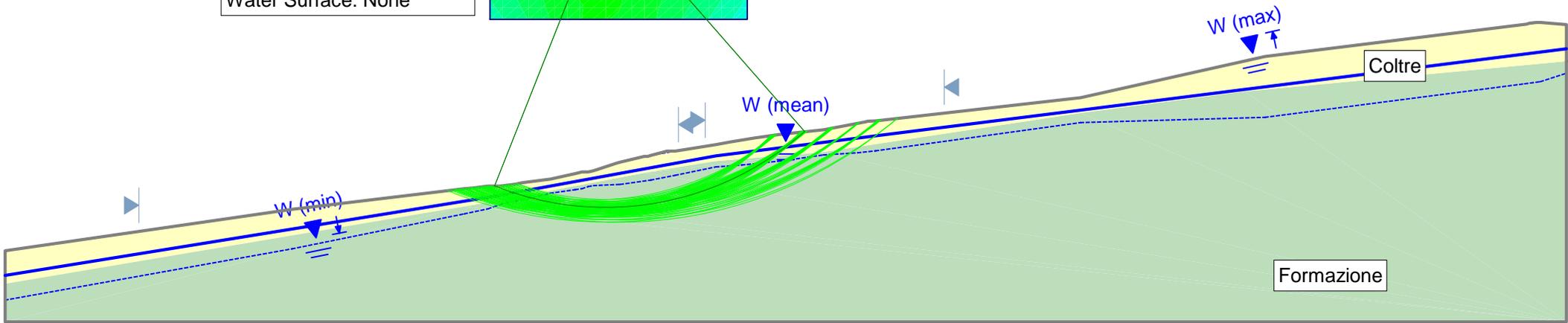
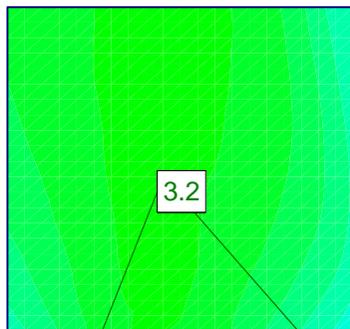


Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 3.158280
 Center: 2064.778, 1282.267
 Radius: 73.302
 Left Slip Surface Endpoint: 2037.644, 1214.171
 Right Slip Surface Endpoint: 2113.299, 1227.322
 Resisting Moment=458318 kN-m
 Driving Moment=145116 kN-m



1950

2000

2050

2100

2150

2200

2250

2300

1150

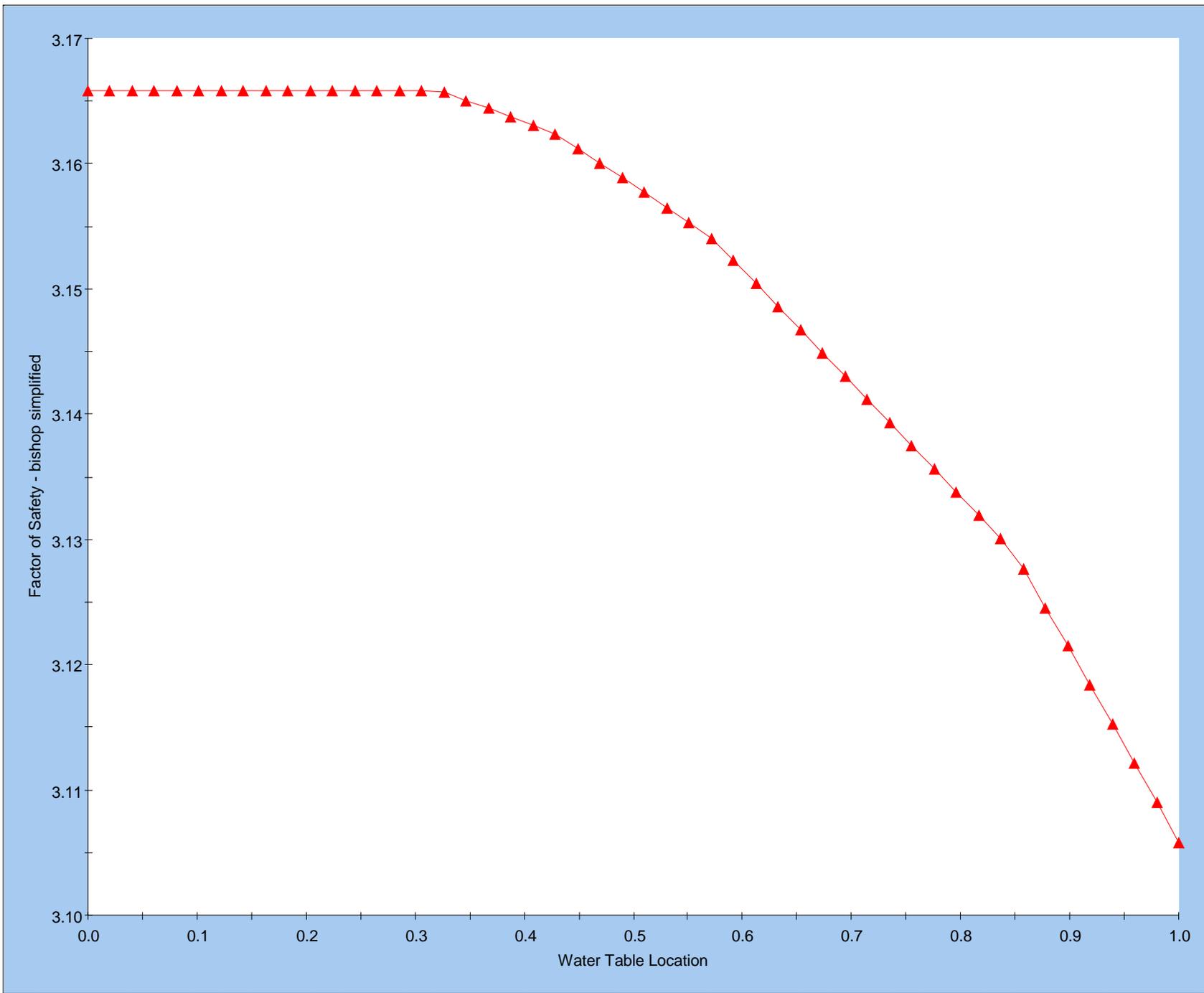
1200

1250

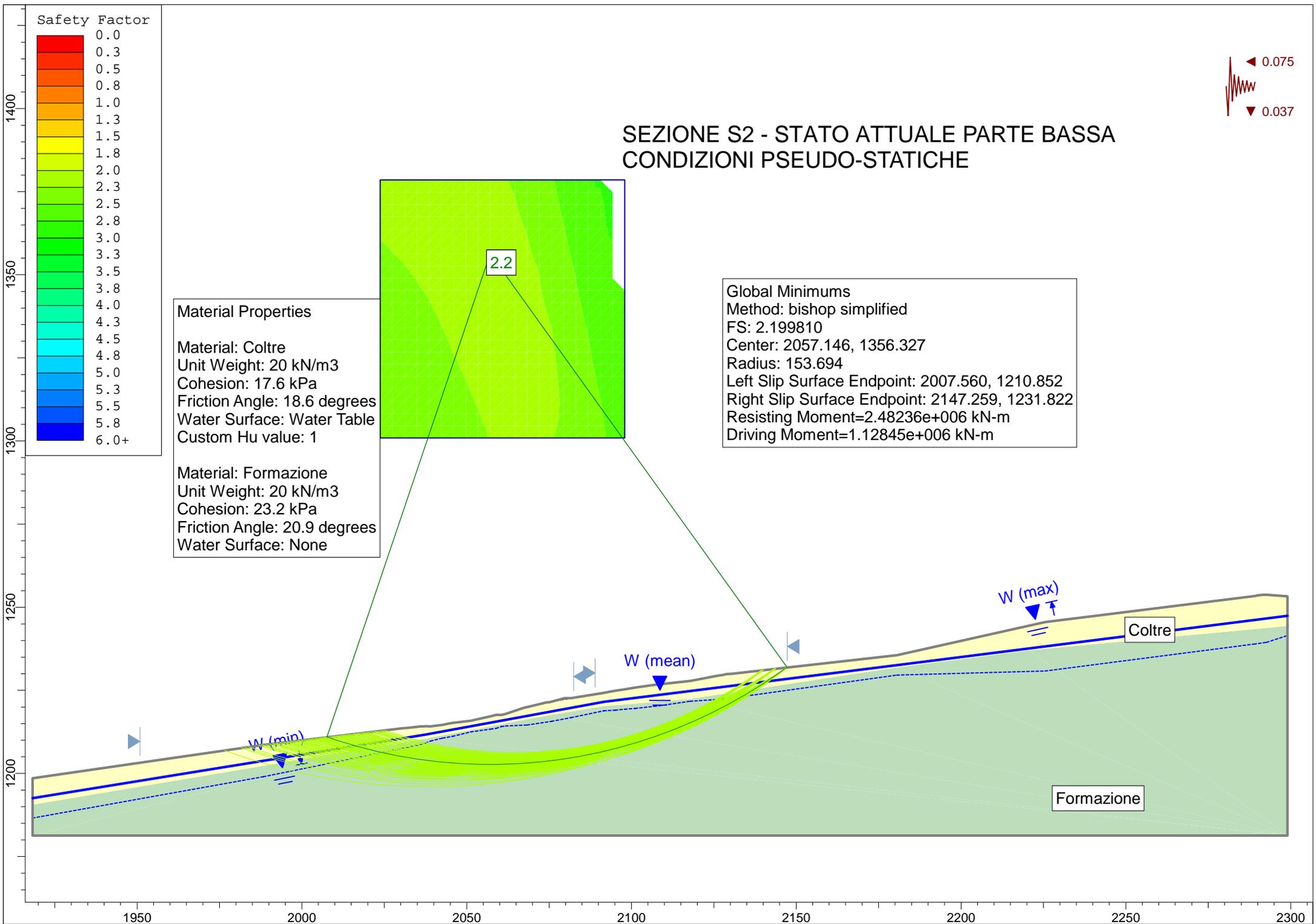
1300

1350

1400



Water Table Location



Slide Analysis Information

SEZIONE S2 - STATO ATTUALE PARTE BASSA

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Formazione

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Probabilistic Analysis Input

Project Settings

Sensitivity Analysis: On
Probabilistic Analysis: Off

Water Table Location

Distribution: Normal
Normalized Mean: 0.5
Deterministic water table is used as: Mean

List of All Coordinates

Min Water Table

1918.301	1186.597
1988.301	1199.022
2030.301	1207.476
2036.063	1208.710
2037.508	1209.178
2039.050	1209.744
2042.779	1210.627
2045.744	1211.169
2051.237	1212.472
2057.302	1213.328
2058.950	1213.527
2060.505	1214.081
2061.816	1214.281
2068.307	1214.566
2075.775	1215.654
2081.706	1216.793
2091.619	1218.811
2095.087	1219.027
2097.955	1219.297
2101.108	1219.564
2106.928	1220.187
2108.507	1220.386
2117.847	1221.734
2126.177	1222.223
2130.549	1222.725
2180.549	1229.542
2225.549	1230.813
2288.860	1238.910
2292.699	1239.414
2299.003	1241.499

Max Water Table

1918.301	1198.559
1988.301	1208.559
2030.301	1213.559
2036.063	1214.171
2039.050	1214.161

2042.779	1214.633
2045.744	1215.170
2051.237	1215.864
2057.302	1217.213
2058.950	1217.615
2060.505	1217.626
2061.816	1217.902
2068.307	1219.978
2075.775	1221.606
2081.706	1222.624
2091.619	1224.211
2095.087	1224.855
2097.955	1225.297
2101.108	1225.811
2106.928	1226.633
2108.507	1226.825
2117.847	1227.794
2126.177	1229.372
2130.549	1229.955
2180.549	1235.542
2225.549	1245.542
2288.860	1253.302
2292.699	1253.760
2299.003	1253.254

Search Grid

2023.760	1300.890
2097.950	1300.890
2097.950	1378.502
2023.760	1378.502

Material Boundary

1918.301	1190.559
2030.301	1209.288
2037.508	1210.472
2074.192	1217.383
2091.619	1220.211
2117.847	1222.389
2180.549	1231.842
2220.567	1237.047
2299.003	1244.354

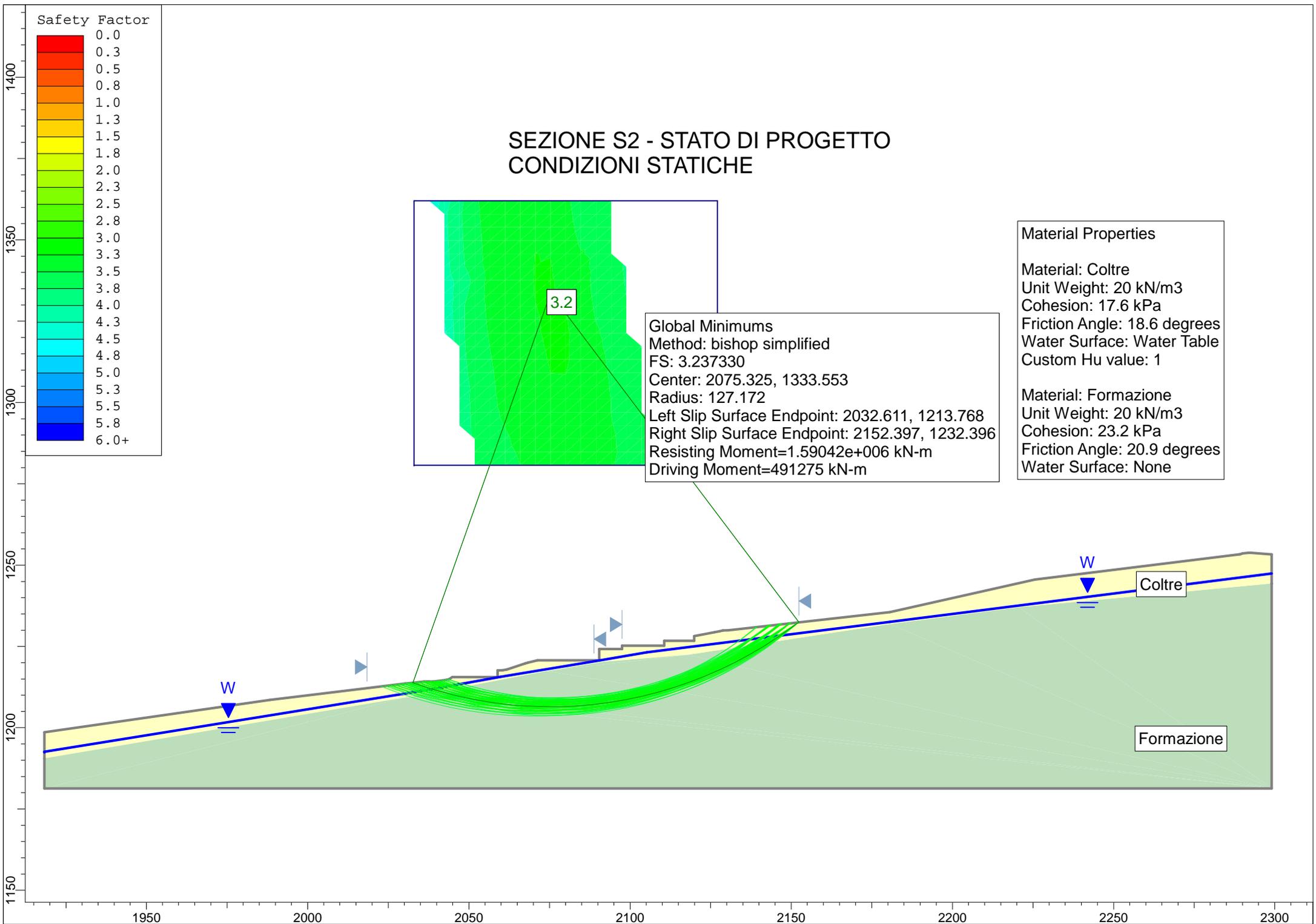
External Boundary

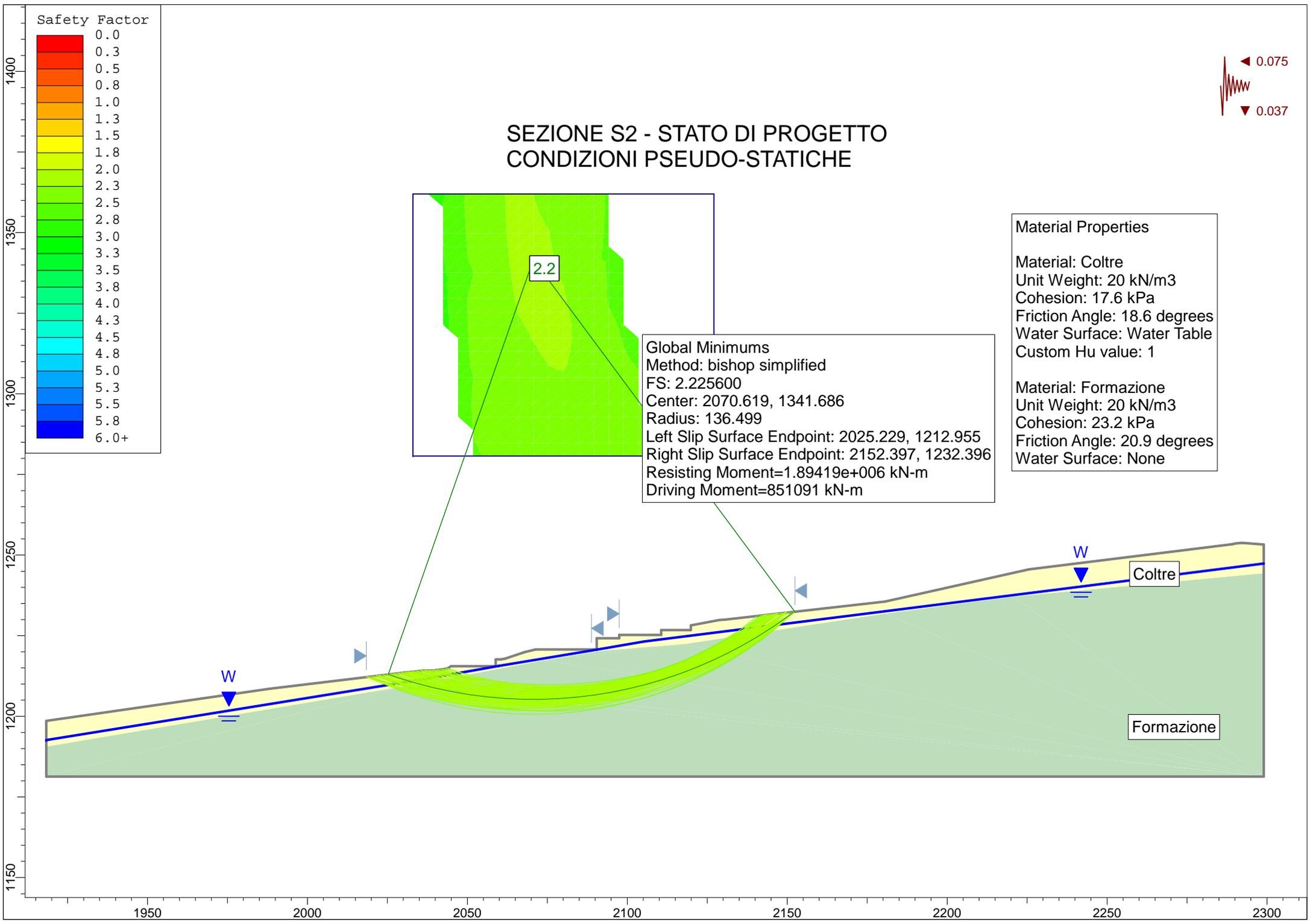
2299.003	1244.354
2299.003	1253.254
2292.699	1253.760
2291.675	1253.754
2289.983	1253.570
2289.285	1253.360
2288.860	1253.302
2225.549	1245.542
2180.549	1235.542
2130.549	1229.955
2128.734	1229.858
2127.778	1229.643
2126.177	1229.372
2117.847	1227.794

2108.507	1226.825
2107.648	1226.696
2107.476	1226.697
2106.928	1226.633
2101.108	1225.811
2097.955	1225.297
2095.087	1224.855
2091.619	1224.211
2082.467	1222.776
2081.706	1222.624
2079.767	1222.626
2079.695	1222.626
2078.414	1222.297
2075.775	1221.606
2075.064	1221.389
2074.192	1221.383
2068.307	1219.978
2067.449	1219.755
2061.816	1217.902
2060.505	1217.626
2058.950	1217.615
2057.302	1217.213
2051.237	1215.864
2045.744	1215.170
2044.394	1214.978
2042.779	1214.633
2039.050	1214.161
2037.508	1214.172
2037.021	1214.170
2036.063	1214.171
2032.443	1213.749
2030.301	1213.559
1988.301	1208.559
1918.301	1198.559
1918.301	1190.559
1918.301	1181.320
2299.003	1181.320

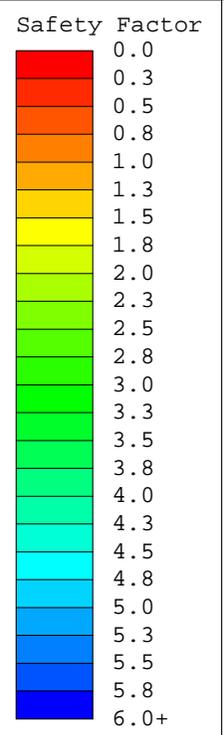
Water Table

1918.301	1192.578
2037.508	1211.672
2091.619	1221.511
2180.549	1232.542
2299.003	1247.376





SEZIONE S2 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

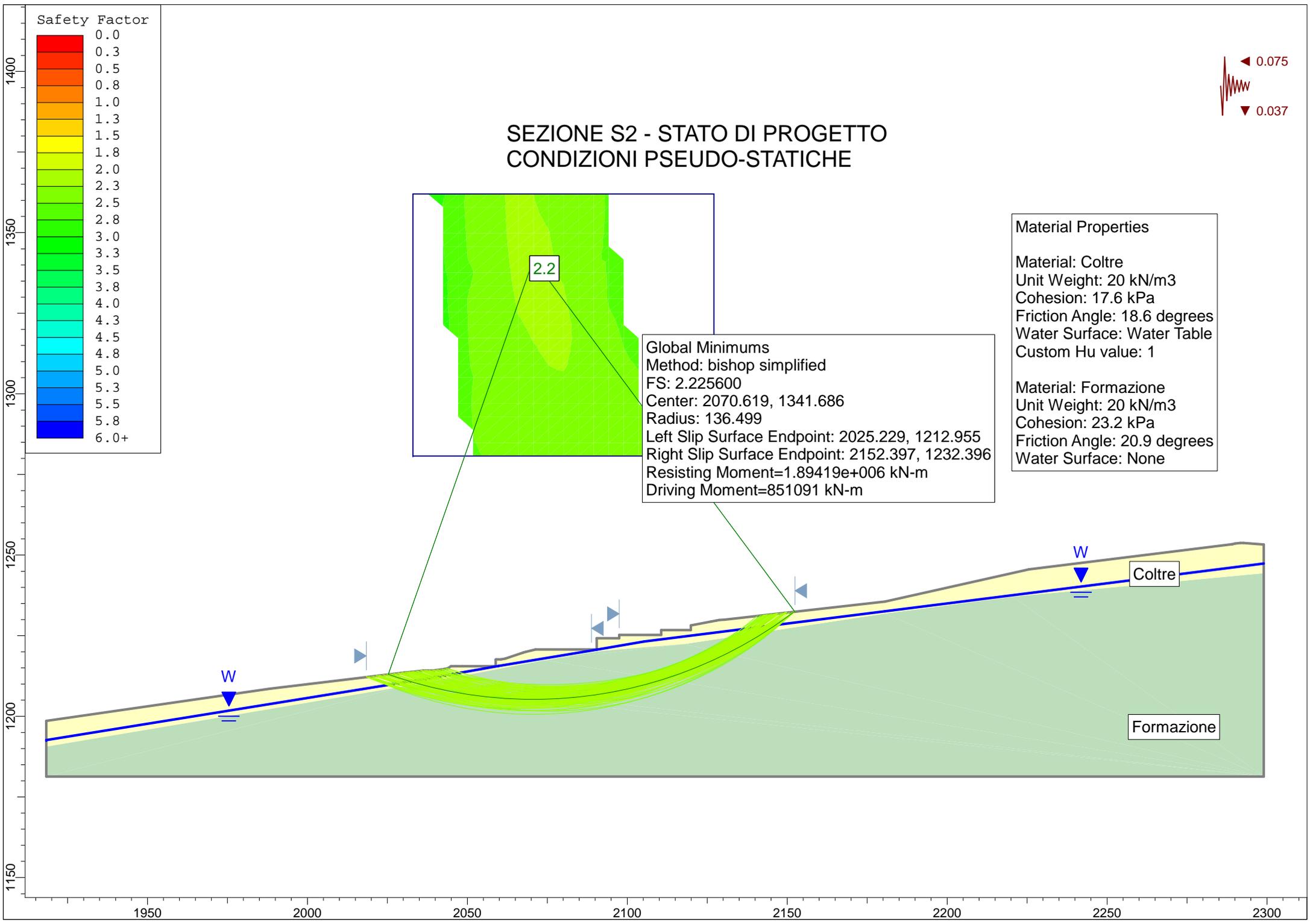
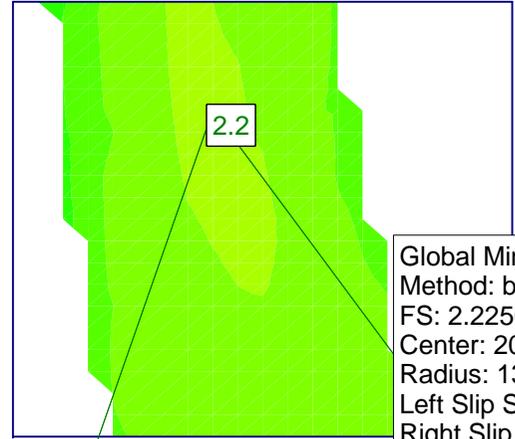
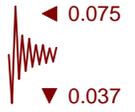


Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.225600
 Center: 2070.619, 1341.686
 Radius: 136.499
 Left Slip Surface Endpoint: 2025.229, 1212.955
 Right Slip Surface Endpoint: 2152.397, 1232.396
 Resisting Moment=1.89419e+006 kN-m
 Driving Moment=851091 kN-m



Slide Analysis Information

SEZIONE S2 – STATO DI PROGETTO

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Formazione

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Probabilistic Analysis Input

Project Settings

Sensitivity Analysis: On
Probabilistic Analysis: Off

List of All Coordinates

Material Boundary

1918.301	1190.559
2030.301	1209.288
2037.508	1210.472
2074.192	1217.383
2091.619	1220.211
2117.847	1222.389
2180.549	1231.842
2220.567	1237.047
2299.003	1244.354

External Boundary

2299.003	1244.354
2299.003	1253.254
2292.699	1253.760
2291.675	1253.754
2289.983	1253.570
2289.285	1253.360
2288.860	1253.302
2225.549	1245.542
2180.549	1235.542
2130.549	1229.955
2128.734	1229.858
2127.778	1229.643
2126.177	1229.372
2119.847	1228.173
2119.847	1226.697
2110.581	1226.697
2110.581	1225.197
2097.481	1225.196
2097.481	1224.197
2090.447	1224.197
2090.447	1220.697
2071.317	1220.697
2068.307	1219.978
2067.449	1219.755
2061.816	1217.902
2060.505	1217.626
2058.950	1217.615
2058.860	1217.593
2058.860	1215.524
2048.549	1215.524
2046.351	1215.524

2044.851	1215.524
2043.860	1214.864
2042.779	1214.633
2039.050	1214.161
2037.508	1214.172
2037.021	1214.170
2036.063	1214.171
2032.443	1213.749
2030.301	1213.559
1988.301	1208.559
1918.301	1198.559
1918.301	1190.559
1918.301	1181.320
2299.003	1181.320

Water Table

1918.301	1192.578
2037.508	1211.672
2059.750	1215.600
2090.447	1220.667
2105.226	1223.146
2180.549	1232.542
2299.003	1247.376

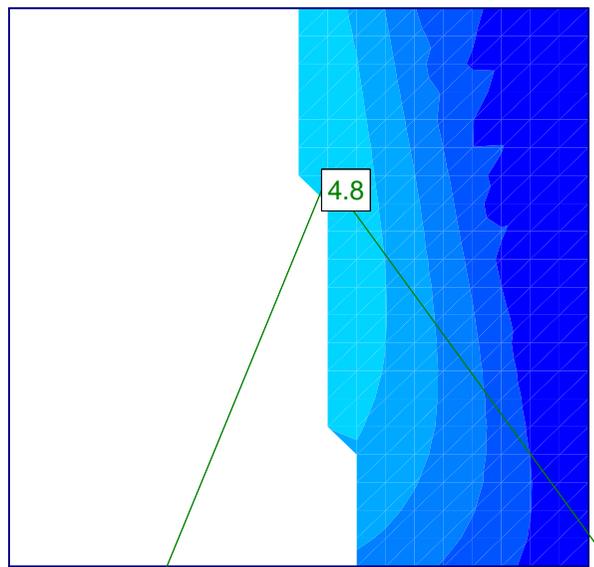
Search Grid

2032.973	1280.687
2127.089	1280.687
2127.089	1362.019
2032.973	1362.019

SEZIONE S2 - STATO DI PROGETTO

CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA LOCALE LATO VALLE

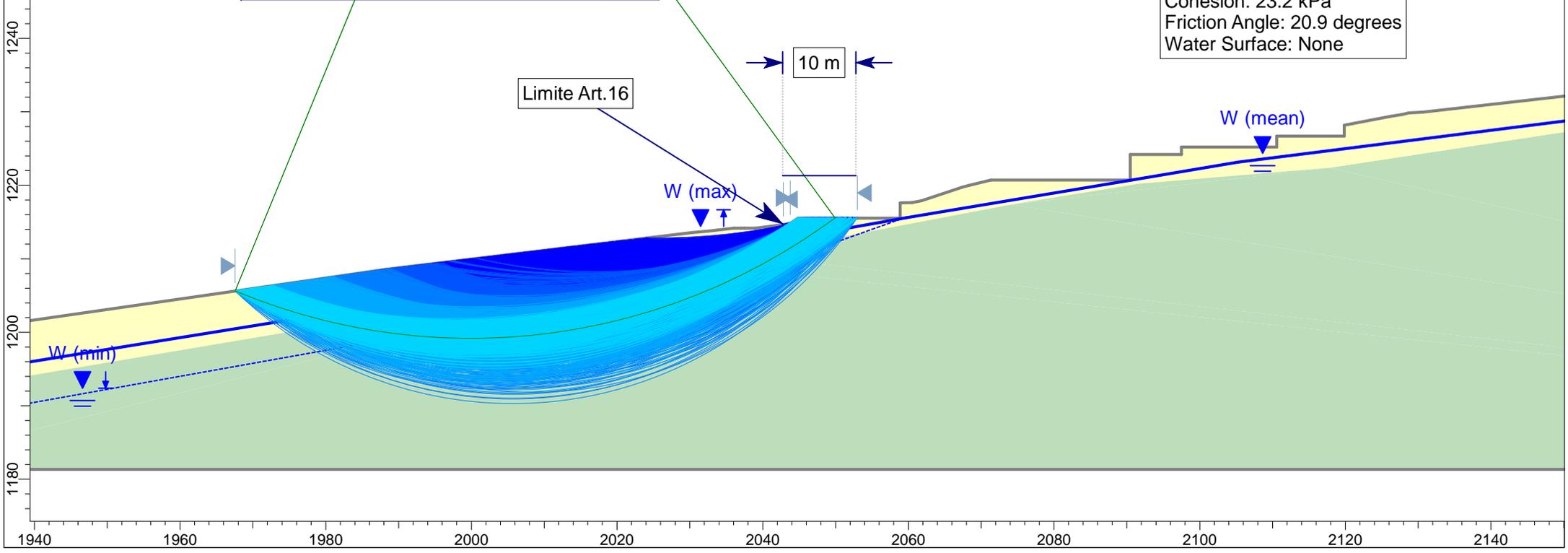
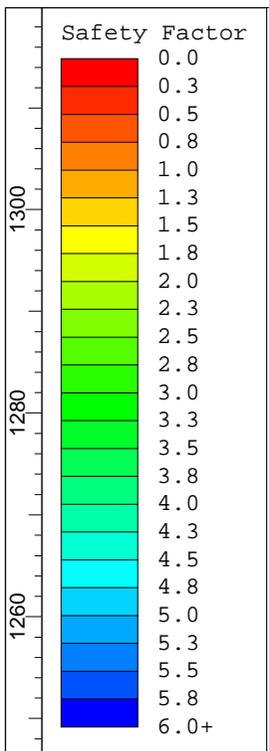


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 4.836830
 Center: 1999.934, 1283.687
 Radius: 84.541
 Left Slip Surface Endpoint: 1967.550, 1205.595
 Right Slip Surface Endpoint: 2049.944, 1215.524
 Resisting Moment=572988 kN-m
 Driving Moment=118464 kN-m

Material Properties

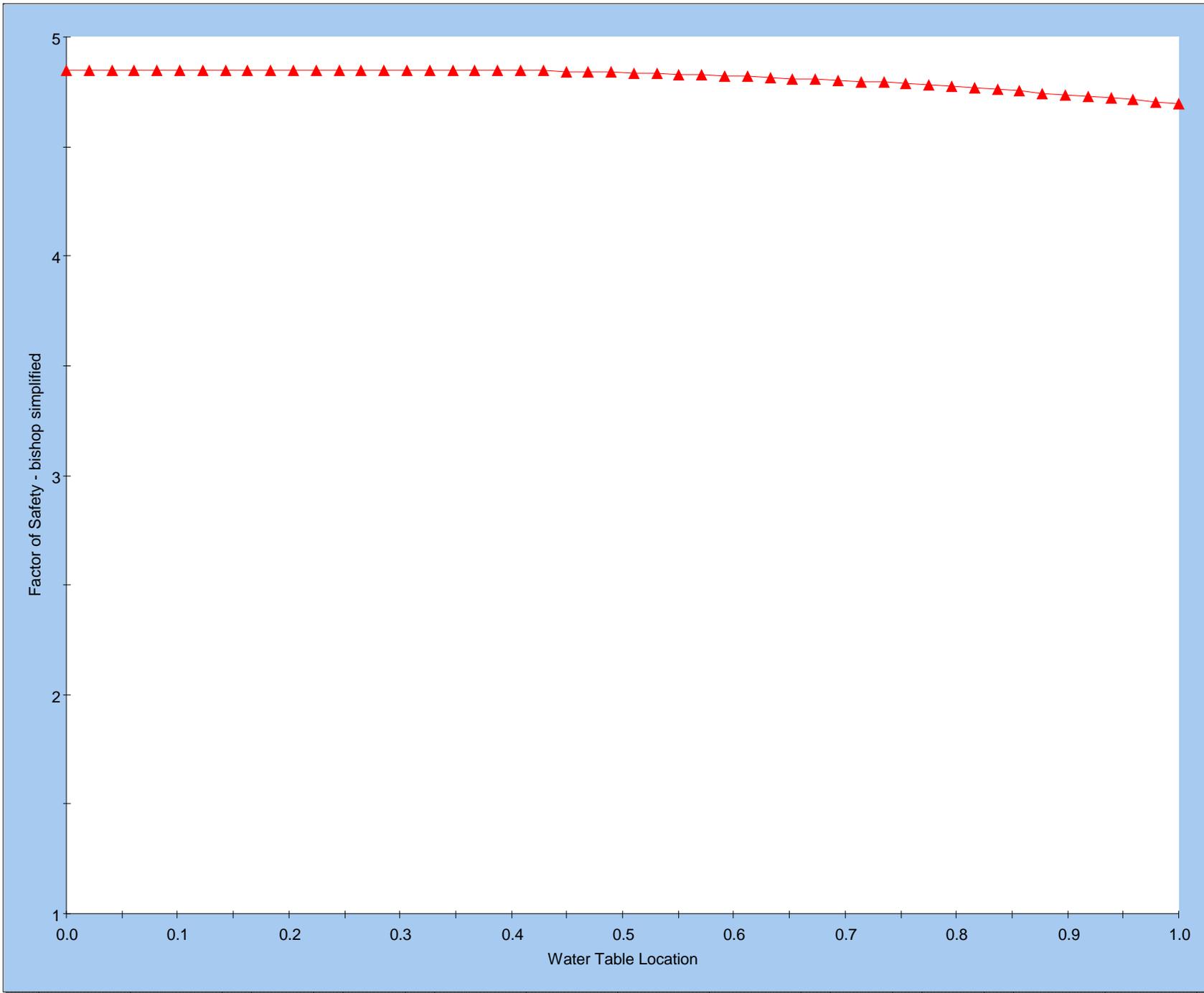
Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



1300
1280
1260
1240
1220
1200
1180

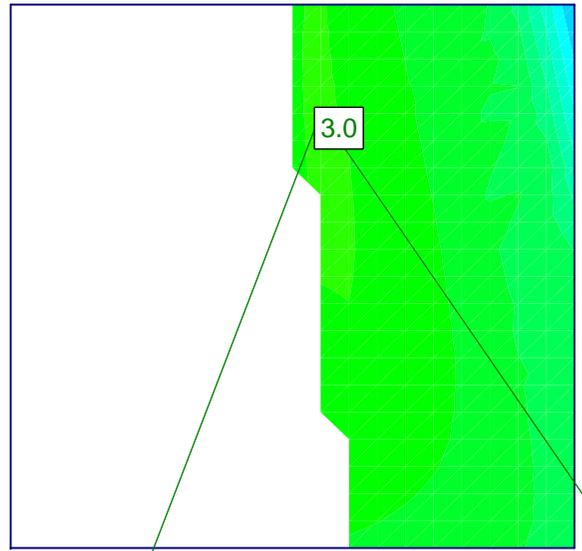
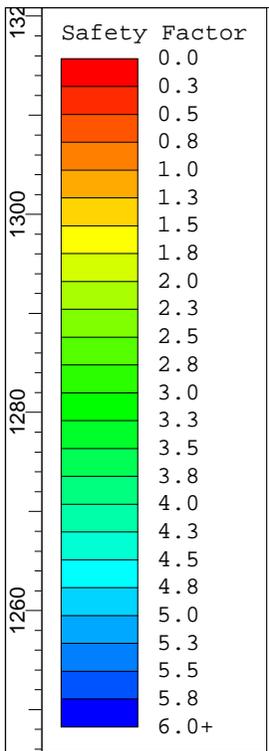
1940 1960 1980 2000 2020 2040 2060 2080 2100 2120 2140



Water Table Location

SEZIONE S2 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE VERIFICA LOCALE LATO VALLE

◀ 0.075
▼ 0.037

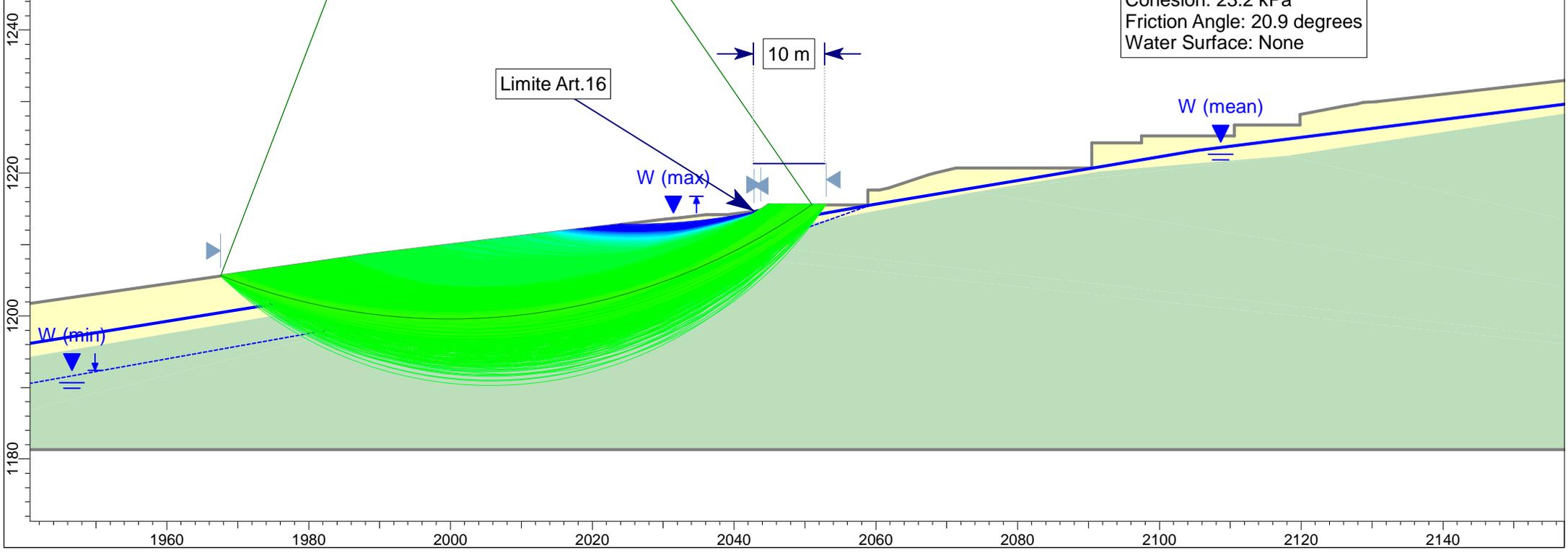


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.972700
 Center: 1999.934, 1289.171
 Radius: 89.631
 Left Slip Surface Endpoint: 1967.550, 1205.595
 Right Slip Surface Endpoint: 2051.021, 1215.524
 Resisting Moment=611942 kN-m
 Driving Moment=205854 kN-m

Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



Slide Analysis Information

SEZIONE S2 – STATO DI PROGETTO **VERIFICHE LOCALI LATO VALLE**

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Formazione

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Min Water Table

1918.301	1186.597
1988.301	1199.022
2030.301	1207.476
2032.443	1207.972
2036.063	1208.710
2037.021	1209.018
2037.508	1209.172
2037.508	1209.172
2039.050	1209.728
2042.779	1210.572
2043.768	1210.711
2044.851	1210.413
2046.351	1210.942
2048.549	1211.719
2058.860	1215.360
2059.750	1215.600

Max Water Table

1918.301	1198.559
1988.301	1208.559
2030.301	1213.559
2032.443	1213.749
2036.063	1214.171
2037.021	1214.170
2037.508	1214.172
2039.050	1214.161
2042.779	1214.633
2043.768	1214.844
2044.851	1215.524
2046.351	1215.524
2048.549	1215.524
2058.860	1215.524
2059.750	1215.600

Search Grid

1968.365	1245.299
2025.763	1245.299
2025.763	1300.139
1968.365	1300.139

Material Boundary

1918.301	1190.559
2030.301	1209.288
2037.508	1210.472
2074.192	1217.383
2091.619	1220.211
2117.847	1222.389
2180.549	1231.842

2220.567	1237.047
2299.003	1244.354

External Boundary

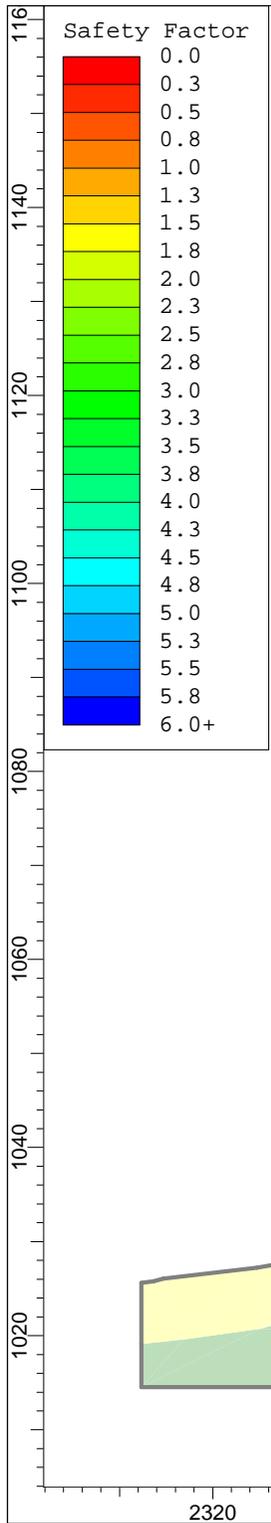
2299.003	1244.354
2299.003	1253.254
2292.699	1253.760
2291.675	1253.754
2289.983	1253.570
2289.285	1253.360
2288.860	1253.302
2225.549	1245.542
2180.549	1235.542
2130.549	1229.955
2128.734	1229.858
2127.778	1229.643
2126.177	1229.372
2119.847	1228.173
2119.847	1226.697
2110.581	1226.697
2110.581	1225.197
2097.481	1225.196
2097.481	1224.197
2090.447	1224.197
2090.447	1220.697
2071.317	1220.697
2068.307	1219.978
2067.449	1219.755
2061.816	1217.902
2060.505	1217.626
2058.950	1217.615
2058.860	1217.593
2058.860	1215.524
2048.549	1215.524
2046.351	1215.524
2044.851	1215.524
2043.860	1214.864
2042.779	1214.633
2039.050	1214.161
2037.508	1214.172
2037.021	1214.170
2036.063	1214.171
2032.443	1213.749
2030.301	1213.559
1988.301	1208.559
1918.301	1198.559
1918.301	1190.559
1918.301	1181.320
2299.003	1181.320

Water Table

1918.301	1192.578
2037.508	1211.672
2059.750	1215.600
2090.447	1220.667
2105.226	1223.146
2180.549	1232.542

2299.003 1247.376

SEZIONE S3 - STATO ATTUALE PARTE ALTA CONDIZIONI STATICHE

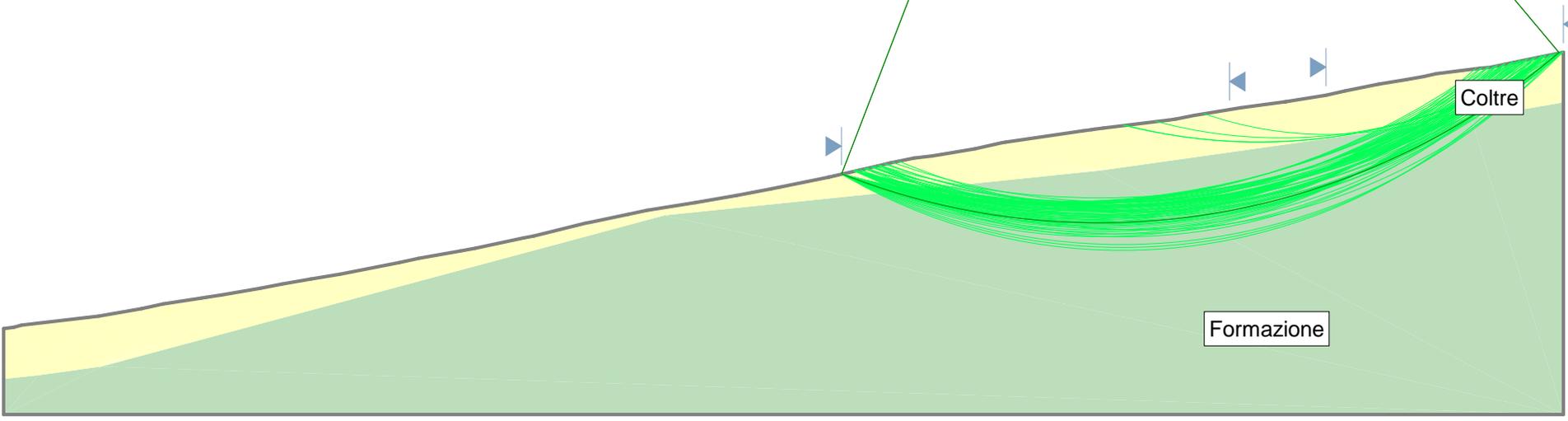
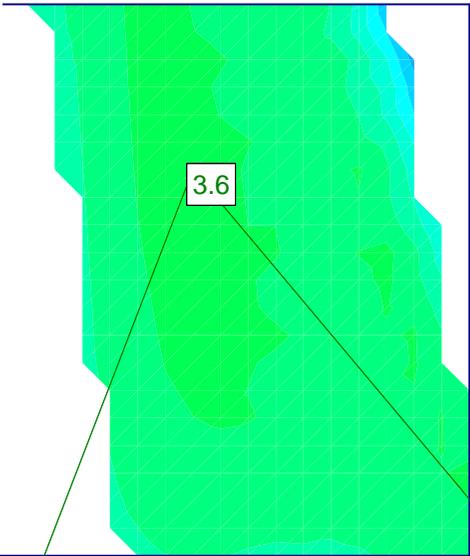


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 3.584920
 Center: 2455.054, 1131.975
 Radius: 92.754
 Left Slip Surface Endpoint: 2421.446, 1045.524
 Right Slip Surface Endpoint: 2514.981, 1061.179
 Resisting Moment=805125 kN-m
 Driving Moment=224587 kN-m

Material Properties

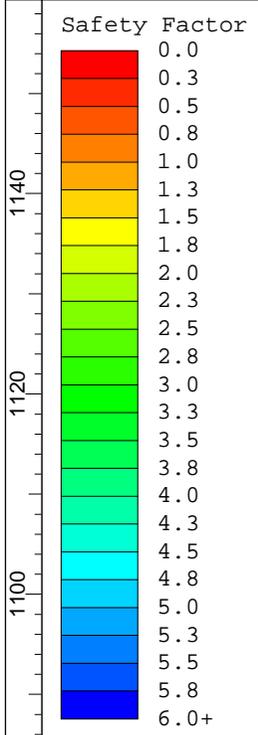
Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



2320 2340 2360 2380 2400 2420 2440 2460 2480 2500 2520

SEZIONE S3 - STATO ATTUALE PARTE ALTA CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

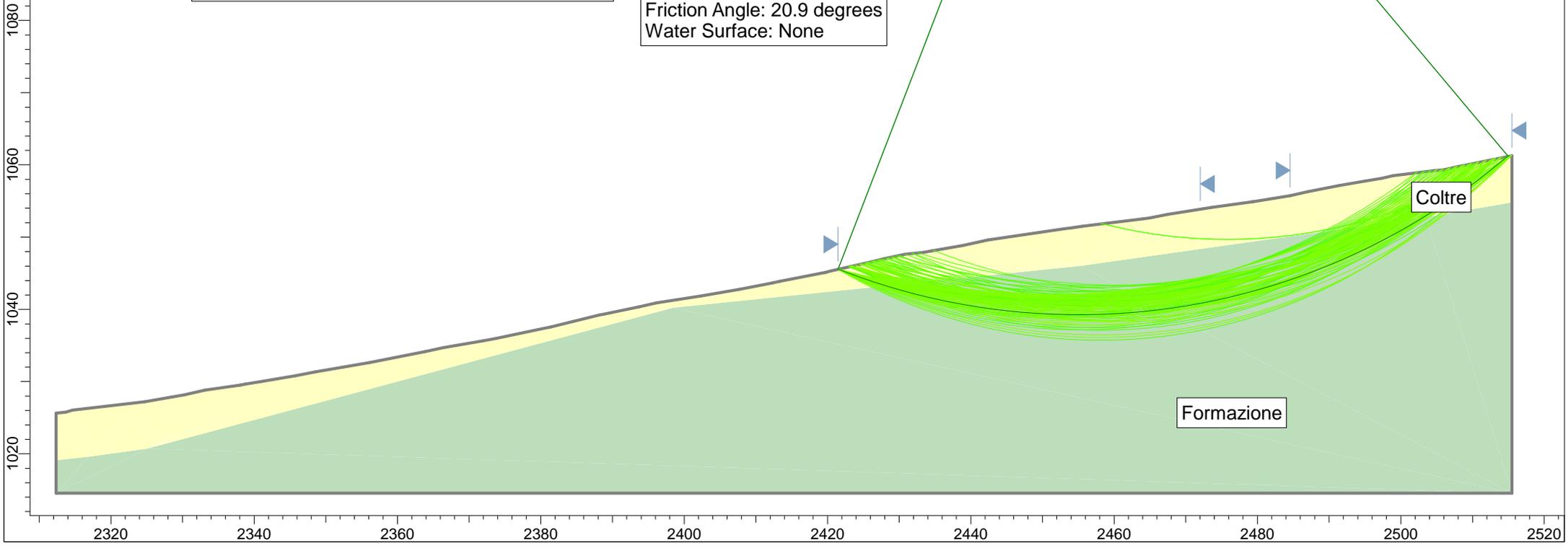
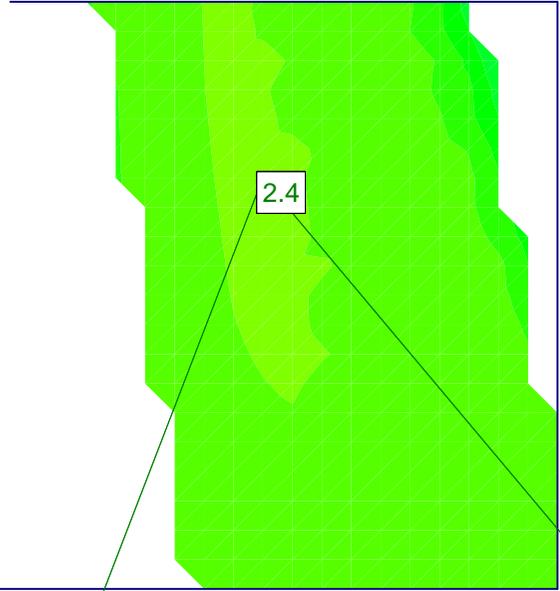


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.425880
 Center: 2455.054, 1131.975
 Radius: 92.754
 Left Slip Surface Endpoint: 2421.446, 1045.524
 Right Slip Surface Endpoint: 2514.981, 1061.179
 Resisting Moment=821449 kN-m
 Driving Moment=338619 kN-m

Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



Slide Analysis Information

SEZIONE S3 – STATO ATTUALE PARTE ALTA

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2425.405	1090.926
2484.703	1090.926
2484.703	1149.567
2425.405	1149.567

Material Boundary

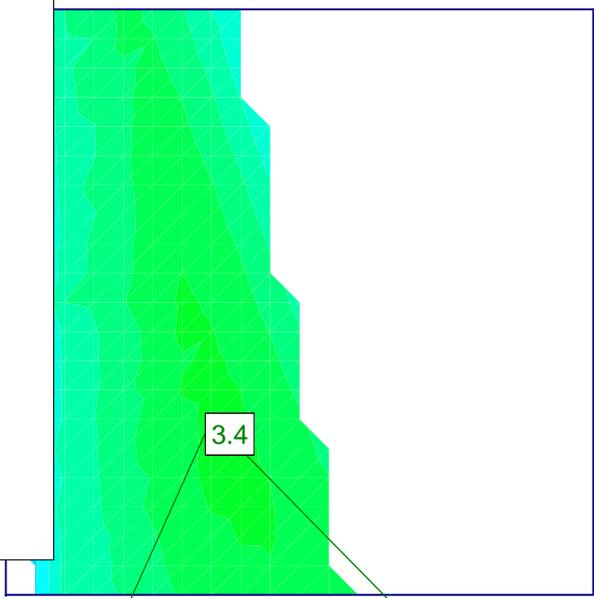
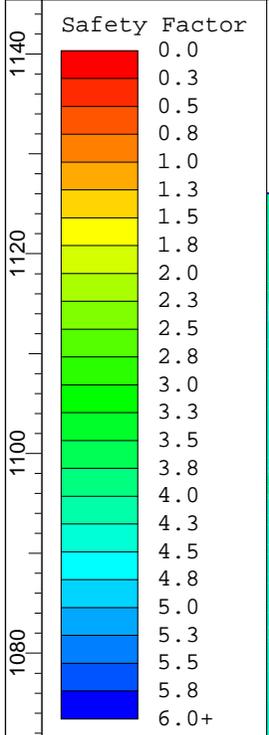
2312.353	1019.084
2316.896	1019.572
2325.078	1020.720
2398.430	1040.222
2455.198	1046.009
2503.469	1052.749
2515.491	1054.807

External Boundary

2515.491	1054.807
2515.491	1061.282
2509.060	1059.978
2507.907	1059.744
2505.934	1059.319
2504.658	1059.221
2498.879	1058.501
2497.377	1058.147
2495.032	1057.764
2491.452	1057.154
2487.000	1056.285
2484.569	1055.747
2479.412	1054.913
2479.284	1054.892
2479.234	1054.882
2479.162	1054.876
2473.512	1054.116
2467.415	1053.137
2464.982	1052.652
2464.002	1052.515
2455.517	1051.494
2454.450	1051.333
2454.015	1051.273
2452.955	1051.140
2442.815	1049.674
2442.383	1049.606
2438.856	1048.815
2434.528	1048.080
2433.274	1047.880
2430.914	1047.628
2427.854	1046.988
2426.142	1046.586
2420.531	1045.316
2419.695	1045.114
2419.814	1045.145

2413.350	1043.864
2412.311	1043.647
2407.811	1042.796
2402.404	1041.852
2396.125	1040.877
2393.701	1040.357
2388.748	1039.332
2388.186	1039.220
2381.362	1037.550
2380.077	1037.304
2373.776	1035.989
2371.872	1035.629
2366.410	1034.684
2363.865	1034.126
2356.141	1032.635
2352.385	1031.988
2348.601	1031.341
2345.762	1030.793
2340.763	1029.953
2338.745	1029.633
2338.095	1029.521
2333.125	1028.792
2330.286	1028.157
2324.746	1027.199
2314.669	1026.044
2313.668	1025.762
2312.353	1025.616
2312.353	1019.084
2312.353	1014.524
2515.491	1014.524

SEZIONE S3 - STATO ATTUALE PARTE BASSA CONDIZIONI STATICHE

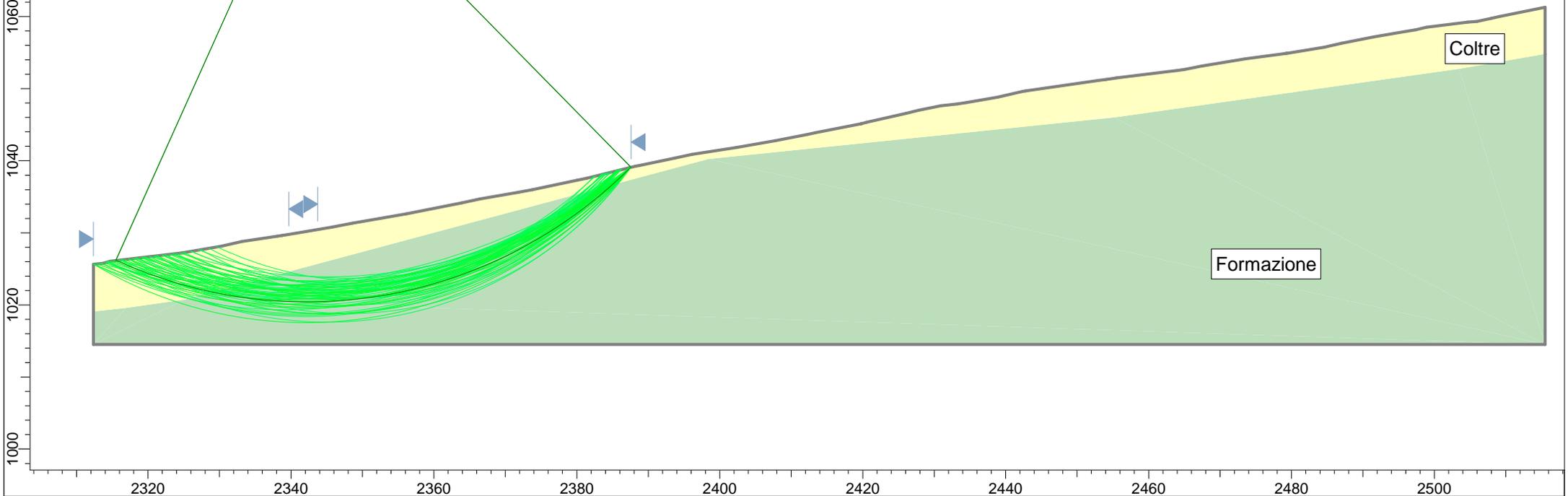


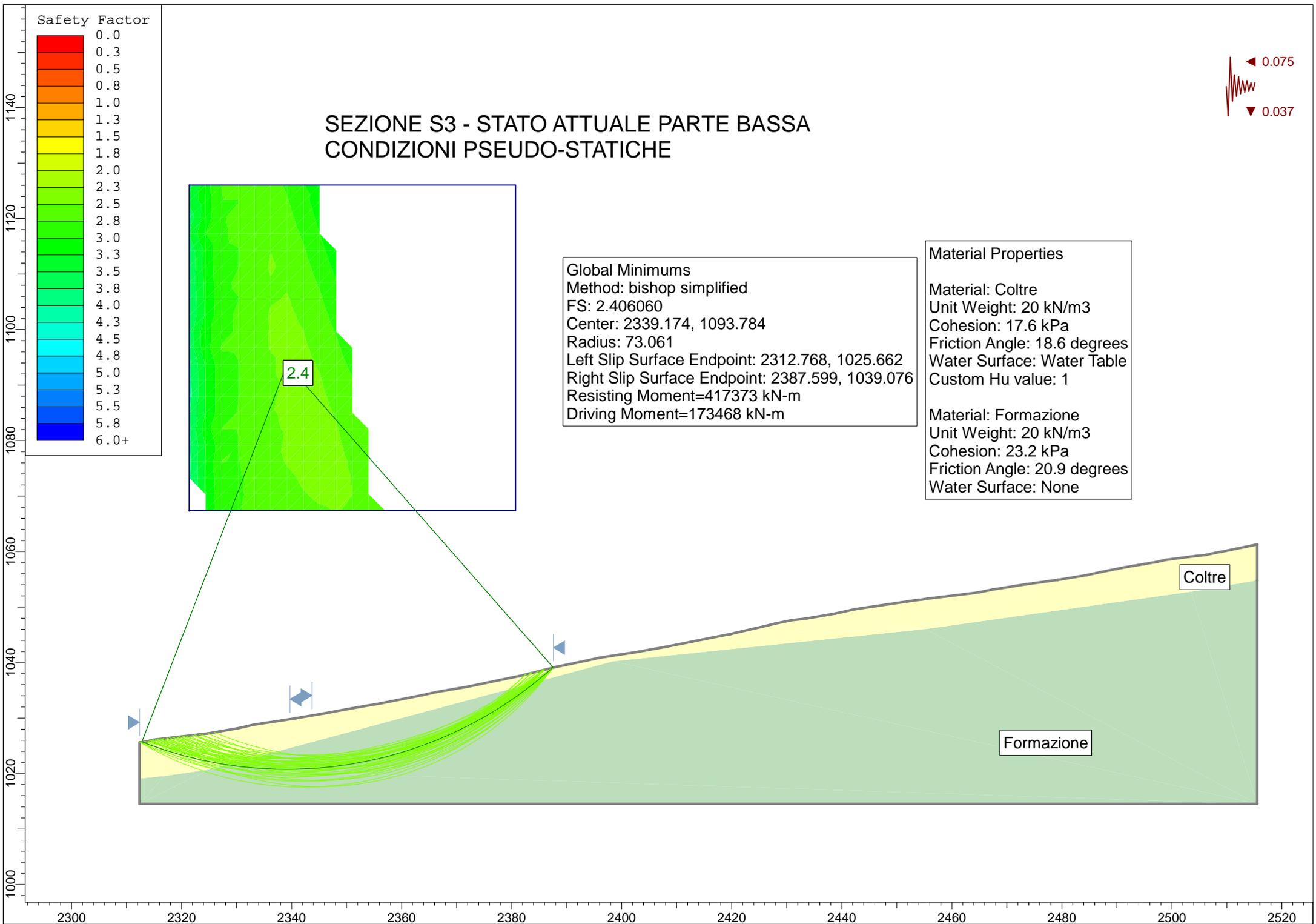
Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 3.446620
 Center: 2342.139, 1084.988
 Radius: 64.610
 Left Slip Surface Endpoint: 2315.475, 1026.136
 Right Slip Surface Endpoint: 2387.599, 1039.076
 Resisting Moment=372144 kN-m
 Driving Moment=107974 kN-m

Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None





Slide Analysis Information

SEZIONE S3 – STATO ATTUALE PARTE BASSA

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa

Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2321.385	1067.396
2380.683	1067.396
2380.683	1126.036
2321.385	1126.036

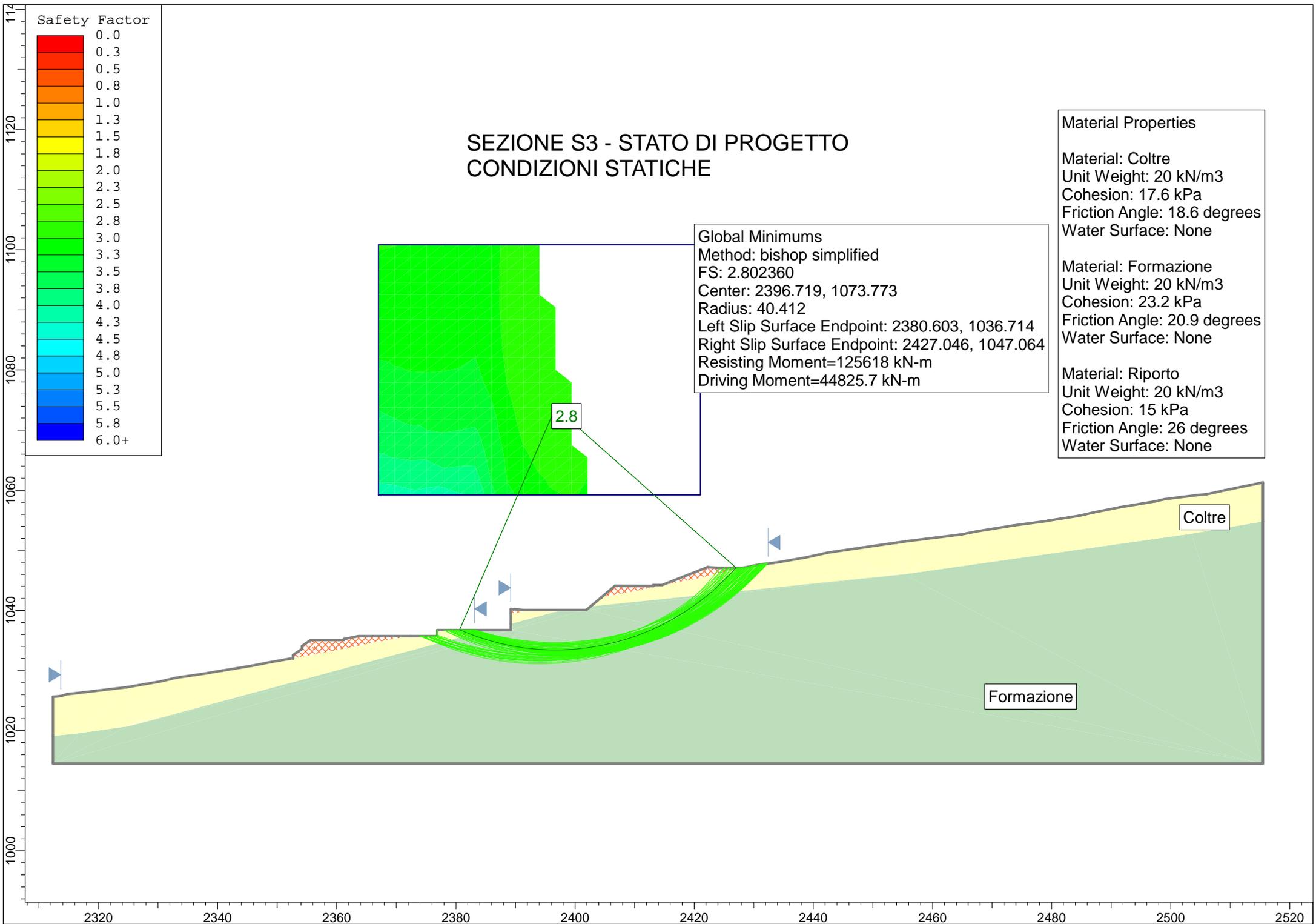
Material Boundary

2312.353	1019.084
2316.896	1019.572
2325.078	1020.720
2398.430	1040.222
2455.198	1046.009
2503.469	1052.749
2515.491	1054.807

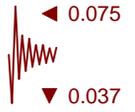
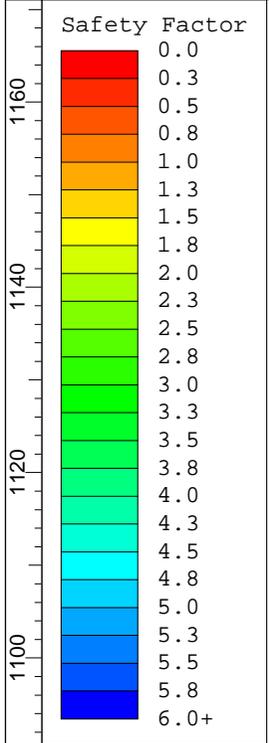
External Boundary

2515.491	1054.807
2515.491	1061.282
2509.060	1059.978
2507.907	1059.744
2505.934	1059.319
2504.658	1059.221
2498.879	1058.501
2497.377	1058.147
2495.032	1057.764
2491.452	1057.154
2487.000	1056.285
2484.569	1055.747
2479.412	1054.913
2479.284	1054.892
2479.234	1054.882
2479.162	1054.876
2473.512	1054.116
2467.415	1053.137
2464.982	1052.652
2464.002	1052.515
2455.517	1051.494
2454.450	1051.333
2454.015	1051.273
2452.955	1051.140
2442.815	1049.674
2442.383	1049.606
2438.856	1048.815
2434.528	1048.080
2433.274	1047.880
2430.914	1047.628
2427.854	1046.988
2426.142	1046.586
2420.531	1045.316
2419.695	1045.114
2419.814	1045.145
2413.350	1043.864

2412.311	1043.647
2407.811	1042.796
2402.404	1041.852
2396.125	1040.877
2393.701	1040.357
2388.748	1039.332
2388.186	1039.220
2381.362	1037.550
2380.077	1037.304
2373.776	1035.989
2371.872	1035.629
2366.410	1034.684
2363.865	1034.126
2356.141	1032.635
2352.385	1031.988
2348.601	1031.341
2345.762	1030.793
2340.763	1029.953
2338.745	1029.633
2338.095	1029.521
2333.125	1028.792
2330.286	1028.157
2324.746	1027.199
2314.669	1026.044
2313.668	1025.762
2312.353	1025.616
2312.353	1019.084
2312.353	1014.524
2515.491	1014.524



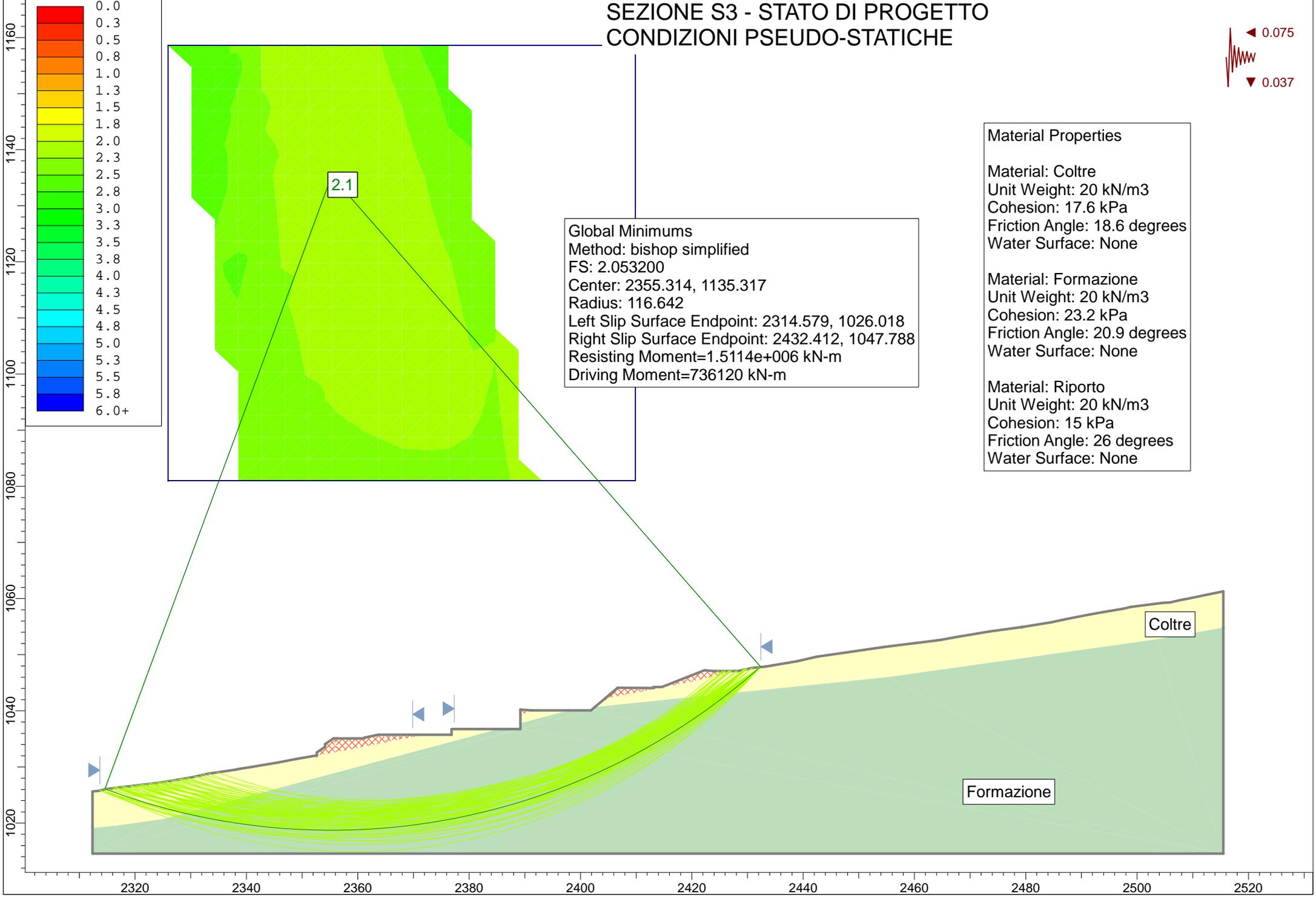
SEZIONE S3 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE



Material Properties

Material: Coltre
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None
Material: Formazione
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None
Material: Riporto
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 26 degrees
Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.053200
 Center: 2355.314, 1135.317
 Radius: 116.642
 Left Slip Surface Endpoint: 2314.579, 1026.018
 Right Slip Surface Endpoint: 2432.412, 1047.788
 Resisting Moment=1.5114e+006 kN-m
 Driving Moment=736120 kN-m



Slide Analysis Information

SEZIONE S3 – STATO DI PROGETTO

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 26 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2325.932	1080.998
2409.879	1080.998
2409.879	1158.596
2325.932	1158.596

Material Boundary

2404.454	1042.206
2406.680	1042.590
2412.259	1043.637
2413.112	1043.815
2417.368	1044.661
2419.814	1045.145
2428.217	1047.064

Material Boundary

2389.195	1039.424
2391.395	1039.880
2392.284	1040.064

Material Boundary

2352.636	1032.031
2356.141	1032.635
2363.865	1034.126
2366.410	1034.684
2372.362	1035.714

Material Boundary

2402.590	1040.646
2455.198	1046.009
2503.469	1052.749
2515.491	1054.807

Material Boundary

2312.353	1019.084
2316.896	1019.572
2325.078	1020.720
2385.237	1036.714

Material Boundary

2389.195	1037.766
2397.838	1040.064

External Boundary

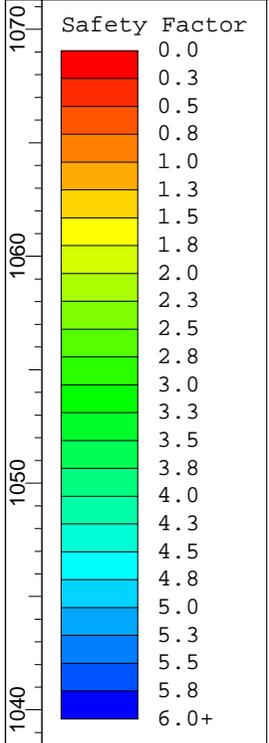
2515.491	1054.807
2515.491	1061.282
2509.060	1059.978
2507.907	1059.744
2505.934	1059.319
2504.658	1059.221
2498.879	1058.501
2497.377	1058.147
2495.032	1057.764
2491.452	1057.154
2487.000	1056.285
2484.569	1055.747
2479.412	1054.913
2479.284	1054.892
2479.234	1054.882
2479.162	1054.876
2473.512	1054.116
2467.415	1053.137
2464.982	1052.652
2464.002	1052.515
2455.517	1051.494
2454.450	1051.333
2454.015	1051.273
2452.955	1051.140
2442.815	1049.674
2442.383	1049.606
2438.856	1048.815
2434.528	1048.080
2433.274	1047.880
2430.914	1047.628
2428.217	1047.064
2423.779	1047.064
2422.279	1047.214
2414.612	1044.214
2413.112	1044.214
2413.112	1044.064
2406.680	1044.083
2404.454	1042.206
2404.454	1042.206
2402.590	1040.646
2401.895	1040.064
2397.838	1040.064
2392.284	1040.064
2391.395	1040.064
2389.195	1040.214
2389.195	1039.424
2389.195	1037.766
2389.195	1036.714
2385.237	1036.714
2376.849	1036.714
2376.849	1035.714
2372.362	1035.714
2363.665	1035.714
2361.185	1035.214
2361.185	1035.064
2356.136	1035.064

2355.636	1035.064
2354.136	1034.064
2354.136	1033.564
2352.636	1032.564
2352.636	1032.031
2352.636	1032.031
2348.601	1031.341
2345.762	1030.793
2340.763	1029.953
2338.745	1029.633
2338.095	1029.521
2333.125	1028.792
2330.286	1028.157
2324.746	1027.199
2314.669	1026.044
2313.668	1025.762
2312.353	1025.616
2312.353	1019.084
2312.353	1014.524
2515.491	1014.524

SEZIONE S3 - STATO DI PROGETTO

CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA LOCALE LATO VALLE

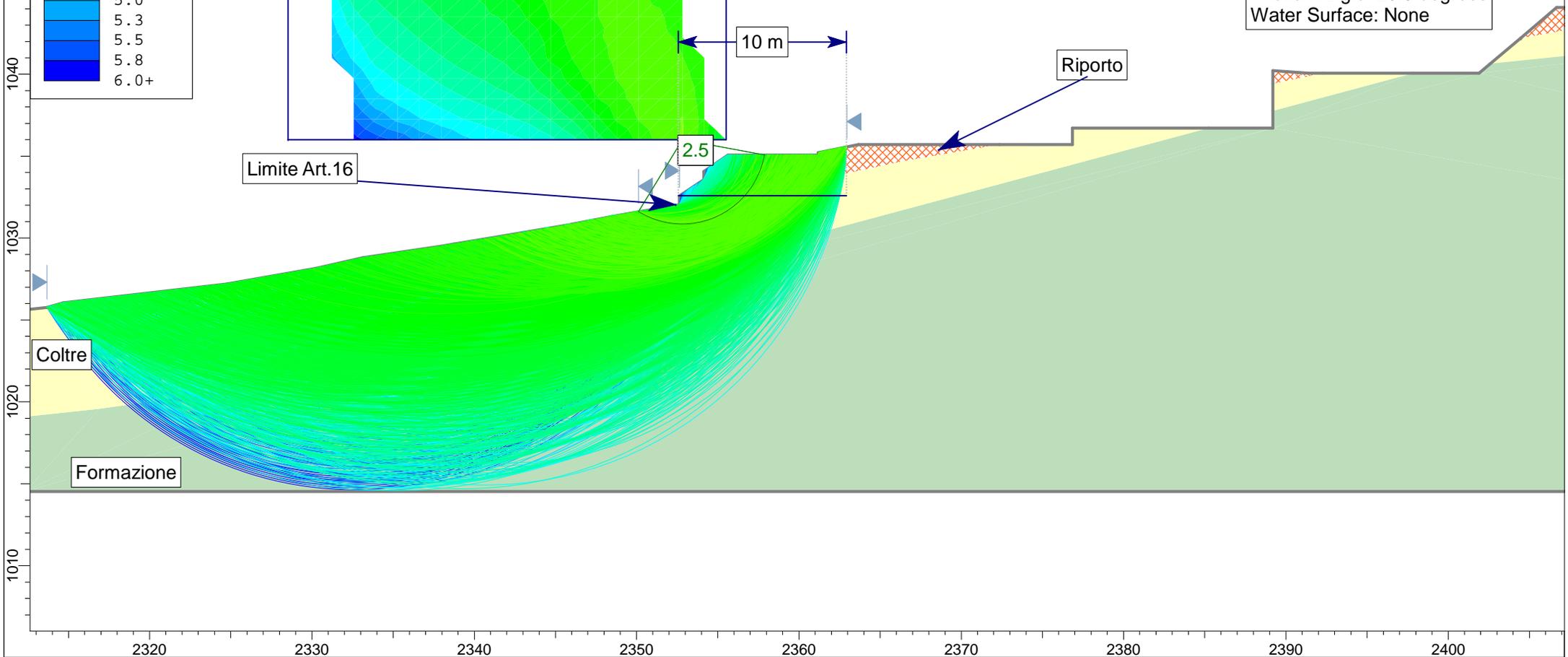


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.537490
 Center: 2351.682, 1038.000
 Radius: 7.578
 Left Slip Surface Endpoint: 2348.208, 1031.265
 Right Slip Surface Endpoint: 2358.668, 1035.064
 Resisting Moment=2659.66 kN-m
 Driving Moment=1048.15 kN-m

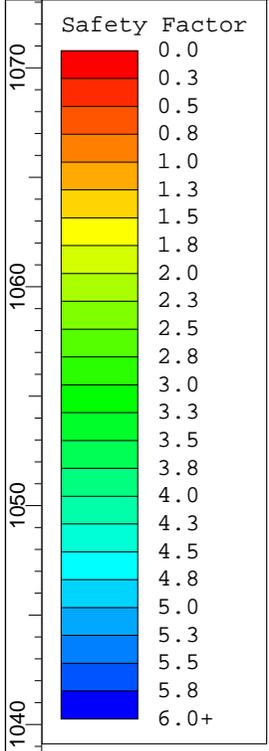
Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



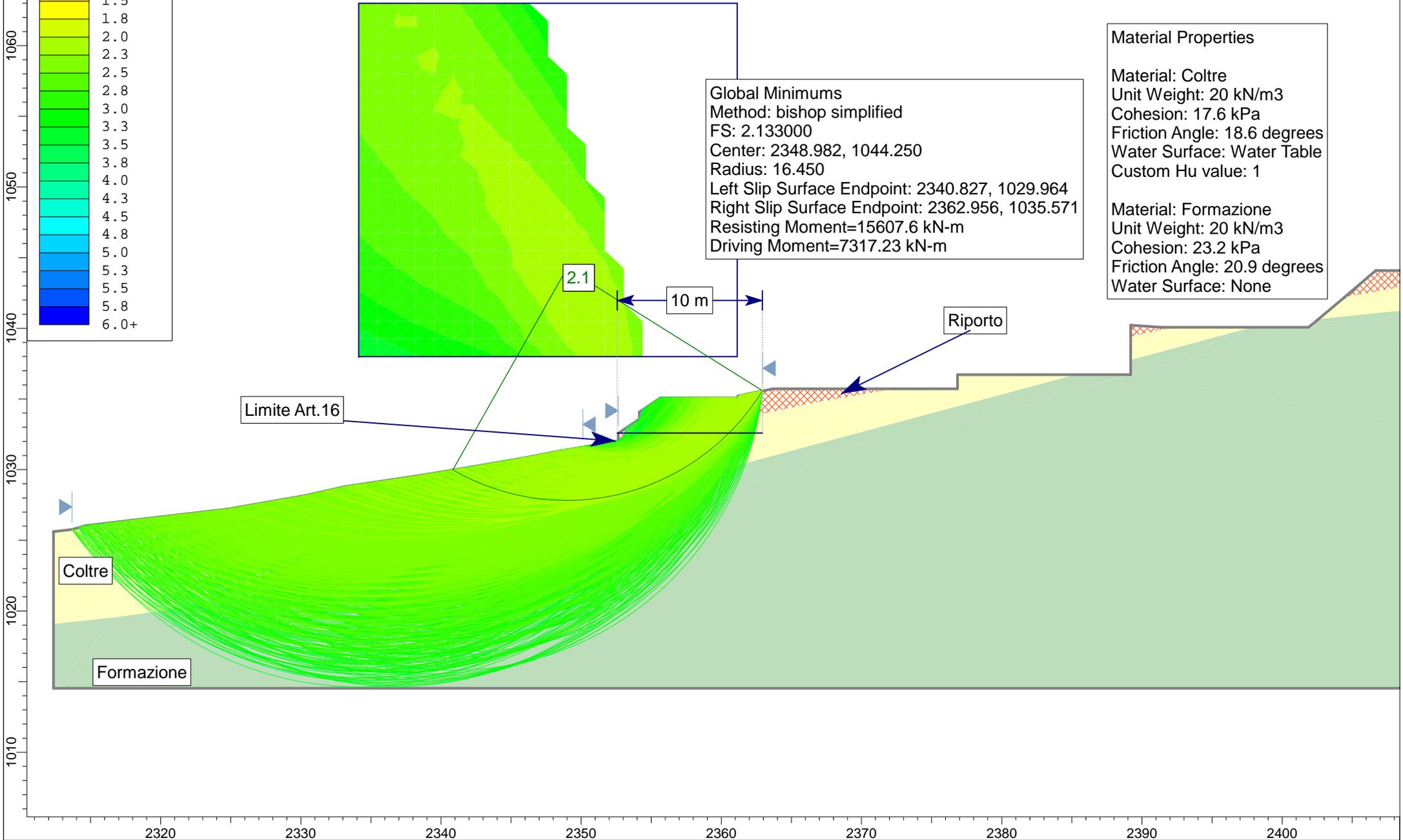
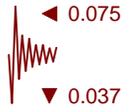
SEZIONE S3 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE VERIFICA LOCALE LATO VALLE



Material Properties

Material: Coltre
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Formazione
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.133000
 Center: 2348.982, 1044.250
 Radius: 16.450
 Left Slip Surface Endpoint: 2340.827, 1029.964
 Right Slip Surface Endpoint: 2362.956, 1035.571
 Resisting Moment=15607.6 kN-m
 Driving Moment=7317.23 kN-m



Slide Analysis Information

SEZIONE S3 – STATO DI PROGETTO **VERIFICHE LOCALI LATO VALLE**

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 26 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2334.132	1038.000
2361.132	1038.000
2361.132	1063.000
2334.132	1063.000

Material Boundary

2404.454	1042.206
2406.680	1042.590
2412.259	1043.637
2413.112	1043.815
2417.368	1044.661
2419.814	1045.145
2428.217	1047.064

Material Boundary

2389.195	1039.424
2391.395	1039.880
2392.284	1040.064

Material Boundary

2352.636	1032.031
2356.141	1032.635
2363.865	1034.126
2366.410	1034.684
2372.362	1035.714

Material Boundary

2402.590	1040.646
2455.198	1046.009
2503.469	1052.749
2515.491	1054.807

Material Boundary

2312.353	1019.084
2316.896	1019.572
2325.078	1020.720
2385.237	1036.714

Material Boundary

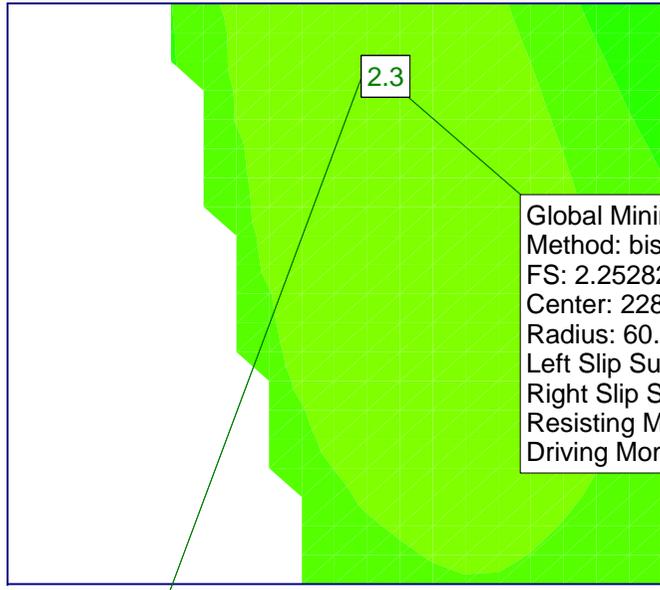
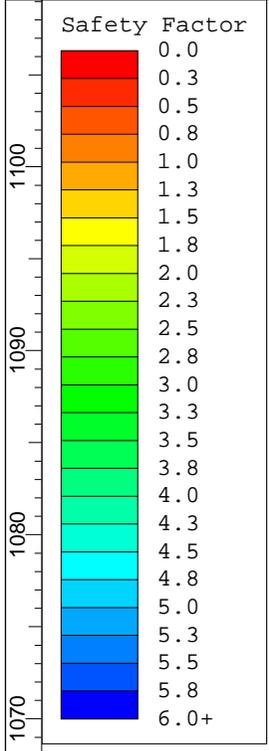
2389.195	1037.766
2397.838	1040.064

External Boundary

2515.491	1054.807
2515.491	1061.282
2509.060	1059.978
2507.907	1059.744
2505.934	1059.319
2504.658	1059.221
2498.879	1058.501
2497.377	1058.147
2495.032	1057.764
2491.452	1057.154
2487.000	1056.285
2484.569	1055.747
2479.412	1054.913
2479.284	1054.892
2479.234	1054.882
2479.162	1054.876
2473.512	1054.116
2467.415	1053.137
2464.982	1052.652
2464.002	1052.515
2455.517	1051.494
2454.450	1051.333
2454.015	1051.273
2452.955	1051.140
2442.815	1049.674
2442.383	1049.606
2438.856	1048.815
2434.528	1048.080
2433.274	1047.880
2430.914	1047.628
2428.217	1047.064
2423.779	1047.064
2422.279	1047.214
2414.612	1044.214
2413.112	1044.214
2413.112	1044.064
2406.680	1044.083
2404.454	1042.206
2404.454	1042.206
2402.590	1040.646
2401.895	1040.064
2397.838	1040.064
2392.284	1040.064
2391.395	1040.064
2389.195	1040.214
2389.195	1039.424
2389.195	1037.766
2389.195	1036.714
2385.237	1036.714
2376.849	1036.714
2376.849	1035.714
2372.362	1035.714
2363.665	1035.714
2361.185	1035.214
2361.185	1035.064

2356.136	1035.064
2355.636	1035.064
2354.136	1034.064
2354.136	1033.564
2352.636	1032.564
2352.636	1032.031
2352.636	1032.031
2348.601	1031.341
2345.762	1030.793
2340.763	1029.953
2338.745	1029.633
2338.095	1029.521
2333.125	1028.792
2330.286	1028.157
2324.746	1027.199
2314.669	1026.044
2313.668	1025.762
2312.353	1025.616
2312.353	1019.084
2312.353	1014.524
2515.491	1014.524

SEZIONE S4 - STATO ATTUALE CONDIZIONI STATICHE

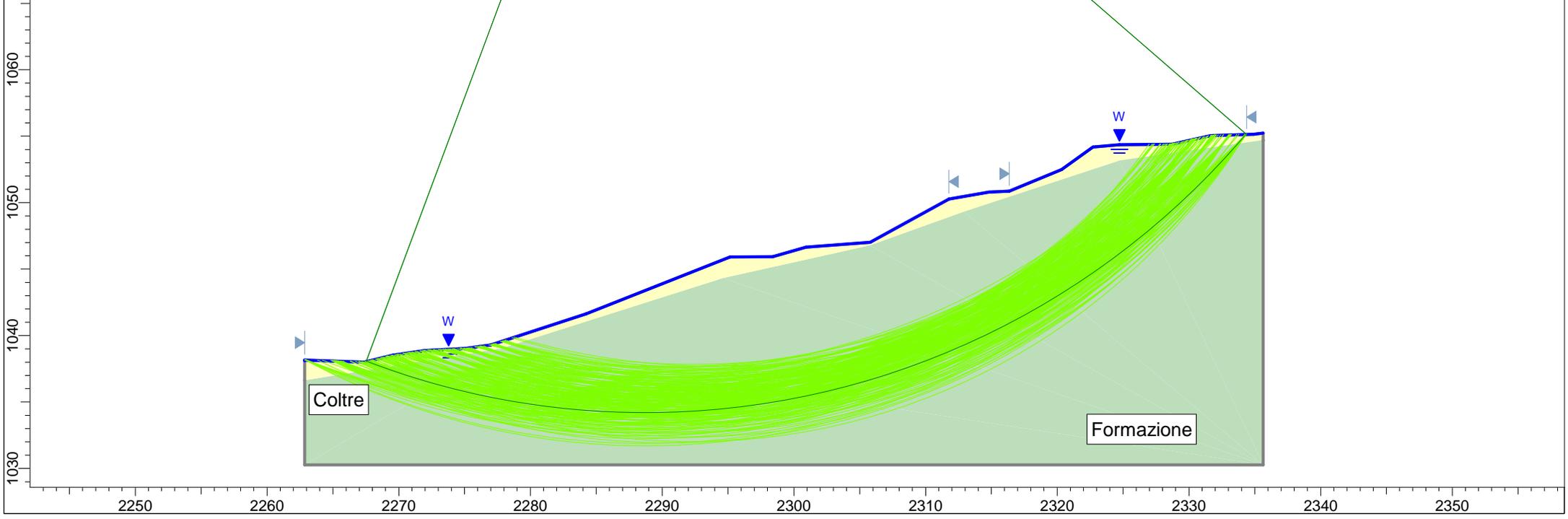


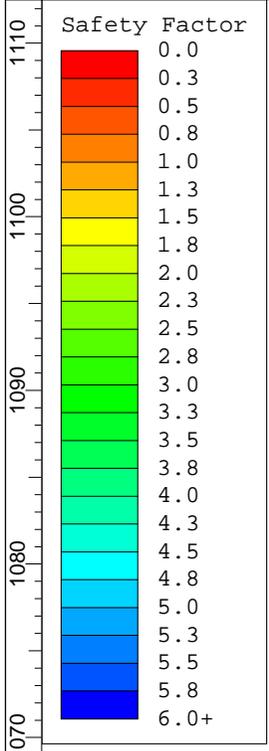
Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.252820
 Center: 2288.716, 1094.399
 Radius: 60.218
 Left Slip Surface Endpoint: 2267.529, 1038.031
 Right Slip Surface Endpoint: 2334.371, 1055.132
 Resisting Moment=342247 kN-m
 Driving Moment=151919 kN-m

Material Properties

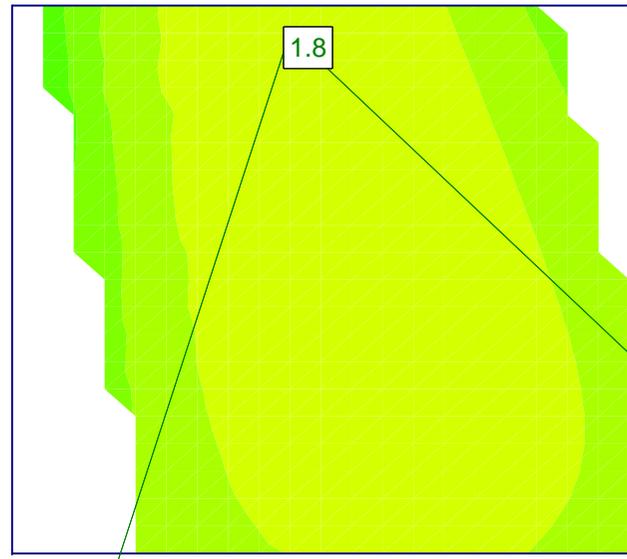
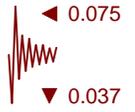
Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None





SEZIONE S4 - STATO ATTUALE CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

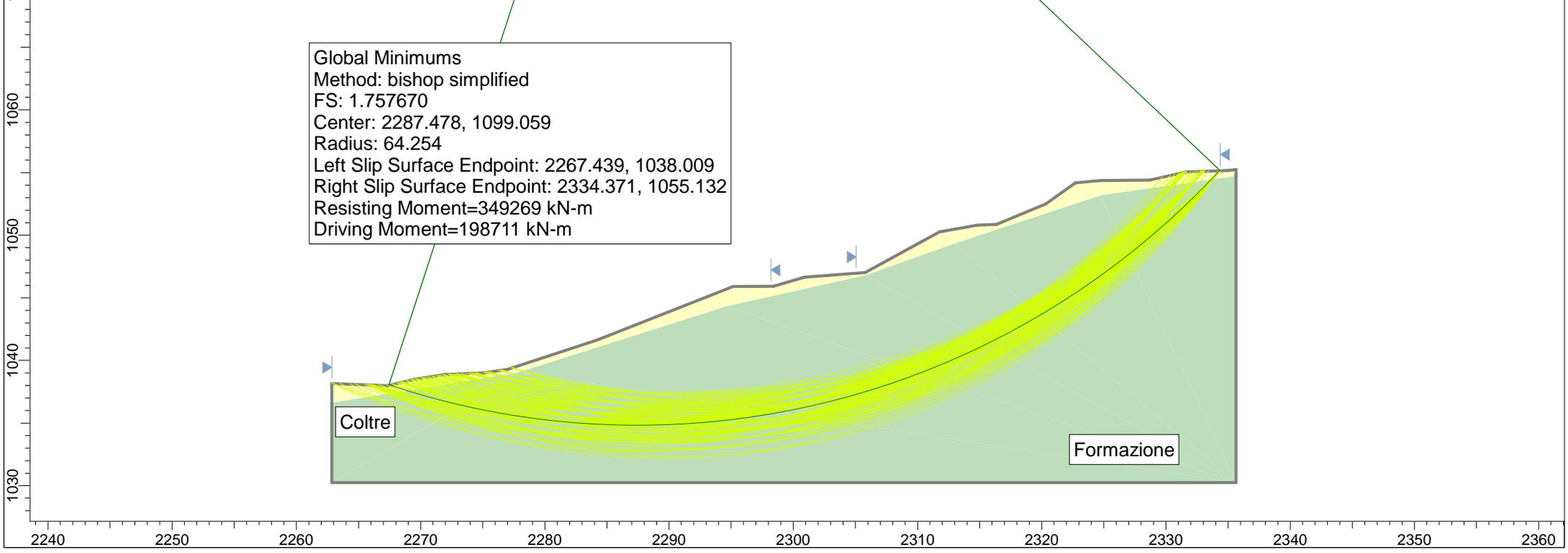


Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 1.757670
 Center: 2287.478, 1099.059
 Radius: 64.254
 Left Slip Surface Endpoint: 2267.439, 1038.009
 Right Slip Surface Endpoint: 2334.371, 1055.132
 Resisting Moment=349269 kN-m
 Driving Moment=198711 kN-m



Slide Analysis Information

SEZIONE S4 – STATO ATTUALE

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2271.346	1069.083
2307.194	1069.083
2307.194	1100.637
2271.346	1100.637

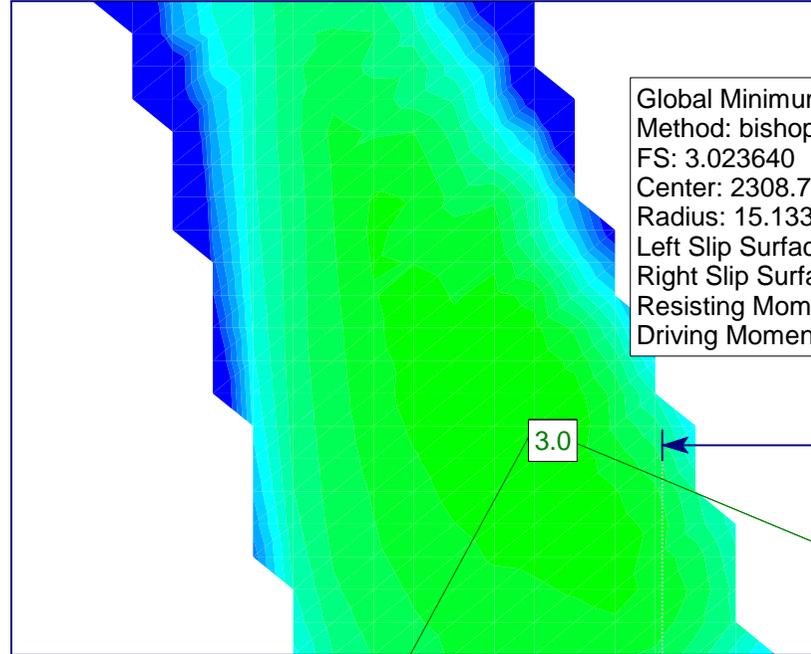
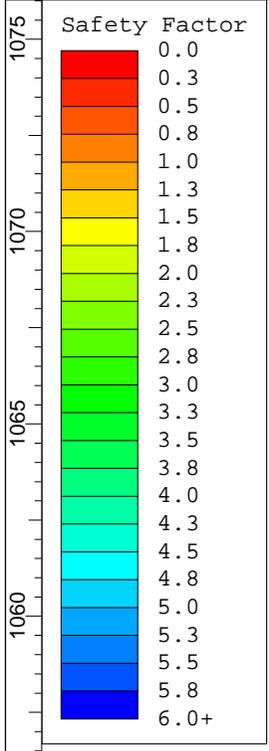
Material Boundary

2262.858	1036.624
2277.825	1039.043
2294.622	1044.323
2305.782	1046.781
2312.918	1049.316
2324.718	1053.165
2335.631	1054.712

External Boundary

2335.631	1054.712
2335.631	1055.230
2334.908	1055.150
2331.642	1055.038
2328.702	1054.401
2324.718	1054.356
2322.702	1054.176
2320.320	1052.480
2316.349	1050.857
2314.825	1050.793
2311.772	1050.264
2305.786	1047.007
2300.910	1046.639
2298.400	1045.919
2295.161	1045.905
2284.234	1041.632
2276.989	1039.279
2275.056	1039.010
2271.975	1038.864
2269.557	1038.505
2267.359	1037.991
2262.858	1038.152
2262.858	1036.624
2262.858	1030.249
2335.631	1030.249

SEZIONE S4 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE VERIFICA LOCALE LATO MONTE

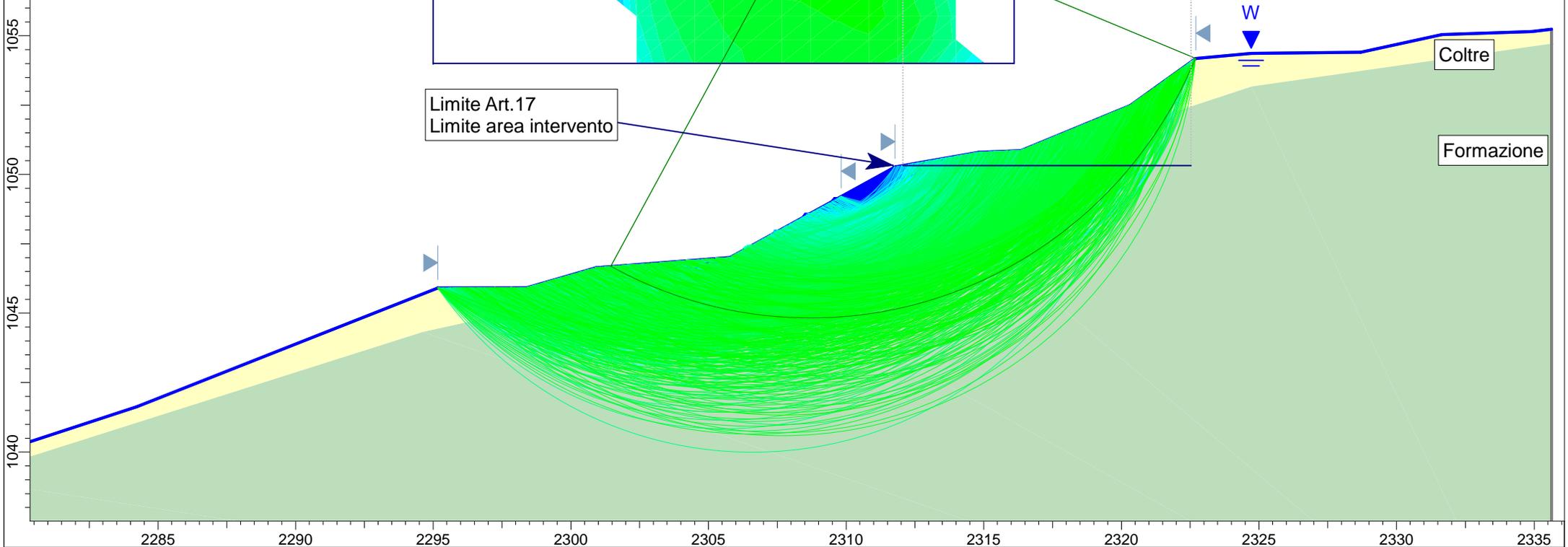


Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 3.023640
 Center: 2308.715, 1059.950
 Radius: 15.133
 Left Slip Surface Endpoint: 2301.443, 1046.679
 Right Slip Surface Endpoint: 2322.702, 1054.176
 Resisting Moment=16166.6 kN-m
 Driving Moment=5346.75 kN-m

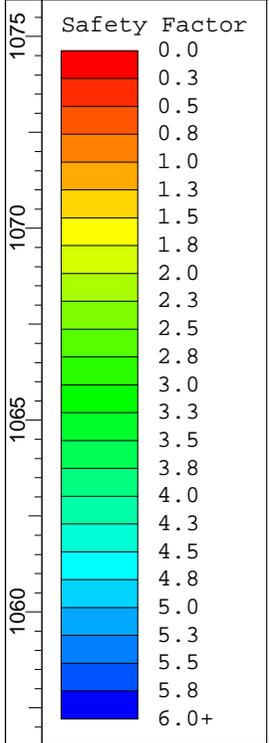
Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



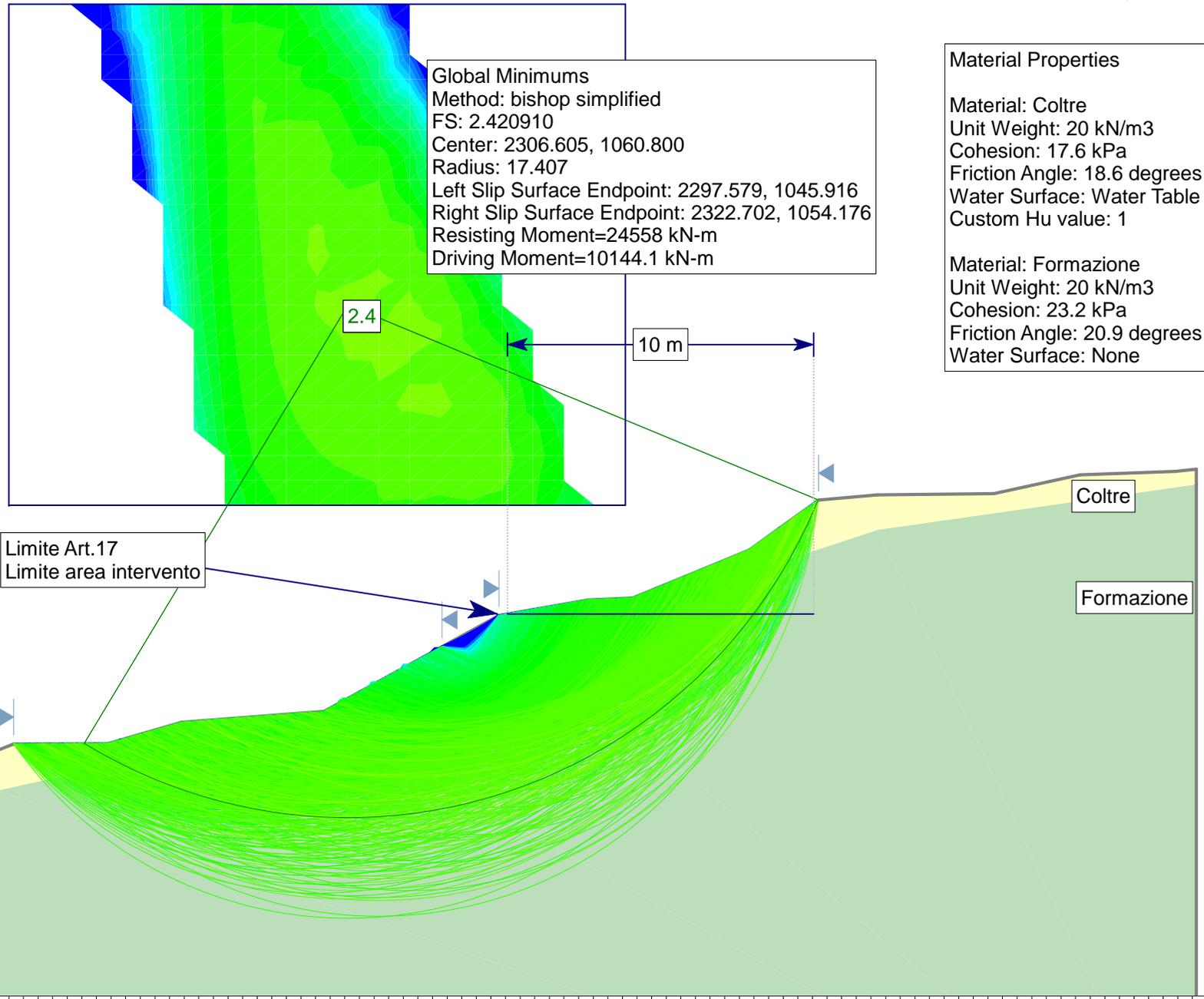
SEZIONE S4 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE VERIFICA LOCALE LATO MONTE



Material Properties

Material: Coltre
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Formazione
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.420910
 Center: 2306.605, 1060.800
 Radius: 17.407
 Left Slip Surface Endpoint: 2297.579, 1045.916
 Right Slip Surface Endpoint: 2322.702, 1054.176
 Resisting Moment=24558 kN-m
 Driving Moment=10144.1 kN-m



2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335

1075
1070
1065
1060
1055
1050
1045
1040

Slide Analysis Information

SEZIONE S4 – STATO DI PROGETTO **VERIFICHE LOCALI LATO MONTE**

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2295.000	1054.000
2316.099	1054.000
2316.099	1071.000
2295.000	1071.000

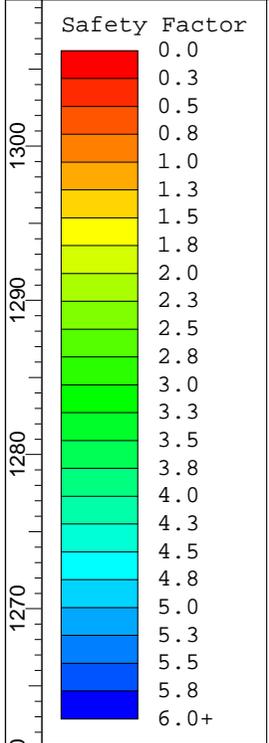
Material Boundary

2262.858	1036.624
2277.825	1039.043
2294.622	1044.323
2305.782	1046.781
2312.918	1049.316
2324.718	1053.165
2335.631	1054.712

External Boundary

2335.631	1054.712
2335.631	1055.230
2334.908	1055.150
2331.642	1055.038
2328.702	1054.401
2324.718	1054.356
2322.702	1054.176
2320.320	1052.480
2316.349	1050.857
2314.825	1050.793
2311.772	1050.264
2305.786	1047.007
2300.910	1046.639
2298.400	1045.919
2295.161	1045.905
2284.234	1041.632
2276.989	1039.279
2275.056	1039.010
2271.975	1038.864
2269.557	1038.505
2267.359	1037.991
2262.858	1038.152
2262.858	1036.624
2262.858	1030.249
2335.631	1030.249

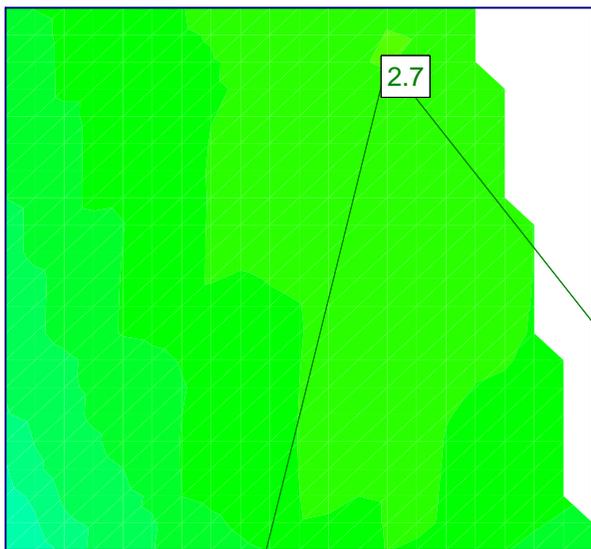
SEZIONE S6 - STATO ATTUALE CONDIZIONI STATICHE



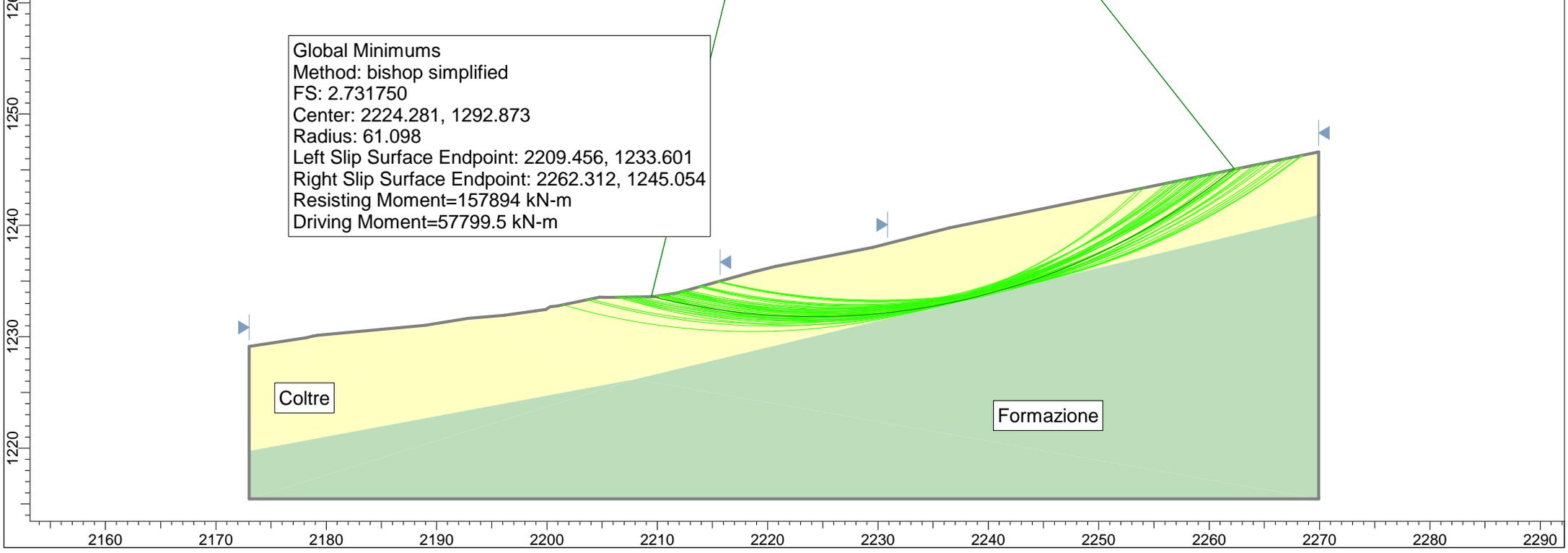
Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

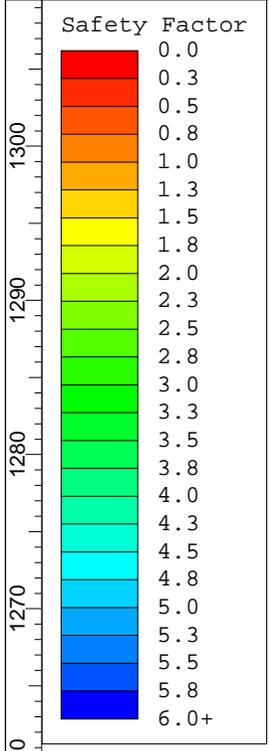
Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.731750
 Center: 2224.281, 1292.873
 Radius: 61.098
 Left Slip Surface Endpoint: 2209.456, 1233.601
 Right Slip Surface Endpoint: 2262.312, 1245.054
 Resisting Moment=157894 kN-m
 Driving Moment=57799.5 kN-m



SEZIONE S6 - STATO ATTUALE CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE



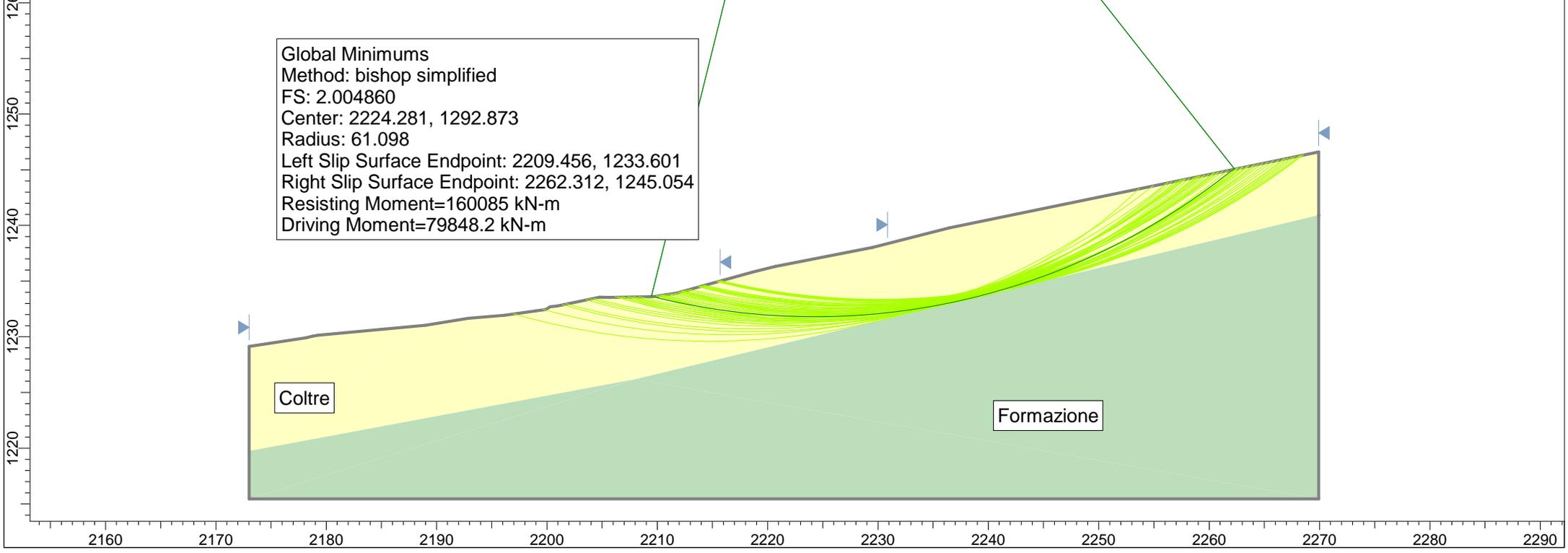
Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None



Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.004860
 Center: 2224.281, 1292.873
 Radius: 61.098
 Left Slip Surface Endpoint: 2209.456, 1233.601
 Right Slip Surface Endpoint: 2262.312, 1245.054
 Resisting Moment=160085 kN-m
 Driving Moment=79848.2 kN-m



Slide Analysis Information

SEZIONE S6 – STATO ATTUALE

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2199.320	1261.204
2237.722	1261.204
2237.722	1296.392
2199.320	1296.392

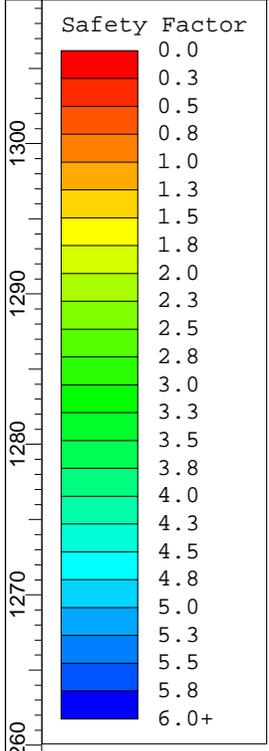
Material Boundary

2173.023	1219.735
2208.023	1226.183
2269.922	1240.925

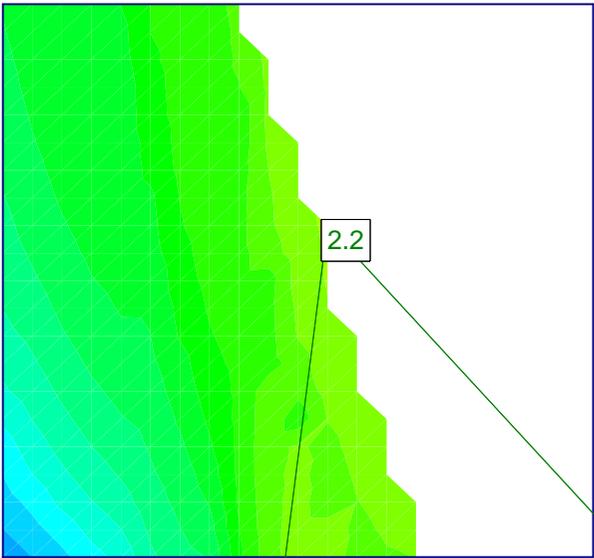
External Boundary

2269.922	1240.925
2269.922	1246.605
2236.442	1239.784
2229.489	1238.014
2220.675	1236.313
2218.634	1235.817
2211.772	1233.927
2210.167	1233.693
2209.930	1233.637
2209.444	1233.600
2205.603	1233.547
2204.786	1233.550
2200.920	1232.758
2200.298	1232.698
2199.898	1232.459
2198.979	1232.324
2196.143	1231.930
2192.860	1231.666
2188.981	1231.035
2179.222	1230.128
2178.757	1230.060
2178.148	1229.912
2173.023	1229.128
2173.023	1219.735
2173.023	1215.434
2269.922	1215.434

SEZIONE S6 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE



Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 2.203720
 Center: 2238.138, 1277.191
 Radius: 42.557
 Left Slip Surface Endpoint: 2232.733, 1234.979
 Right Slip Surface Endpoint: 2267.129, 1246.036
 Resisting Moment=58707.2 kN-m
 Driving Moment=26640.1 kN-m

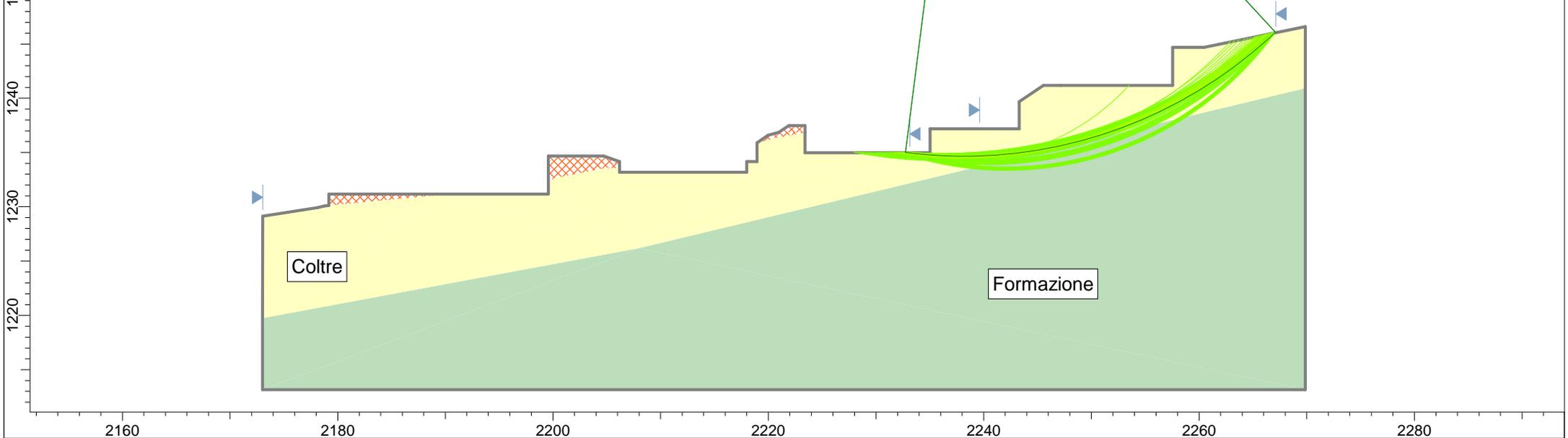


Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: None

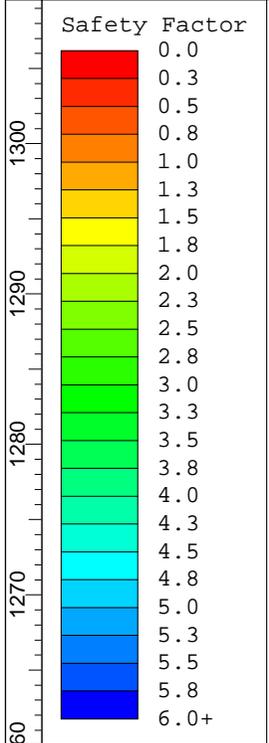
Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None

Material: Riporto
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 26 degrees
 Water Surface: None



SEZIONE S6 - STATO DI PROGETTO CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

◀ 0.075
▼ 0.037



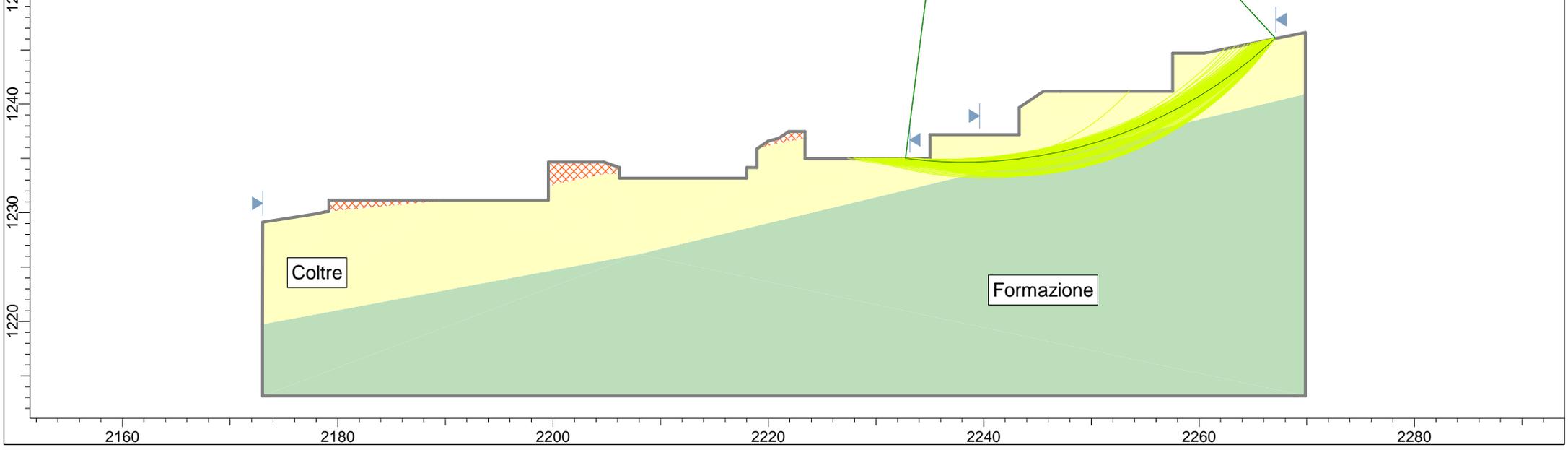
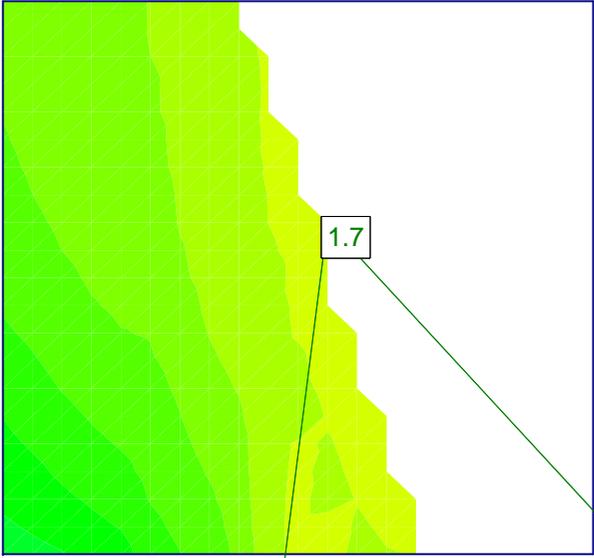
Global Minimums
 Method: bishop simplified
 FS: 1.746480
 Center: 2238.138, 1277.191
 Radius: 42.557
 Left Slip Surface Endpoint: 2232.733, 1234.979
 Right Slip Surface Endpoint: 2267.129, 1246.036
 Resisting Moment=59172.3 kN-m
 Driving Moment=33880.8 kN-m

Material Properties

Material: Coltre
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 17.6 kPa
 Friction Angle: 18.6 degrees
 Water Surface: None

Material: Formazione
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 23.2 kPa
 Friction Angle: 20.9 degrees
 Water Surface: None

Material: Riporto
 Unit Weight: 20 kN/m3
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 26 degrees
 Water Surface: None



Slide Analysis Information

SEZIONE S6 – STATO DI PROGETTO

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.075
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.037

Material Properties

Material: Coltre
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 17.6 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Formazione
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 23.2 kPa
Friction Angle: 20.9 degrees
Water Surface: None

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 26 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Search Grid

2216.377	1255.136
2255.943	1255.136
2255.943	1291.894
2216.377	1291.894

Material Boundary

2199.569	1232.459
2199.898	1232.459
2200.298	1232.698
2200.920	1232.758
2204.786	1233.550
2206.166	1233.548

Material Boundary

2218.954	1235.897
2220.675	1236.313
2223.400	1236.839

Material Boundary

2179.169	1230.111
2188.981	1231.035
2189.793	1231.167

Material Boundary

2173.019	1219.731
2207.971	1226.171
2269.869	1240.913

External Boundary

2269.869	1240.913
2269.869	1246.594
2260.468	1244.679
2257.551	1244.679
2257.551	1241.179
2247.151	1241.179
2245.537	1241.179
2243.287	1239.679
2243.287	1237.179
2235.019	1237.179
2235.019	1234.979
2223.400	1234.979
2223.400	1236.839

2223.400	1237.479
2221.900	1237.479
2220.954	1236.848
2219.954	1236.564
2218.954	1235.897
2218.954	1234.167
2217.992	1234.167
2217.992	1233.167
2206.166	1233.167
2206.166	1233.548
2206.166	1234.167
2204.705	1234.667
2199.569	1234.667
2199.569	1232.459
2199.569	1231.167
2189.793	1231.167
2189.169	1231.167
2179.169	1231.167
2179.169	1230.111
2178.757	1230.060
2178.148	1229.912
2173.023	1229.128
2173.019	1219.731
2173.016	1213.139
2269.869	1213.139



GEODE
LABORATORIO
GEOTECNICO

RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

MOD. 85

REV. 00

DATA 08/03/10

PAG. 1 DI 19

SPETT. DR. GEOL. V. MARIANI



INDAGINE SISMICA MASW (linea 1)

c/o Villa Pupa

in località MONTELICCIANI in Comune di MONTEGRIDOLFO (PU)

RELAZIONE GEOFISICA

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati: 0	
00	09/09/12	emissione	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Elaborato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>



GEODE
LABORATORIO
GEOTECNICO

RIMINI

Indagine geofisica

MOD. 85
REV. 00
DATA 08/03/10

SISTEMA QUALITA'

PAG. 2 DI 19

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 - INDAGINE MASW	4
2.1 - DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA MASW	4
2.2 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW	6
2.3 - STRUMENTAZIONE, MODALITA' DI ACQUISIZIONE	10
3 - ELABORAZIONE DATI	11
3.1 - DATI SPERIMENTALI	11
3.2 - RISULTATI DELLE ANALISI	12
3.3 - CURVA DI DISPERSIONE	12
3.4 - PROFILO IN SITO	14
3.5 - RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE V_{s30}	18

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Elaborato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO	Indagine geofisica		MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
	RIMINI	SISTEMA QUALITA'		PAG. 3 DI 19

1 - PREMESSA

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un'indagine geofisica consistente in un profilo sismico con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) effettuato presso Villa Pupa in località Montelicciano in Comune di Montegrimano, (PU).

La campagna di indagine è stata eseguita in data 08 novembre 2012, su incarico del Dott. Geol. S. Caturani.

Scopo dell'indagine è quello di definire la classificazione sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto ricostruendo, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z) e determinando il parametro V_s30 in accordo con O.P.C.M. 3274 e s.m.i, D.M.14.09.2005 e D.M. 14.01.2008.

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

In Figura 1 si riporta l'ubicazione delle indagini integrate eseguite.



Fig. 1 – Foto aerea da Google Earth con ubicazione dell' indagine geofisice eseguita.

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica			MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
		SISTEMA QUALITA'			PAG. 4 DI 19

2 – INDAGINE MASW

2.1 – DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA MASW

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Fig. 2 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03. Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3).

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

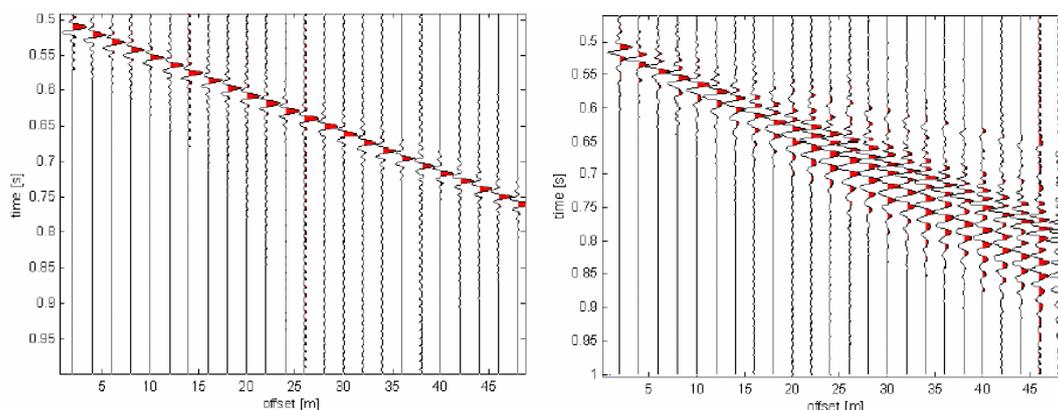


Fig. 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione (Fig. 4).

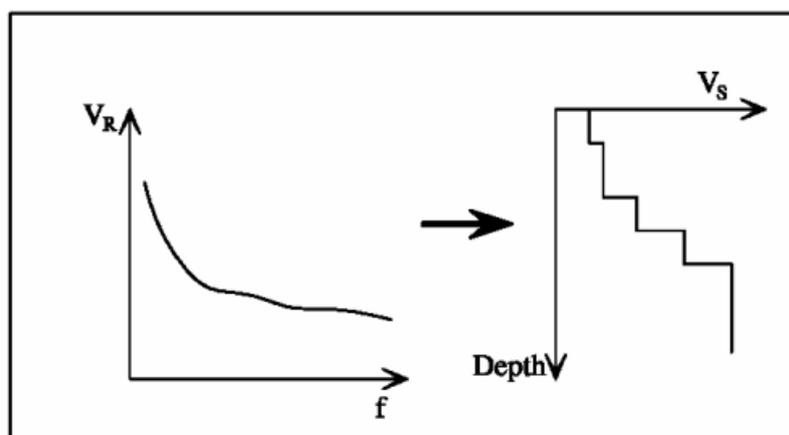


Fig. 4 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative più onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione della $V_s < 20\%$.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica			MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
		SISTEMA QUALITA'			PAG. 6 DI 19

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

2.2 – PROSPEZIONI SISMICHE MASW

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

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

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980), detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J., 1999). Il metodo utilizzato nell'indagine è quello attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente e sono misurate da uno stendimento lineare di geofoni). Tal e metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni nei primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

La metodologia MASW non è influenzata dai fenomeni di inversione di velocità (strati soffici compresi tra strati più rigidi) o presenza di falde acquifere superficiali consentendo di individuare il profilo di velocità V_s anche in presenza di contrasti di rigidità fra gli strati del suolo.

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente.

In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipende dalla distribuzione

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche con il metodo SWM è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con i singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali può essere suddiviso nelle tre fasi di:

- 1) Acquisizione
- 2) Processing
- 3) Inversione

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 6), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di geofoni, energizzando ai due estremi dello stendimento. (Fig. 5);

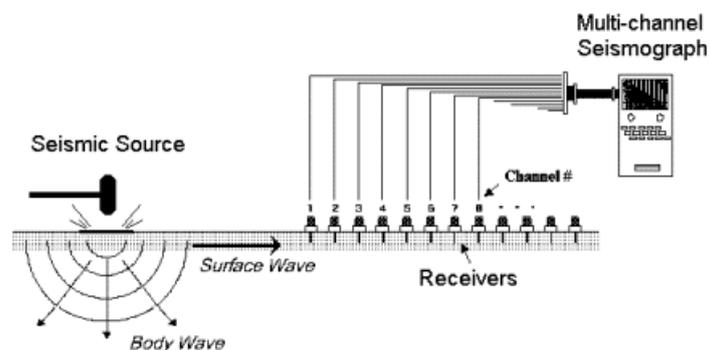


Fig. 5 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

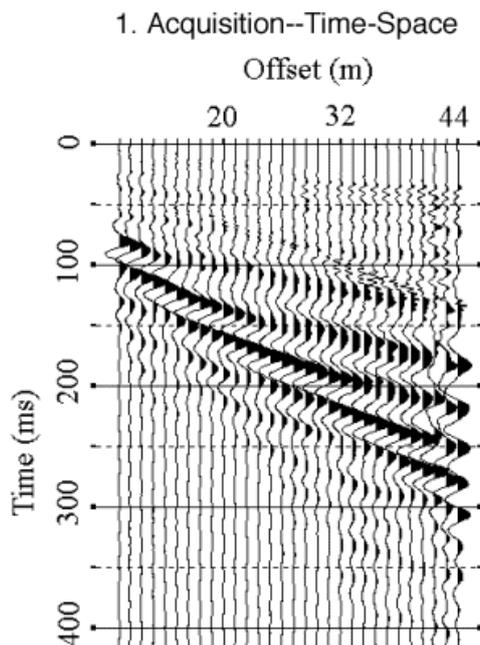


Fig. 6 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 7);

2. Dispersion Curve Extraction--Frequency-Phase Velocity

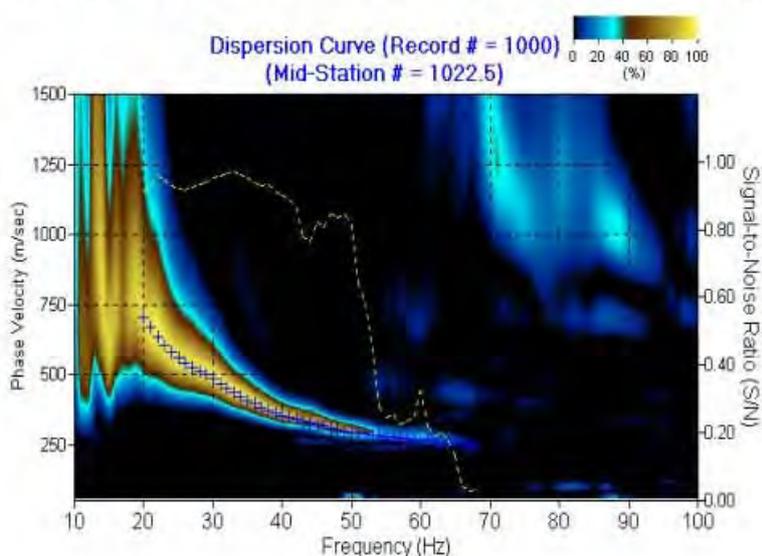


Fig. 7 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

I dati acquisiti vengono cioè sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

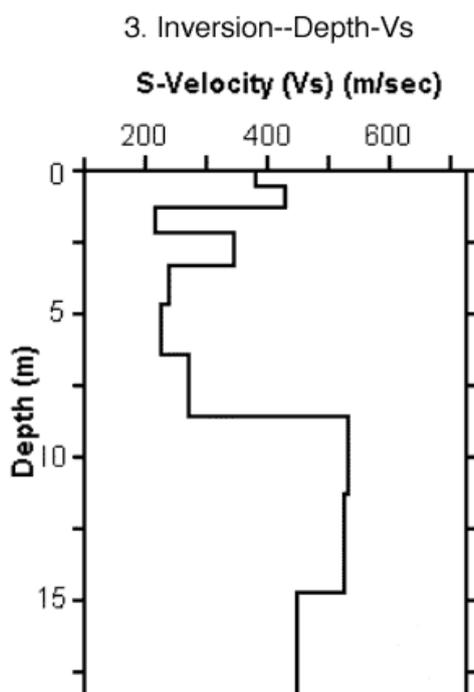
I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_r , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_r, f) in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione.

In sintesi dal calcolo della curva di dispersione sperimentale si passa al calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001) ed al calcolo della dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998).

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (Fig. 8) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:	
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni	
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica			MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
		SISTEMA QUALITA'			PAG. 10 DI 19

Fig. 8 – Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

La fase di inversione –deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello.

Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Lo scopo è quello di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_s trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativa tra le due curve.

2.3 – STRUMENTAZIONE, MODALITA' DI ACQUISIZIONE

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments a 16 bit (registratore DOREMI), 24 geofoni a frequenza di 4.5 Hz ed un pc.

Come sistema di energizzazione è stato utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello metallico.

L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo una stendimento lineare di 48 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2.0 m.

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate 4 energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 2 e 3.0 m dal primo e dall'ultimo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 4 impulsi sismici (shots).

I dati sono stati elaborati tramite il software MASW (V. Roma, 2007). L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fittine" con i valori sperimentali.

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



3 – ELABORAZIONE DATI

3.1 – DATI SPERIMENTALI

Nome del file delle tracce
Numero di ricevitori 24
Numero di campioni temporali 10000
Passo temporale di acquisizione 0.2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999.8ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

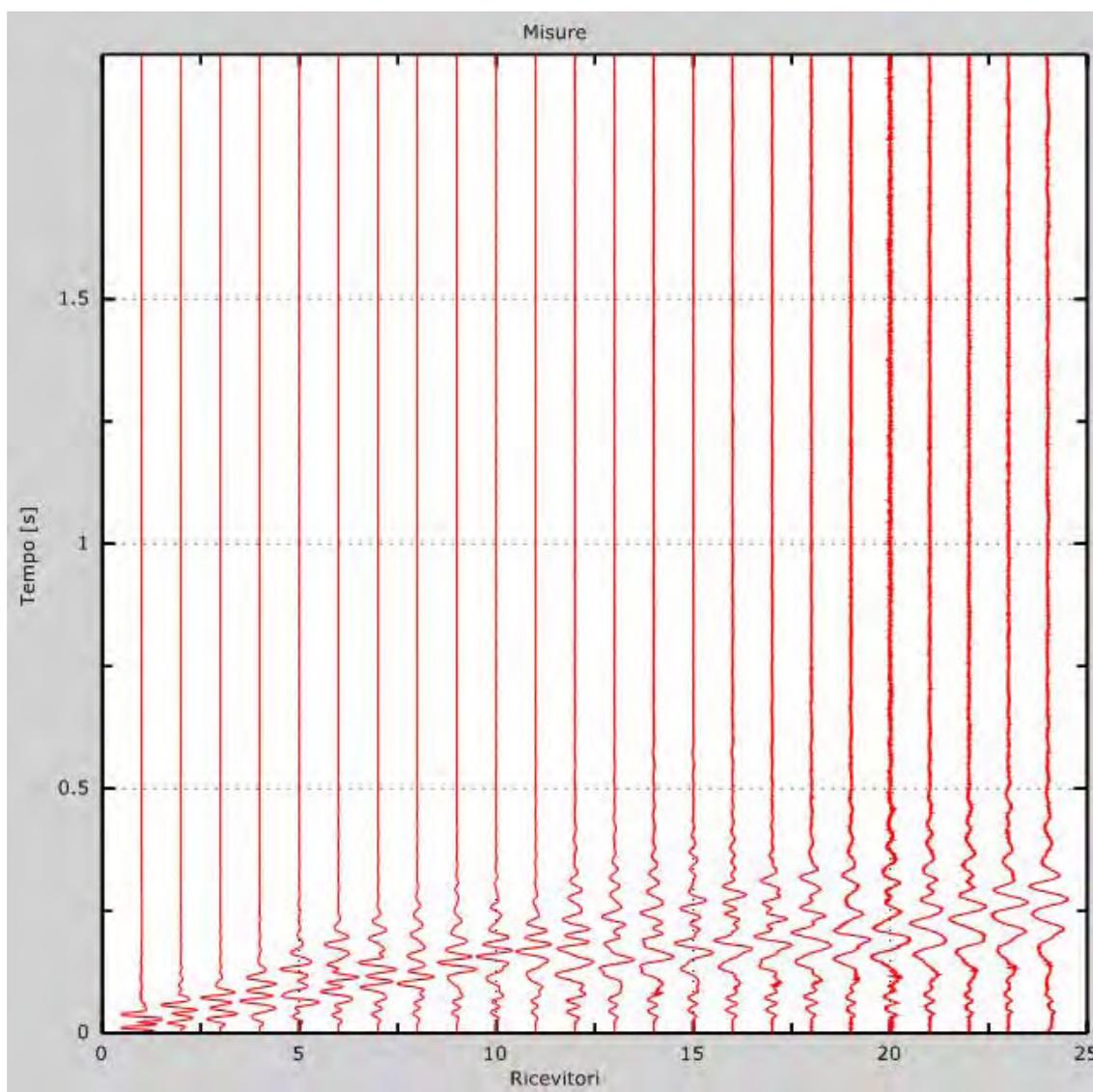


Figura 9: Tracce sperimentali

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



3.2 – RISULTATI DELLE ANALISI

Frequenza finale..... 70Hz

Frequenza iniziale 2Hz

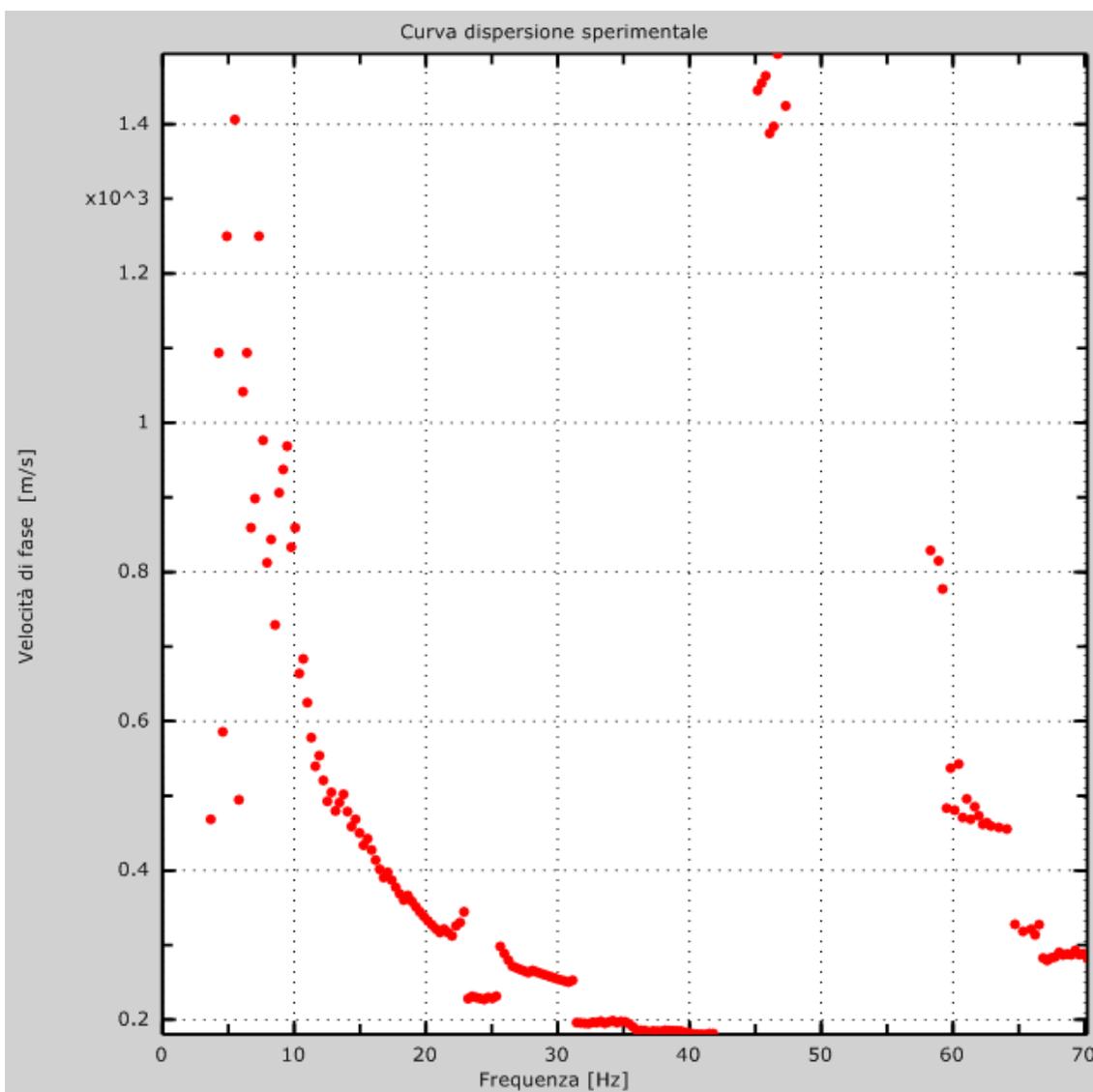


Figura 10: Curva dispersione sperimentale

3.3 – CURVA DI DISPERSIONE

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



GEODE
LABORATORIO
GEOTECNICO

RIMINI

Indagine geofisica

MOD. 85
REV. 00
DATA 08/03/10

SISTEMA QUALITA'

PAG. 13 DI 19

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.08126	1252.24	1198.63	1305.85
6.36425	1076.52	1016.96	1136.09
7.48686	933.564	885.911	981.216
8.28873	841.238	805.498	876.977
9.57172	751.89	671.476	832.303
10.8547	650.629	629.781	671.476
11.6566	573.194	546.389	599.998
13.0999	504.694	474.911	534.476
14.864	451.085	430.237	471.933
16.7885	403.433	391.52	415.346
19.1941	349.824	343.867	355.78
23.3638	317.063	293.237	340.889
26.8921	269.411	251.541	287.28
28.9769	266.432	248.563	284.302
31.0618	263.454	251.541	275.367

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Elaborato	Controllato	Approvato

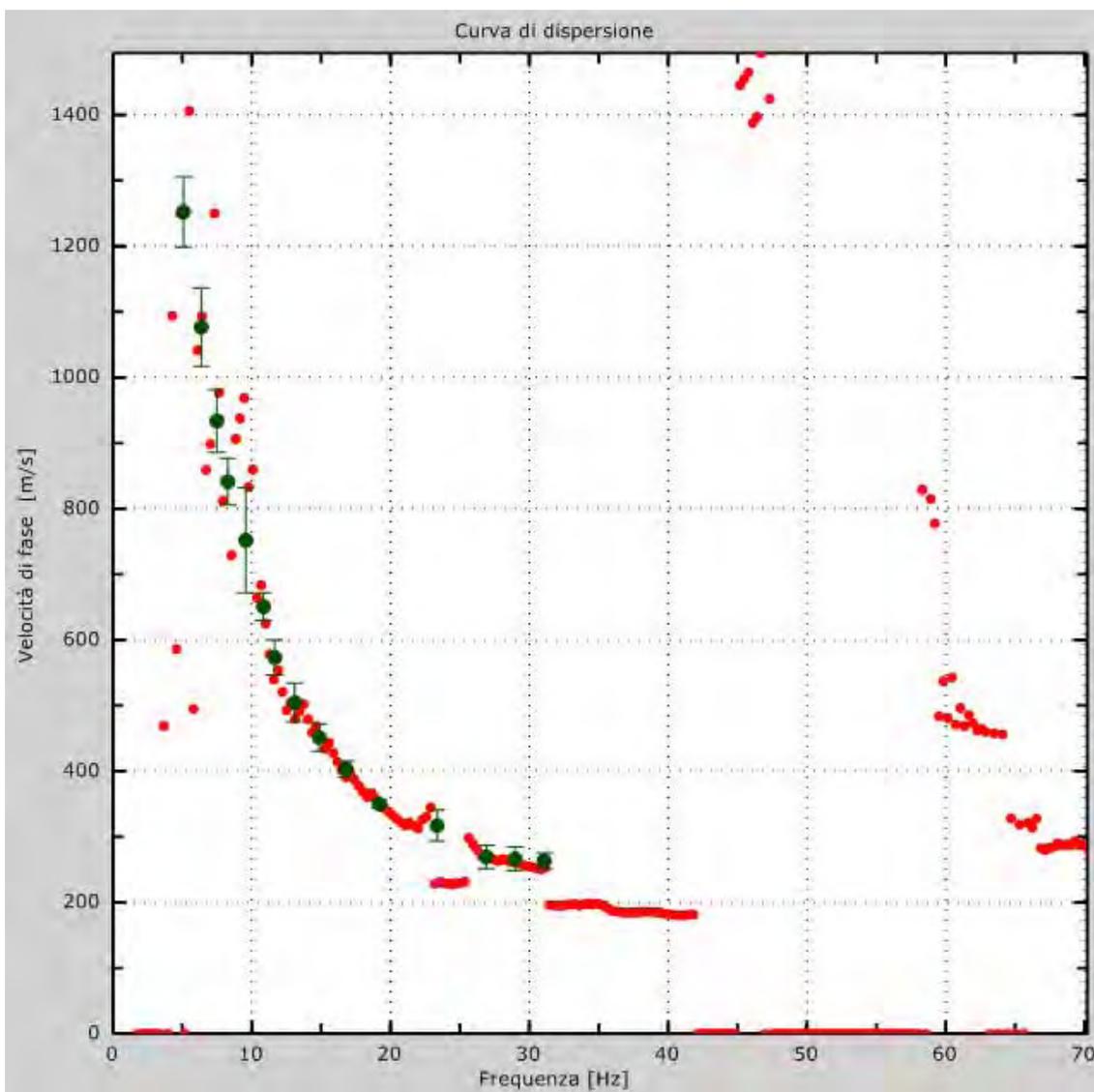


Figura 11: Curva di dispersione

3.4 – PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio)	3
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.2

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:	
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni	
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



Vs [m/s]..... 150
 Vp [m/s] 244.95
 Vs min [m/s]..... 146.36
 Vs max [m/s]..... 225.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 150.000

Strato 2

h [m]..... 40
 z [m] -42
 Densità [kg/m³]..... 1800
 Poisson 0.2
 Vs [m/s]..... 750
 Vp [m/s] 1224.74
 Vs min [m/s]..... 146.36
 Vs max [m/s]..... 1125.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 750.000

Strato 3

h [m]..... 0
 z [m] -00
 Densità [kg/m³]..... 1800
 Poisson 0.2
 Vs [m/s]..... 1400
 Vp [m/s] 2286.19
 Vs min [m/s]..... 695.69
 Vs max [m/s]..... 2100.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 1400.000

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

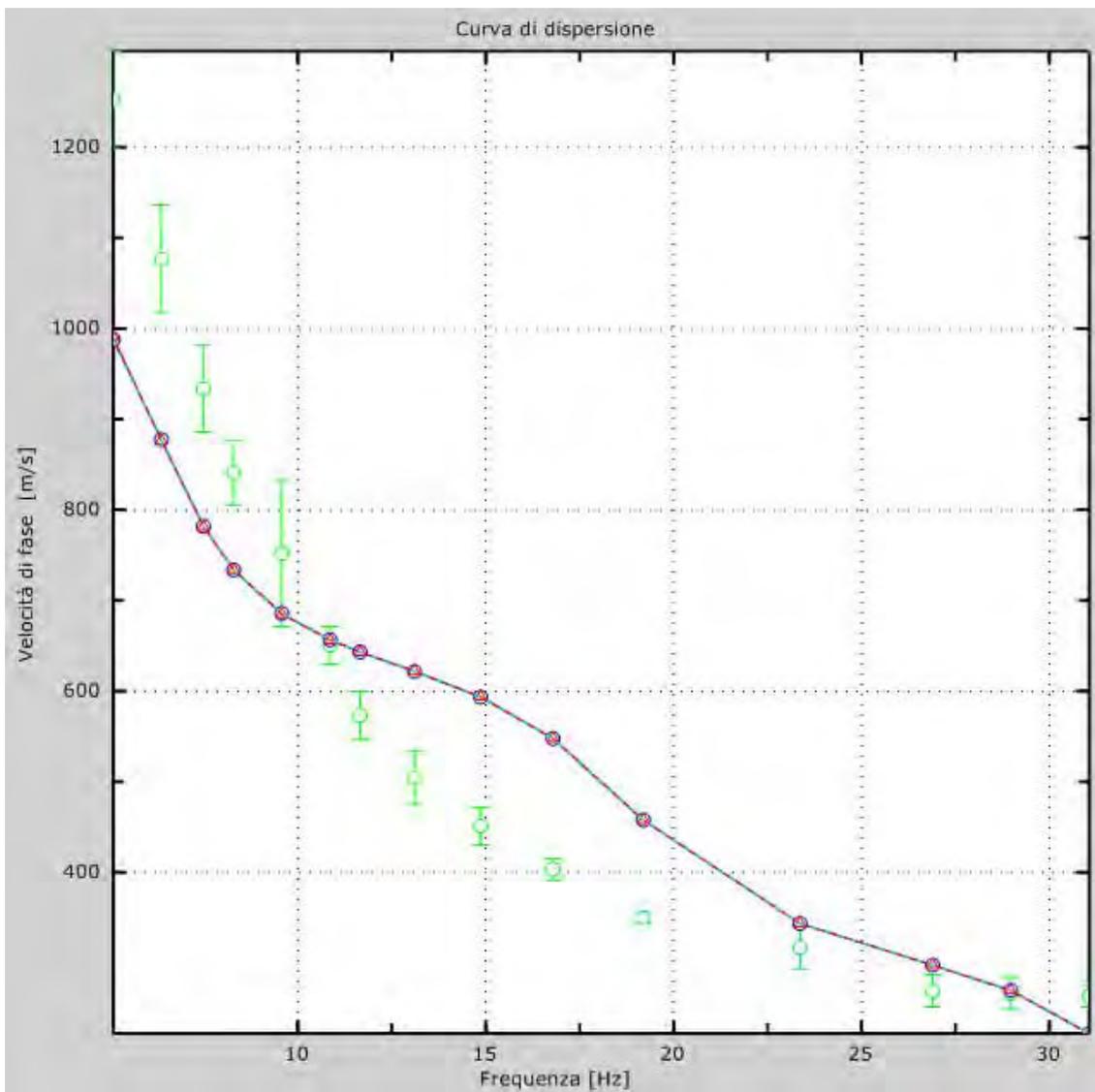


Figura 12: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

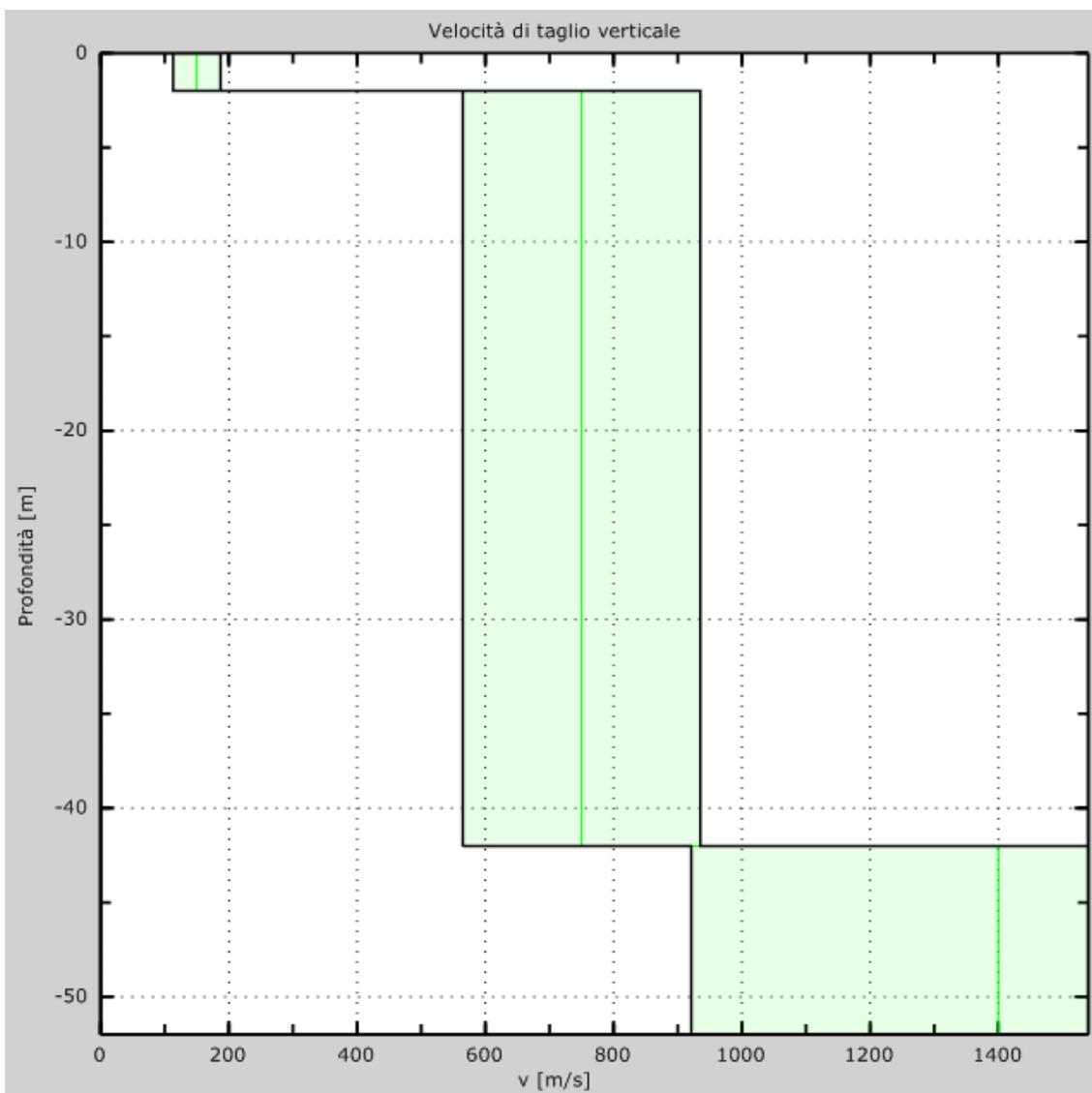


Figura 13: Velocità

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 48 m):

Modello 1			
Strato	Spessore(m)	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	2.0	2.0	150
2	40.0	42.0	750
3	∞	∞	1400

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
		SISTEMA QUALITA'	PAG. 18 DI 19

3.5 – RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE Vs30

Offset [m].....0

Vs30 [m/s].....592

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 2.

Tipo di suolo B.

Dall'analisi delle indagini geognostiche e dalle indagini geofisiche realizzate risulta che il sottosuolo si presenta fondamentalmente a cinque strati di cui il quinto rappresenta l'unità geotecnica rigida.

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale):

Vs30 = 592 m/s

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo B** (si veda la tabella seguente).

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



Appendice

Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: 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 Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

Tipo S1: Depositati costituiti da, o contenenti uno strato di almeno 10m di spessore, argille/limi soffici con un alto indice di plasticità (PI > 40) e contenuto d'acqua

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

Rif.: G12-175	File:G12-175-21mariani.doc	Cod. doc.: 21/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	04/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



GEODE
LABORATORIO
GEOTECNICO

RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

MOD. 85

REV. 00

DATA 08/03/10

PAG. 1 DI 19



INDAGINE SISMICA MASW (linea 2)

c/o Villa Pupa

in località MONTELICCIANI in Comune di MONTEGRIDOLFO (PU)

RELAZIONE GEOFISICA

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati: 0	
00	09/09/12	emissione	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Elaborato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>



GEODE
LABORATORIO
GEOTECNICO

RIMINI

Indagine geofisica

MOD. 85

REV. 00

DATA 08/03/10

SISTEMA QUALITA'

PAG. 2 DI 19

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 - INDAGINE MASW	4
2.1 - DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA MASW	4
2.2 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW	6
2.3 - STRUMENTAZIONE, MODALITA' DI ACQUISIZIONE	10
3 - ELABORAZIONE DATI	11
3.1 - DATI SPERIMENTALI	11
3.2 - RISULTATI DELLE ANALISI	12
3.3 - CURVA DI DISPERSIONE	13
3.4 - PROFILO IN SITO	14
3.5 - RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE Vs30	18

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
	RIMINI	SISTEMA QUALITA'	PAG. 3 DI 19

1 - PREMESSA

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un'indagine geofisica consistente in un profilo sismico con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) effettuato presso Villa Pupa in località Montelicciano in Comune di Montegrimano, (PU).

La campagna di indagine è stata eseguita in data 08 novembre 2012, su incarico del Dott. Geol. S. Caturani.

Scopo dell'indagine è quello di definire la classificazione sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto ricostruendo, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z) e determinando il parametro V_s30 in accordo con O.P.C.M. 3274 e s.m.i, D.M.14.09.2005 e D.M. 14.01.2008.

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

In Figura 1 si riporta l'ubicazione delle indagini integrate eseguite.



Fig. 1 – Foto aerea da Google Earth con ubicazione dell' indagine geofisice eseguita.

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



2 – INDAGINE MASW

2.1 – DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA MASW

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Fig. 2 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03. Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3).

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

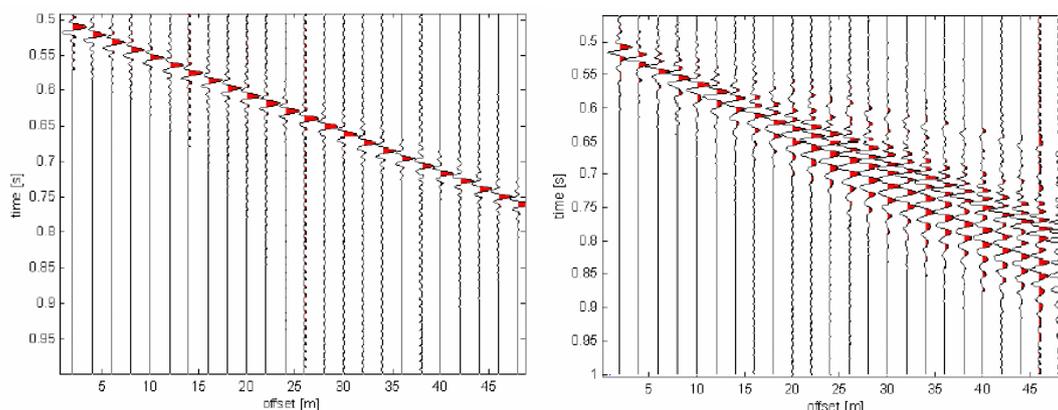


Fig. 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione (Fig. 4).

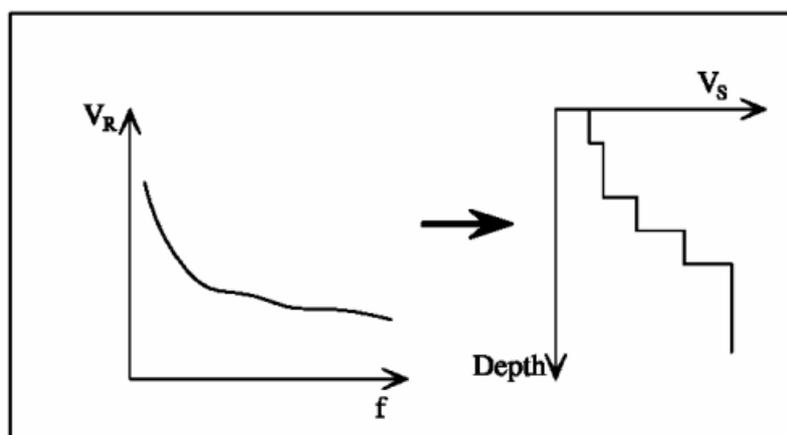


Fig. 4 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative più onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione della $V_s < 20\%$.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica			MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
		SISTEMA QUALITA'			PAG. 6 DI 19

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

2.2 – PROSPEZIONI SISMICHE MASW

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

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

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980), detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J., 1999). Il metodo utilizzato nell'indagine è quello attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente e sono misurate da uno stendimento lineare di geofoni). Tal e metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni nei primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

La metodologia MASW non è influenzata dai fenomeni di inversione di velocità (strati soffici compresi tra strati più rigidi) o presenza di falde acquifere superficiali consentendo di individuare il profilo di velocità V_s anche in presenza di contrasti di rigidità fra gli strati del suolo.

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente.

In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipende dalla distribuzione

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche con il metodo SWM è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con i singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali può essere suddiviso nelle tre fasi di:

- 1) Acquisizione
- 2) Processing
- 3) Inversione

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 6), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di geofoni, energizzando ai due estremi dello stendimento. (Fig. 5);

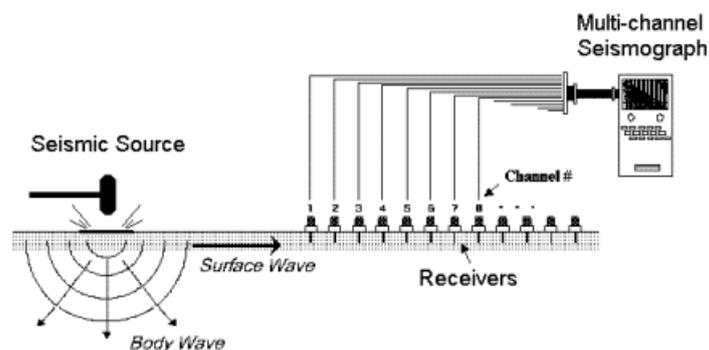


Fig. 5 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

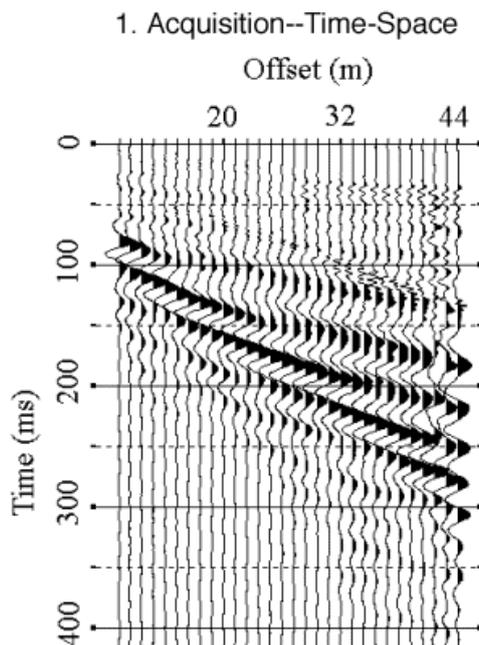


Fig. 6 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 7);

2. Dispersion Curve Extraction--Frequency-Phase Velocity

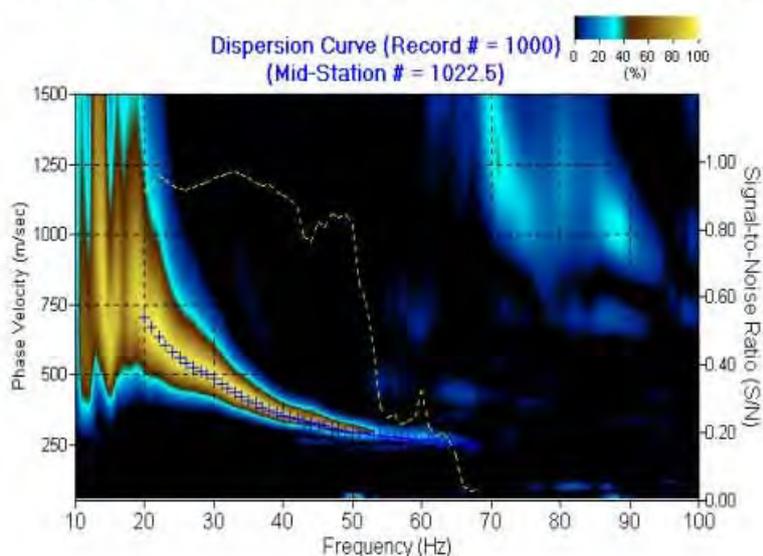


Fig. 7 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

I dati acquisiti vengono cioè sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

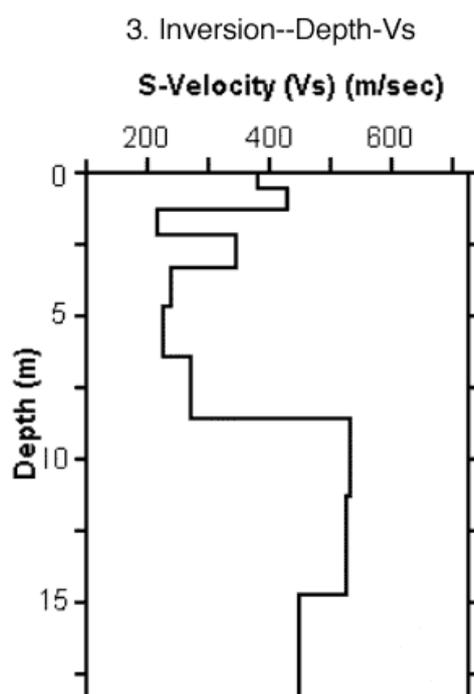
I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_r , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_r, f) in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione.

In sintesi dal calcolo della curva di dispersione sperimentale si passa al calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001) ed al calcolo della dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998).

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (Fig. 8) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:	
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni	
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO	<i>Indagine geofisica</i>		MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
	RIMINI	SISTEMA QUALITA'		PAG. 10 DI 19

Fig. 8 – Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

La fase di inversione –deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello.

Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Lo scopo è quello di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_s trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativa tra le due curve.

2.3 – STRUMENTAZIONE, MODALITA' DI ACQUISIZIONE

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments a 16 bit (registratore DOREMI), 24 geofoni a frequenza di 4.5 Hz ed un pc. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello metallico.

L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo una stendimento lineare di 48 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2.0 m.

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate 4 energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 2 e 3.0 m dal primo e dall'ultimo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 4 impulsi sismici (shots).

I dati sono stati elaborati tramite il software MASW (V. Roma, 2007). L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fittine" con i valori sperimentali.

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



3 – ELABORAZIONE DATI

3.1 – DATI SPERIMENTALI

Nome del file delle tracce
Numero di ricevitori.....24
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

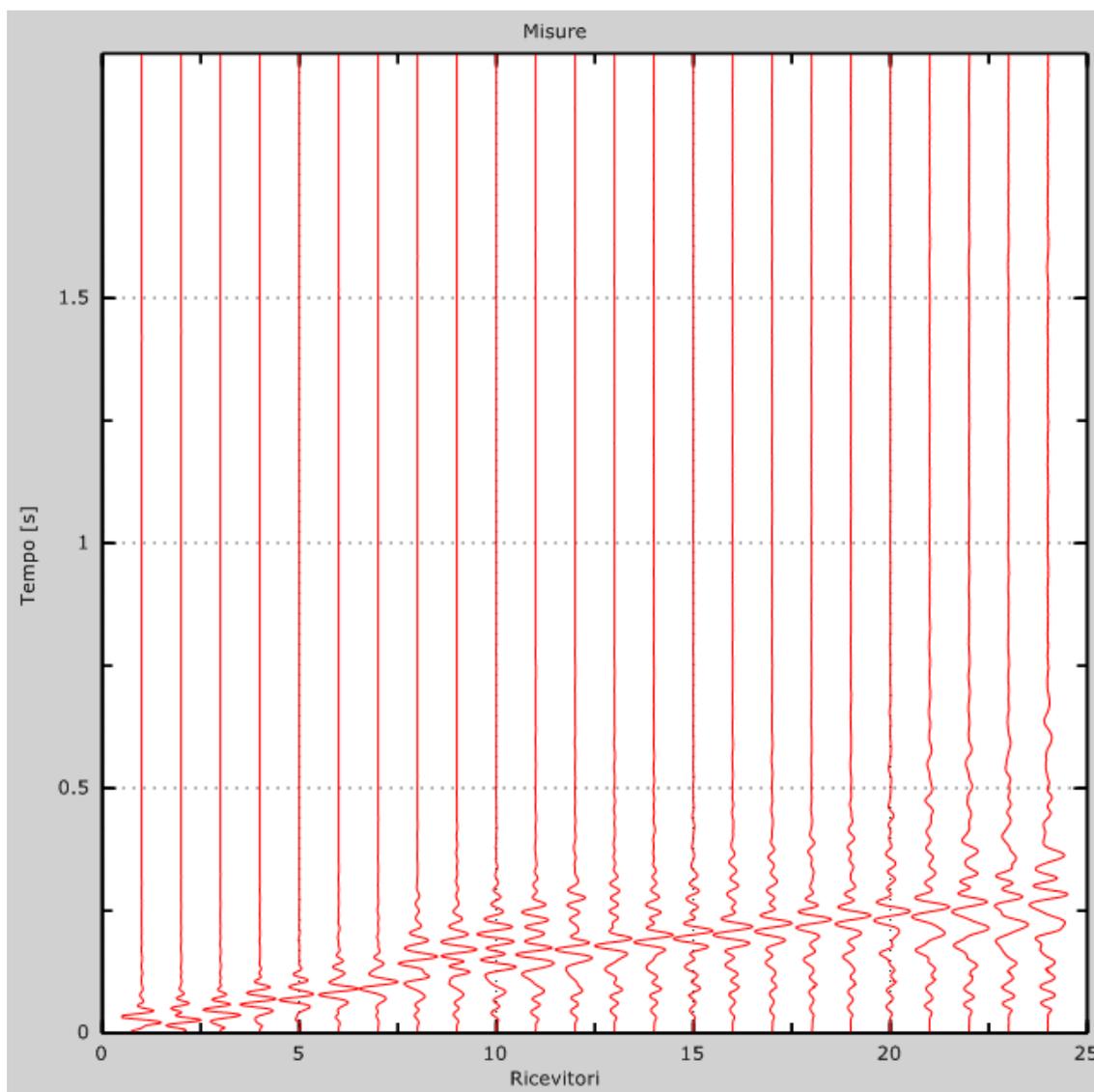


Figura 9: Tracce sperimentali

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



3.2 – RISULTATI DELLE ANALISI

Frequenza finale..... 70Hz

Frequenza iniziale 2Hz

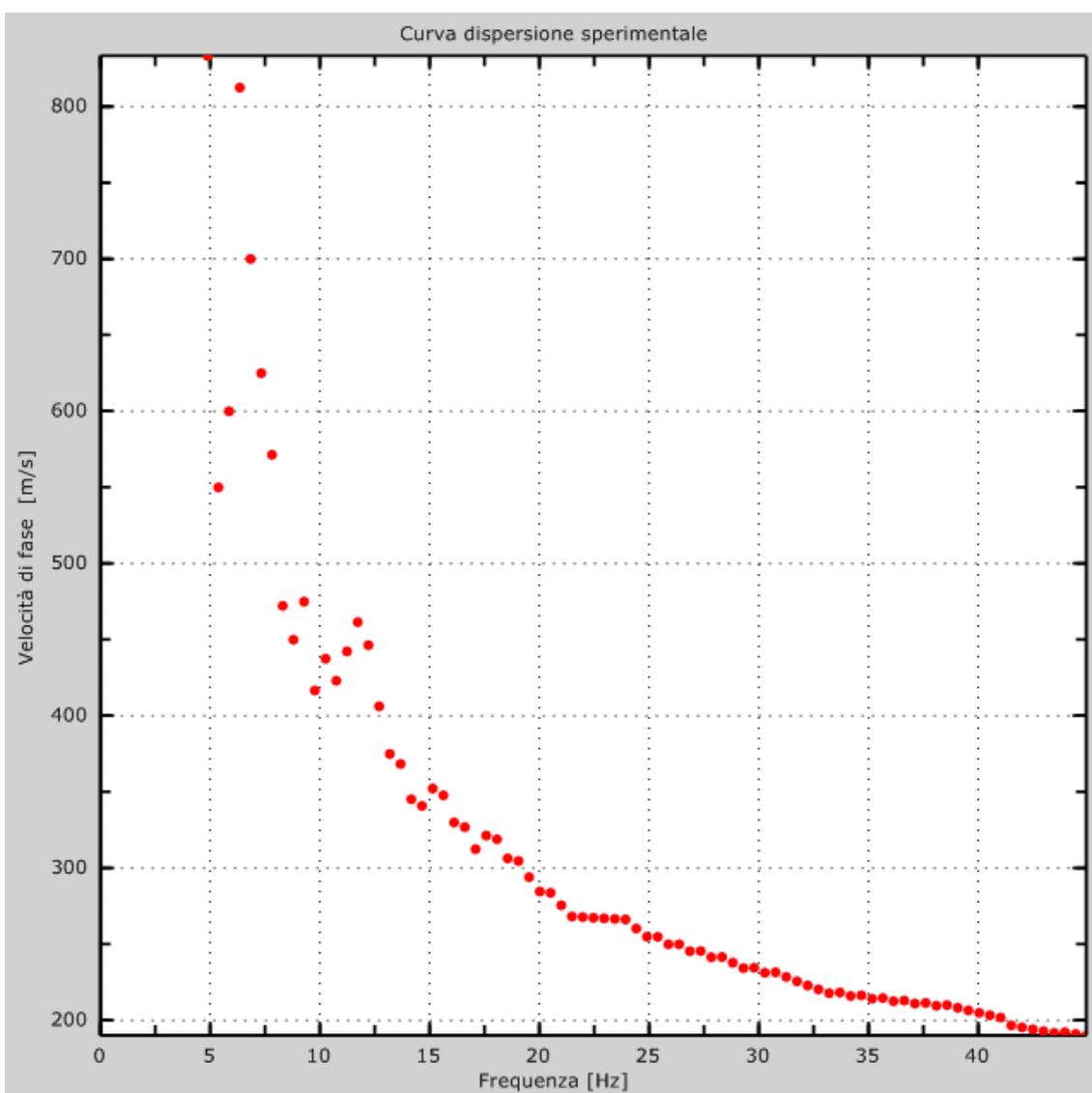


Figura 10: Curva dispersione sperimentale

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



3.3 – CURVA DI DISPERSIONE

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
8.98957	467.526	449.254	485.798
11.2024	435.965	427.66	444.271
12.941	399.422	384.472	414.371
14.0474	366.2	349.589	382.811
15.628	341.284	321.351	361.217
17.5246	321.351	308.062	334.639
19.7374	294.774	291.451	298.096
22.7405	273.179	266.535	279.824
26.2177	254.908	249.924	259.891
28.9047	243.28	234.975	251.585
31.5917	231.652	223.347	239.958
33.9625	221.686	218.364	225.008
36.1753	218.364	215.042	221.686
38.2301	211.72	208.397	215.042
40.917	205.075	196.77	213.381
42.8137	195.109	183.481	206.736

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

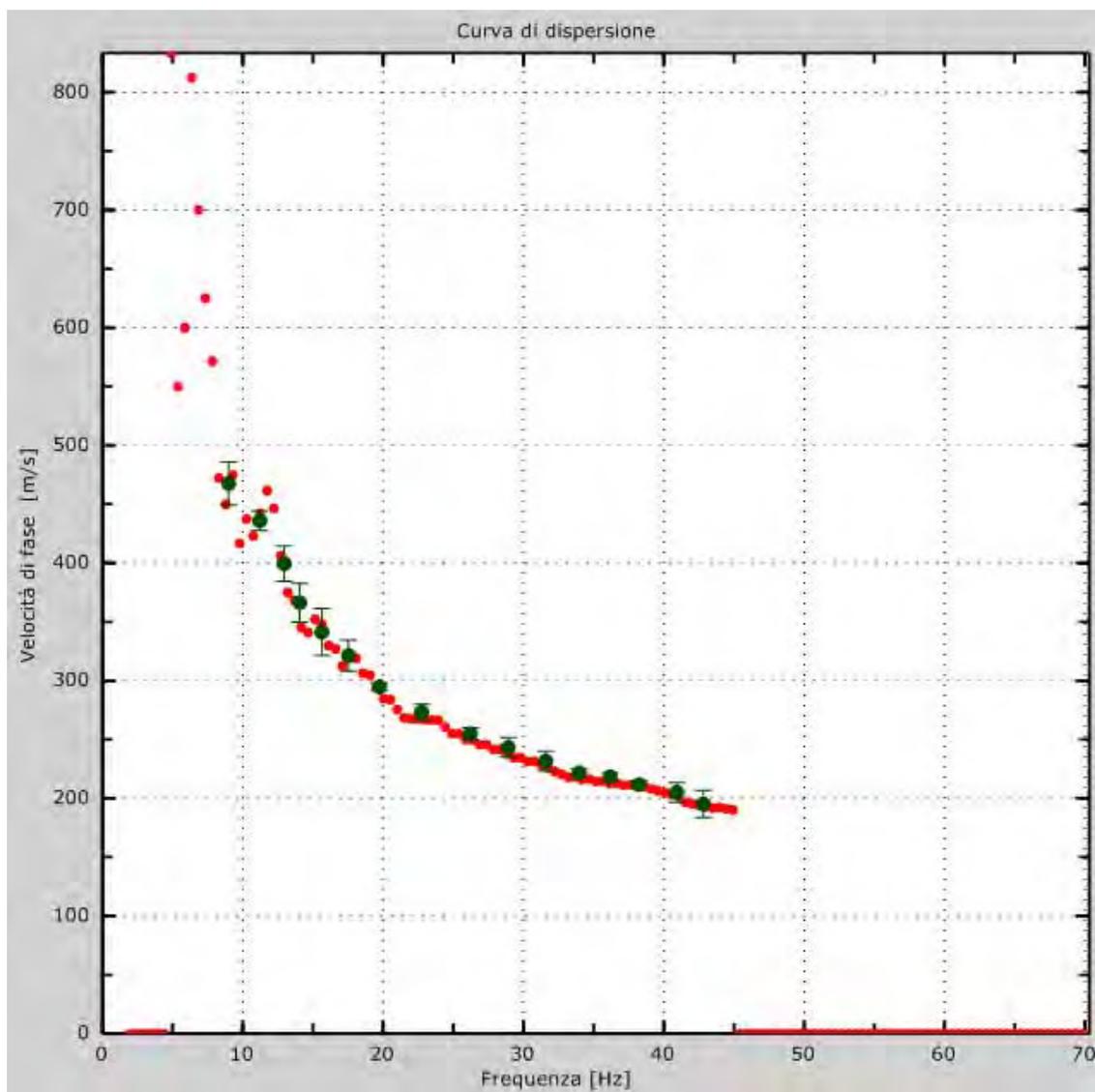


Figura 11: Curva di dispersione

3.4 – PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio)	3
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1
Numero iterazioni	4
Massimo errore [%]	2.000000e-001
Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



h [m].....	9
z [m].....	-9
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.2
Vs [m/s].....	216.79
Vp [m/s]	423.79
Vs min [m/s].....	108.39
Vs max [m/s].....	433.58
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	259.515

Strato 2

h [m].....	50
z [m].....	-59
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.2
Vs [m/s].....	270.31
Vp [m/s]	882.83
Vs min [m/s].....	135.16
Vs max [m/s].....	540.62
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	540.620

Strato 3

h [m].....	0
z [m].....	-00
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.2
Vs [m/s].....	519.47
Vp [m/s]	1696.60
Vs min [m/s].....	259.74
Vs max [m/s].....	1038.95
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] 1038.950	

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Elaborato	Controllato	Approvato

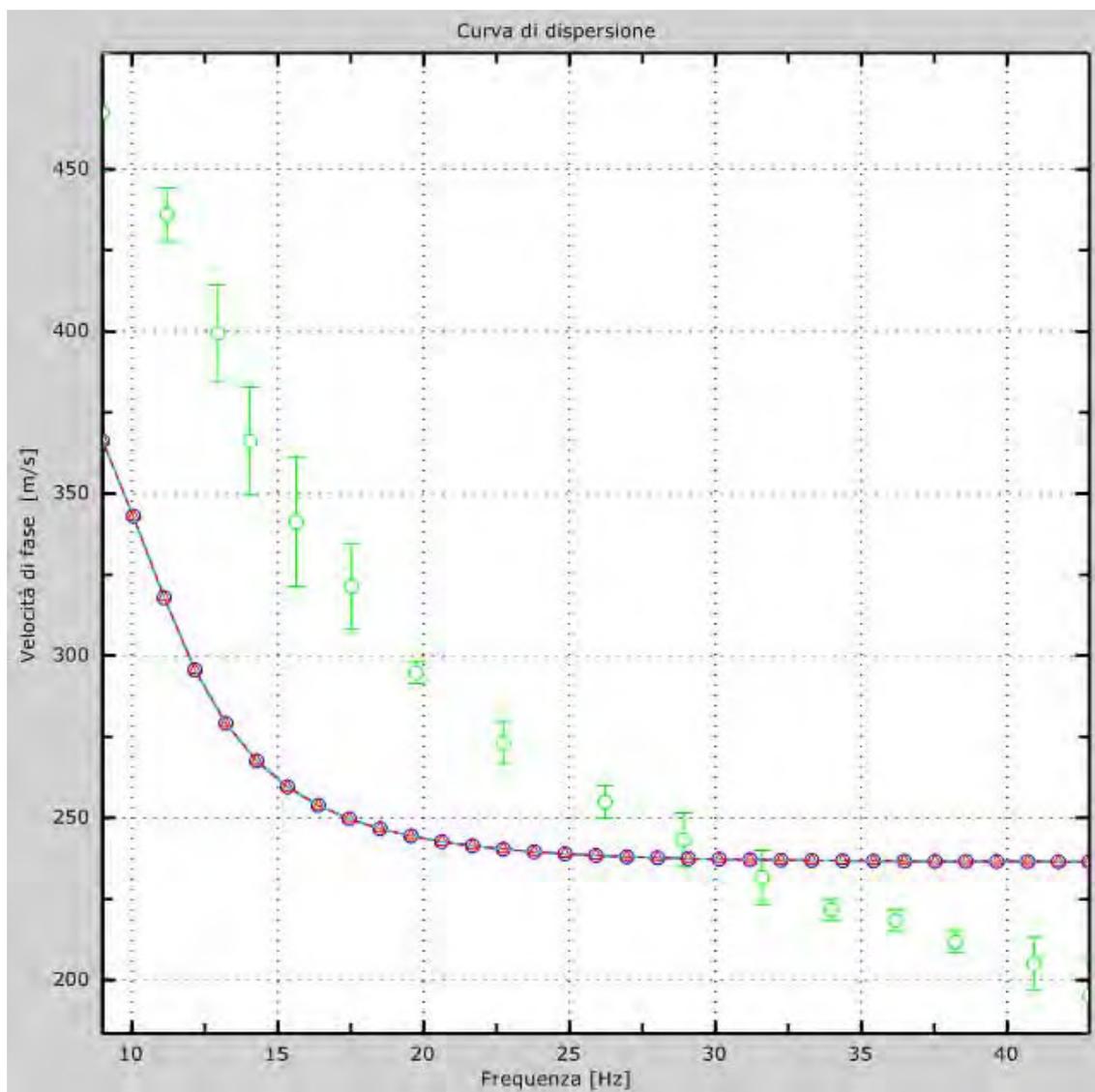


Figura 12: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:	
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni	
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

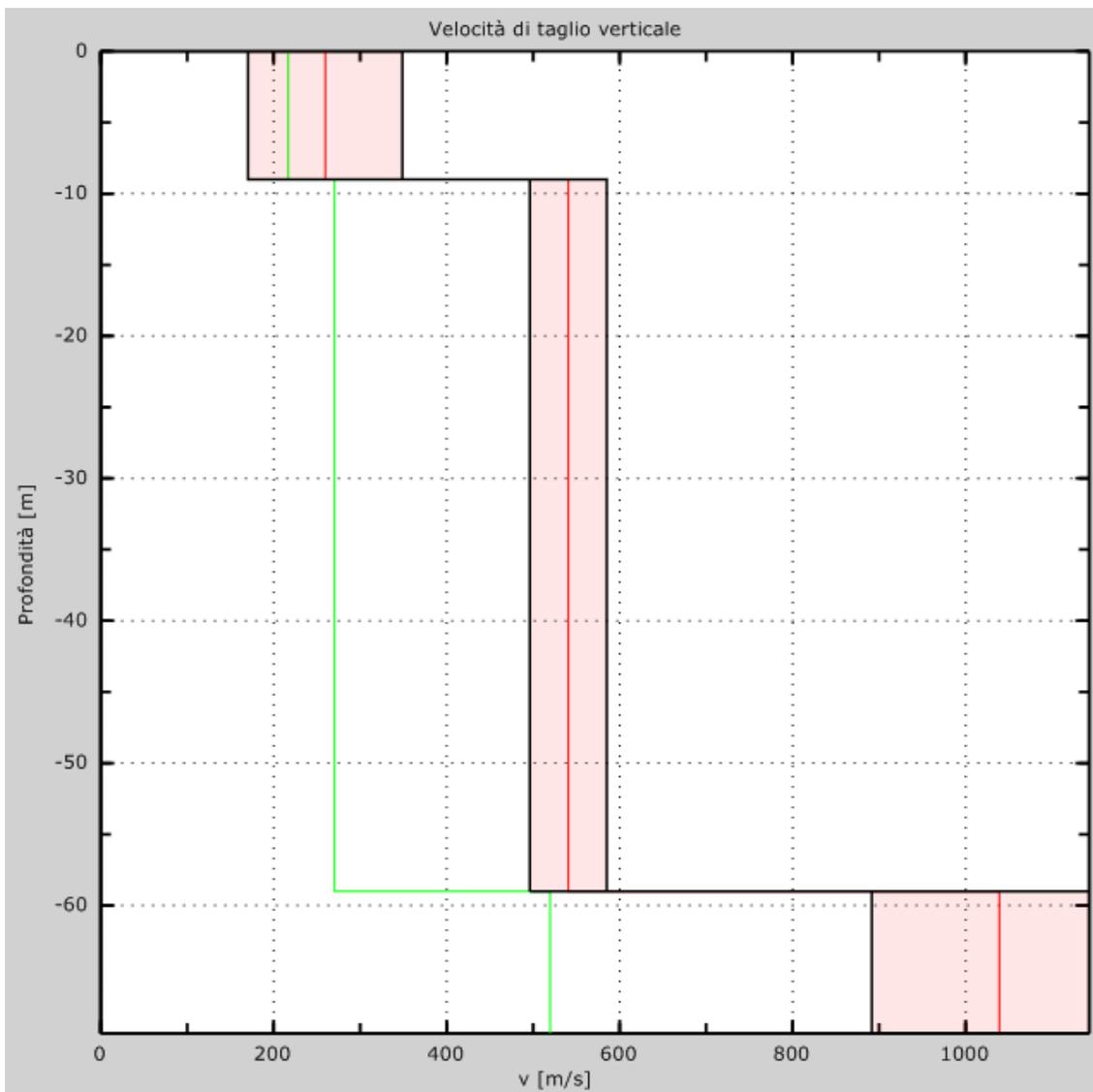


Figura 13: Velocità

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 48 m):

Modello 1			
Strato	Spessore(m)	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	9.0	9.0	259
2	50.0	59.0	540
3	∞	∞	1038

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	

	GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10
		SISTEMA QUALITA'	PAG. 18 DI 19

3.5 – RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE Vs30

Offset [m].....0

Vs30 [m/s].....408

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 2.

Tipo di suolo B.

Dall'analisi delle indagini geognostiche e dalle indagini geofisiche realizzate risulta che il sottosuolo si presenta fondamentalmente a cinque strati di cui il quinto rappresenta l'unità geotecnica rigida.

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale):

Vs30 = 408 m/s

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo B** (si veda la tabella seguente).

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	



Appendice

Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: 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 Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

Tipo S1: Depositati costituiti da, o contenenti uno strato di almeno 10m di spessore, argille/limi soffici con un alto indice di plasticità (PI > 40) e contenuto d'acqua

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

Rif.: G12-175	File:G12-175-22mariani.doc	Cod. doc.: 22/12	N. pag.: 19	Allegati:
00	09/09/12	G. Venturini	G. Venturini	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato
			Approvato	