

REGIONE MARCHE



Elaborato: n.3/3

TABULAZIONE INDAGINI E VERIFICHE

cod. elaborato FLS-SSV-TIV

TITOLO:

Opere per la connessione alla rtn progetto per la realizzazione di una stazione di smistamento a 132kv da inserire in entra-esce sulla linea Valcimarra-Camerino per la connessione dell'impianto eolico "Energia Monte San Pacifico" (P=36 MW)

CARATTERIZZAZIONE DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE DI UN TERRENO SITO NEL COMUNE DI CAMERINO, INDIVIDUATO PER IL POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE DI CONNESSIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI SAN SEVERINO MARCHE

COMMITTENTE:

	Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l.
C.F.	_
P.I.	_
Via	Viale Castro Pretorio 122
Città/Prov.	Roma Roma

PROGETTO:

Via	Loc. Arcofiato
Città/Prov.	Camerino Roma
Foglio	63
Particella	30-49-50-51-52-53



Studio Geologico Dott. Geol. Massimo Gubinelli
 Via C. Levi, 9 62022 Castelraimondo MC
 Tel. uff. 0737 642526 Cell. 338 7013274
 e-mail poderosa@libero.it

I GEOLOGI:

Dr. Massimo Gubinelli	Dr. Fabio Lunerti
Castelraimondo 24/01/2024	

Elaborati associati al presente fascicolo

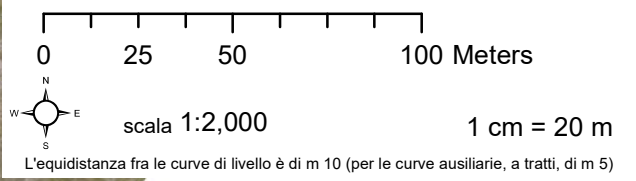
- Relazione geologica
- Risposta sismica locale
- Tavole tabulazione indagini

Pratica n. 21_22
 Rev. 1



CARTA UBICAZIONE INDAGINI

- AREE SCELTE
- STAZIONE SMISTAMENTO
 - STAZIONE UTENTE-SISTEMA ACCUMULO
- Perimetro area studiato



Legenda:

- CPT Penetrometrica statica
- S Sondaggio a carotaggio continuo
- SCA Scavo trincea
- MW Sismica Array MASW
- Sezioni Geologiche

Dr. Geol. Massimo Gubinelli
 - V. Levi, 9 - 62022 Castelraimondo MC -
 gubinelli.massimo@gmail.com
 tel. 0737 642526

ALLEGATI GRAFICI

- | | | |
|---|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> A1 Tavola inquadramento 1:25.000 | <input type="checkbox"/> A6 verifica PAI e dissesti 1:5.000 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> A2 Tavola inquadramento 1:10.000 | <input type="checkbox"/> A7 Tavola bacini idrografici 1:5.000 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> A3 Tavola stralcio catastale 1:2.000 | <input type="checkbox"/> A8 Confronto ortofoto 1:2000 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> A4 Tavola carta geologica 1:5.000 | <input type="checkbox"/> A9 Sezione geologica 1:10.000 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> A5 Tavola carta geomorfologica 1:2.000 | <input type="checkbox"/> A10 Indagini 1:2000 | <input checked="" type="checkbox"/> |

NORTH

Data:
24 gennaio 2024

Committente: Fred Olsen Renewables S.r.l.

Località: Arcofiato di Camerino

TITOLO PROGETTO:
 CARATTERIZZAZIONE DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE DI UN TERRENO SITO
 NEL COMUNE DI CAMERINO, INDIVIDUATO PER IL POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE
 DI CONNESSIONE DEGLI IMPIANTI EOLICI DI SAN SEVERINO

ALLEGATO

A10

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L
Cantiere: OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132 kV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCARMARA-CAMERINO"
Comune/via: Camerino MC Loc. Arcofiato
Data: 20/02/2022

DITTA ESECUTRICE
 Geco srl
 vi Osoppo 38
 60015 Falconara Marittima AN

SONDAGG N. 1

QUOTA 476
FONDO FORO -8.5m
LAT 43.129940°
LONG 13.084243°

GEOLOGO IN CANTIERE Dr. Massimo Gubinelli

Sondaggio a carotaggio continuo
 Macchina tipo trivelsonda
 Senza circolazione di fluidi
 Campionatore H= cm D=15cm

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATI	LITOLOGIA	CAMPIONE	RQD	% CAROTAGGIO	S.P.T.		PENETROM. TASCABILE Kg/cmq	CANNA PIEZOMETRICA	LITOLOGIA
						PROF.	N° COLPI X 15 cm.			
0.5						0.5		1.5		DEPOSITO VEGETALE/E LUVIO COLLUVIALE
1.0	2.2					0.7		1.5		
1.5						1.2		1.5		ML
2.0						1.5		2.5		
2.2						1.8		2.0		
2.5						2.0		2.5		
3.0						2.2		2.5		
3.5						2.5		F.S.		
4.0	3.6					3.0		F.S.		
4.5										SUBSTRATO ALTERATO PELITICO ARENACEO
5.0										SFALS
5.5										
5.8										
6.0										
6.5										
7.0										
7.5										
8.0										
8.5										
9.0										
9.5										
10.0										

Carote sondaggio S1 Cantiere perforazione



Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L
Cantiere: OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132 kV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCIMARRA-CAMERINO" E "VALCIMARRA-CAPPUCCINI"
Comune/via: Camerino MC Loc. Arcofiato
Data: 21/02/2022

DITTA ESECUTRICE
 Geco srl
 vi Osoppo 38
 60015 Falconara Marittima AN

SONDAGG N. 2

QUOTA 494
FONDO FORO -11.0m
LAT 43.129324°
LONG 13.085892°

GEOLOGO IN CANTIERE Dr. Massimo Gubinelli

Sondaggio a carotaggio continuo
 Macchina tipo trivelsonda
 Senza circolazione di fluidi
 Campionatore H=_cm D=15cm

PROF. DAL P.C.	SPESORE STRATI	LITOLOGIA	CAMPIONE	RQD	% CAROTAGGIO	S.P.T.		PENETROM. TASCABILE Kg/cmq	CANNA PIEZOMETRICA	LITOLOGIA
						PROF.	N° COLPI X 15 cm.			
0,5						0,4		0,5		
1,0	2,2					0,8		1,5		
1,5						1,6		2,5		
2,0						1,8		1,5		
2,2						1,9		2,0		
2,5						2,55	12			
3,0						2,1	4	3,0		
3,5						2,3	12	2,5		
4,0	9,5					2,4		2,5		
4,5						3,0		3,0		
5,0						3,2		2,5		
5,5						3,4		2,0		
6,0						3,6		2,5		
6,5						3,8		2,0		
7,0						3,9		2,0		
7,5						4,1		3,5		
8,0						4,3		3,0		
8,5						4,5		2,5		
9,0						4,8		3,0		
9,5						5,7		4,5		
10,0						6,1		3,5		
						6,4		2,5		
						6,9		3,5		
						7,1		3,5		
						7,7		3,5		
						8,3		2,5		
						8,4		2,5		
						9,1		3,1		
						9,2		3,5		
						9,6		FS.		
						9,8		FS.		

1.0 - LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E A TRATTI FRUSTOLI CARBONIOSI. DI COLORE MARRONE CON SCREZIATURE GRIGIE. ASCIUTTO, PLASTICO.

TRA 8.7 E 9.0 LIVELLO CON ABBONDANTE FRUSTOLI CARBONIOSI NERASTRI

AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETRAME. IL CAMBIO LITOLOGICO E' NETTO.

PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO

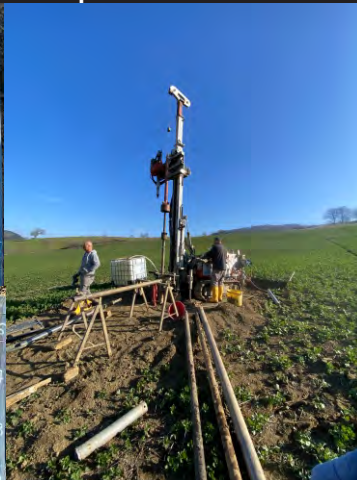
DEPOSITO VEGETALE/E LUVIO COLLUVIALE

ML

SUBSTRATO INTEGRO

ALS

Carote sondaggio S2 Cantiere perforazione



STUDIO DI GEOLOGIA

GEOAMBIENTE

Dr. Geol. Massimo Gubinelli

- V. Levi, 9 - 62022 Castelraimondo MC - P.IVA 01395680430C.F.: GBNMSM71504F0515

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L
Cantiere: OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132 KV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCIMARRA-CAMERINO" E "VALCIMARRA-CAPPUCCINI"
Comune/via: Camerino MC Loc. Arcofiato
Data: 22/02/2022

DITTA ESECUTRICE
 Geco srl
 vi Osoppo 38
 60015 Falconara Marittima AN

SONDAGG N. 3

QUOTA 477
FONDO FORO 5m
LAT 43.128029°
LONG 13.083248°

GEOLOGO IN CANTIERE Dr. Massimo Gubinelli

Sondaggio a carotaggio continuo
 Macchina tipo trivelsonda
 Senza circolazione di fluidi
 Campionatore H= cm D=15cm

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATI	LITOLOGIA	CAMPIONE	RQD	% CAROTTAGGIO	S.P.T.		PENETROM. TASCABILE Kg/cmq	CANNA PIEZOMETRICA	LITOLOGIA
						PROF.	N° COLPI X 15 cm.			
0.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
1.0	3.1									SUBSTRATO ALTERATO SFALS
1.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
2.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
2.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
3.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
3.1										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
3.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
4.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
4.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
5.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
5.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
6.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
6.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
7.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
7.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
8.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
8.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
9.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
9.5										SUBSTRATO ALTERATO SFALS
10.0										SUBSTRATO ALTERATO SFALS

INIZIO PERFORAZIONE DA -1.0 m DAL P.C. PER SBANCAMENTO PIAZZOLA POSIZIONAMENTO MACCHINA. GLI SPESSORI FANNO RIFERIMENTO AL PIANO SCAVATO
 ARENARIE STRATIFICATE, DI COLORE AVANA, ALTERNATE A LIVELLI PELITICI GRIGI. MOLTO CONSISTENTE MA ALTERATO E DECOMPRESSE MOLTO FRATTURATO. ASCIUTTO, PRESENZA DI CALCINELLI. AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETREME ARENACEO IL PASSAGGIO ALLA LITOLOGIA SUCCESSIVA E' NETTO

PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO

Carote sondaggio S3 Cantiere perforazione



13.5
 14.0
 14.5
 15.0
 15.5
 16.0

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L
Cantiere: OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132 KV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCIMARRA-CAMERINO" E "VALCIMARRA-CAPPUCCINI"
Comune/via: Camerino MC Loc. Arcofiato
Data: 22/02/2022

DITTA ESECUTRICE
 Geco srl
 vi Osoppo 38
 60015 Falconara Marittima AN

SONDAGG N. 4

QUOTA 455
FONDO FORO 5m
LAT 43.129640°
LONG 13.081724°

GEOLOGO IN CANTIERE Dr. Massimo Gubinelli

Sondaggio a carotaggio continuo
 Macchina tipo trivelsonda
 Senza circolazione di fluidi
 Campionatore H= cm D=15cm

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATI	LITOLOGIA	CAMPIONE	RQD	% CAROTTAGGIO	S.P.T.		PENETROM. TASCABILE Kg/cmq	CANNA PIEZOMETRICA	LITOLOGIA
						PROF.	N° COLPI X 15 cm.			
0.5		LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E A TRATTI FRUSTOLI CARBONIOSI. DI COLORE MARRONE CON SCREZIATURE GRIGIE. ASCIUTTO, PLASTICO.				0.5		1.0		DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML
1.0						0.7		1.5		
1.5						1.2		2.0		
2.0	3.6			S4-C2		1.55	2	2.5		
2.5			AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETRAMO ARENACEO			2.1	6	2.0		
3.0						2.3	8			
3.5			IL PASSAGGIO ALLA LITOLOGIA SUCCESSIVA E' NETTO			2.7		2.0		
3.6						2.8		2.5		
4.0						3.1		3.0		
4.5						3.4		3.0		
5.0		PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO				3.5		2.0		SUBSTRATO INTEGRO ALS
5.5						3.5		F.S.		
6.0						3.7		F.S.		
6.5										
7.0										
7.5										
8.0										
8.5										
9.0										
9.5										
10.0										

Carote sondaggio S3 Cantiere perforazione



13.5
14.0
14.5
15.0
15.5
16.0

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L.
Cantiere: OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132 KV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCIMARRA-CAMERINO" E "VALCIMARRA-CAPPUCCINI"
Comune/via: Camerino MC Loc. Arcofiato
Data: 22/02/2022

DITTA ESECUTRICE

Bitima di Zeppa Maurizio SNC
 via Farnese 61
 62032 Camerino MC

SCAVO N. 1

QUOTA 470
FONDO FORO 5m
LAT 43.129151°
LONG 13.084932°

GEOLOGO IN CANTIERE Dr. Massimo Gubinelli

Escavatore con braccio meccanico

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATI	LITOLOGIA	CAMPIONE	RQD	% CAROTAGGIO	S.P.T.		PENETROM. TASCABILE Kg/cm ²	CANNA PIEZOMETRICA	LITOLOGIA
						PROF.	N° COLPI X 15 cm.			
0.5	3.0	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E A TRATTI FRUSTOLI CARBONIOSI. DI COLORE MARRONE CON SCREZIATURE GRIGIE. ASCIUTTO, PLASTICO. AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETrame ARENACEO								DEPOSITO VEGETALE / E LUVIO COLLUVIALE ML
1.0										
1.5										
2.0	1.0	PELITI ALTERNATE AD ARENARIE STRATIFICATE, DI COLORE GRIGIO-AVANA. MOLTO CONSISTENTE MA ALTERATO E DECOMPRESSE MOLTO FRATTURATO. ASCIUTTO, PRESENZA DI CALCINELLI.								SUBSTRATO ALTERATO SFALS
2.5										
3.0										
3.5		PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO								SUBSTRATO INTEGRO ALS
4.0										
4.5										
5.0										
5.5										
6.0										
6.5										
7.0										
7.5										
8.0										
8.5										
9.0										
9.5										
10.0										

Cantiere scavo 1



Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L
Cantiere: OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132 kV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCIMARRA-CAMERINO" E "VALCIMARRA-CAPPUCCINI"
Comune/via: Camerino MC Loc. Arcofiato
Data: 22/02/2022

DITTA ESECUTRICE
 Bitima di Zeppa Maurizio SNC
 via Farnese 61
 62032 Camerino MC

SCAVO N. 2

QUOTA 470
FONDO FORO 5m
LAT 43.128238°
LONG 13.083541°

GEOLOGO IN CANTIERE Dr. Massimo Gubinelli

Escavatore con braccio meccanico

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATI	LITOLOGIA	CAMPIONE	RQD	% CAROTAGGIO	S.P.T.		PENETROM. TASCABILE Kg/cmq	CANNA PIEZOMETRICA	LITOLOGIA
						PROF.	N° COLPI X 15 cm.			
0.5	2.0	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E A TRATTI FRUSTOLI CARBONIOSI. DI COLORE MARRONE CON SCREZIATURE GRIGIE. ASCIUTTO, PLASTICO. AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETrame ARENACEO								DEPOSITO VEGETALE / E LUVIO COLLUVIALE ML
1.0										
1.5										
2.0										
2.5		PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO								SUBSTRATO INTEGRO ALS
3.0										
3.5										
4.0										
4.5										
4.0										
4.5										
6.0										
6.5										
7.0										
7.5										
8.0										
8.5										
9.0										
9.5										
10.0										

Cantiere scavo 2



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES
ITALY S.R.L
Cantiere: ARCOFIATO
Località: CAMERINO MC



Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	
ASTM D3441-86	
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10



CORRELAZIONI USATE

Correlazioni incoerenti Correlazioni coesivi Vs

Densità relativa

- Baldi 1978 - Schmertmann (1976)
- Schmertmann
- Harman (1976)
- Lancellotta (1983)
- Jamiolkowski (1985)
- Larsson (1995)

Angolo d'attrito

VEDERE SINGOLE PROVE

Modulo di Young

- Schmertmann (1970-1978)
- Robertson Campanella (1983)
- ISOPT-1 (1988)

OCR

- Stress-History
- Piacentini Righi (1978)
- Ladd e Foot (1977)
- Larsson (1991) S.G.I.

Modulo Edometrico

- Robertson Campanella da Schmertmann
- Lunne Christoffersen (1983) Robertson Powell (1997)
- Kulhawy-Mayne (1990)
- Mitchell - Gardner (1975)
- Buisman - Sanglerat

Modulo di deformazione a taglio

- Imai Tomauchi
- Rix, Stokoe (1991)

Modulo di reazione Ko

- Kulhawy-Mayne (1990)

Peso unità di volume

- Meyerhof

Correlazioni incoerenti

Correlazioni coesivi

Vs

VEDERE SINGOLE PROVE

OCR

- Stress-History
- P.W.Mayne (1991)
- Piacentini Righi (1978)
- Larsson 1991 S.G.I.
- Jamiolkowski (1979)
- Schmertmann (1978)

Modulo di deformazione a taglio

- Imai, Tomauchi
- Mayne, Rix (1993)

e

Modulo di defomazione non drenato

- Cancelli (1980)
- Ladd (1977)

Modulo Edometrico

- Mitchell Gardner (1975)
- Metodo generale del modulo edometrico
- Buisman
- Buisman Sanglerat

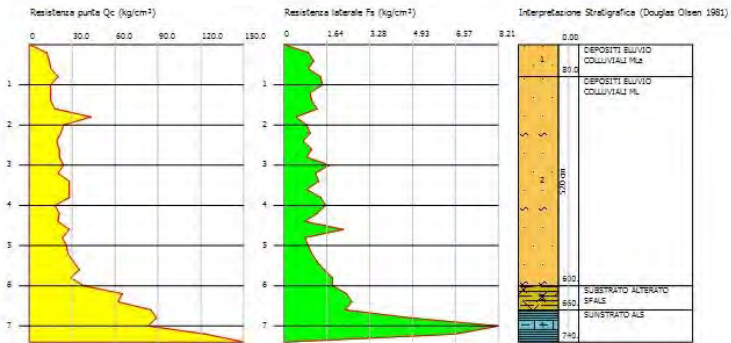
Peso unità di volume

- Meyerhof ed altri

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1 Certificato Nr. 1000 del 00/00/2020
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN) Verbale di accettazione nr. 100 del 00/00/2020
Codice commessa nr. 00000

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L. Data: 07/02/2023
Cantiere: ARCOFIATO
Località: CAMERINO MC

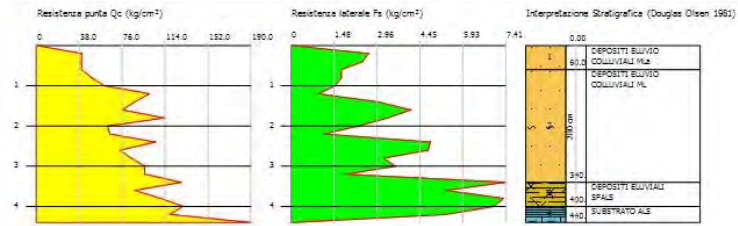
Scala 1:100 - Qc: 1 cm=18.22 kg/cm² - Fs: 1 cm=1.00 kg/cm²



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2 Certificato Nr. 1000 del 00/00/2020
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN) Verbale di accettazione nr. 100 del 00/00/2020
Codice commessa nr. 00000

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L. Data: 08/02/2023
Cantiere: ARCOFIATO
Località: CAMERINO MC

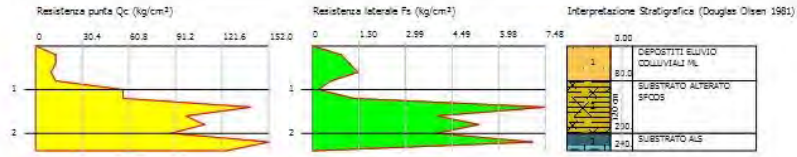
Scala 1:100 - Qc: 1 cm=28.12 kg/cm² - Fs: 1 cm=1.54 kg/cm²



Probe CPT - Cone Penetration Nr.3 Certificato Nr. 1000 del 00/00/2020
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN) Verbale di accettazione nr. 100 del 00/00/2020
 Codice commessa nr. 00000

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L. Data: 08/02/2023
 Cantiere: ARCOFIATO
 Località: CAMERINO MC

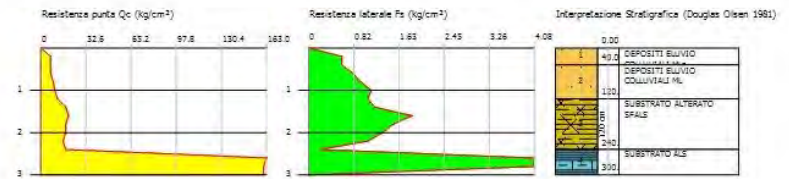
Scala 1:100 - Qc: 1 cm=35.62 kg/cm² - Fs: 1 cm=1.39 kg/cm²



Probe CPT - Cone Penetration Nr.4 Certificato Nr. 1000 del 00/00/2020
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN) Verbale di accettazione nr. 100 del 00/00/2020
 Codice commessa nr. 00000

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES ITALY S.R.L. Data: 22/02/2023
 Cantiere: ARCOFIATO
 Località: CAMERINO MC

Scala 1:100 - Qc: 1 cm=28.50 kg/cm² - Fs: 1 cm=1.40 kg/cm²



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**PROVA1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	0.62
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	1.02
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	3.05
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	4.82

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	76.3
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	61.3
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	176.7
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	278.1

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.1	0.1	0.1	Cancelli 1980	569.6
Strato 2	6.00	24.5	1.215	0.1	0.1	Cancelli 1980	914.2

Strato 3	6.60	70.667	2.444	0.1	0.1	Cancelli 1980	2645.4
Strato 4	7.40	111.25	4.9	0.1	0.1	Cancelli 1980	4167.3

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Modulo di deformazio ne a taglio (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	148.0
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	197.7
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	377.6
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	498.3

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Ocr
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Stress-Hist ory	5.8
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Stress-Hist ory	4.66
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Stress-Hist ory	>9
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Stress-Hist ory	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Meyerhof	1.9
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Meyerhof	2.2
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Meyerhof	2.3

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	---	-----

Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	0.15421	0.02005
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	0.12129	0.01577
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	0.09859	0.01282
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	0.09396	0.01222

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Meyerhof	2.3
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Meyerhof	2.3

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	228.81
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	251.45
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	310.46
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	339.80

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	52.1
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	55.8
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Baldi 1978	85.9

						- Schmertmann 1976	
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	98.8

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Meyerhof 1951	23.85
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Meyerhof 1951	28.0
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Meyerhof 1951	45.0
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Meyerhof 1951	45.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Schmertmann	38.1
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Schmertmann	61.3
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Schmertmann	176.7
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Schmertmann	278.1

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	62.1
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Robertson	62.0

							& Campanella da Schmertma nn	
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1		Robertson & Campanella da Schmertma nn	82.6
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1		Robertson & Campanella da Schmertma nn	83.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	G (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	148.0
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	197.7
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	377.6
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	498.3

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Ocr
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Stress-Hist ory	0.0
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Stress-Hist ory	0.0
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Stress-Hist ory	0.0
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Stress-Hist ory	0.0

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazion	Ko
--	--------------	----	----	----------	----------	-------------	----

	(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	litostatica (kg/cm ²)	litostatica efficace (kg/cm ²)	e	
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	1.10
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.95
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	0.15421	0.02005
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	0.12129	0.01577
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	0.09859	0.01282
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	0.09396	0.01222

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazion	Vs
--	--------------	----	----	----------	----------	-------------	----

	(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	litostatica (kg/cm ²)	litostatica efficace (kg/cm ²)	e	(m/s)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	264.91
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	296.13
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	379.83
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	422.58

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	5.61E-10
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	2.64E-07
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	3.47E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	15.25	1.10	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	4.575E-07
Strato 2	6.00	24.5	1.22	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	4.122627E-05
Strato 3	6.60	70.667	2.44	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	0.05602717
Strato 4	7.40	111.25	4.90	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.158921E-05

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

PROVA 2

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	1.71
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	3.69
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	4.72
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	6.69

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	100.0
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	213.6
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	272.5
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	385.0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.289	0.1	0.1	Cancelli 1980	1497.5
Strato 2	3.40	85.429	3.124	0.1	0.1	Cancelli 1980	3198.6

Strato 3	4.00	109.0	6.556	0.1	0.1	Cancelli 1980	4082.6
Strato 4	4.40	154.0	2.667	0.1	0.1	Cancelli 1980	5770.1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazioni	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	266.7
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	424.0
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	492.1
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	607.8

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazioni	Ocr
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Stress-History	>9
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Stress-History	>9
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Stress-History	>9
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Stress-History	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazioni	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Meyerhof	2.2
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Meyerhof	2.3
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Meyerhof	2.3

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	---	-----

Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	0.11184	0.01454
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	0.09594	0.01247
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	0.09403	0.01222
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	0.09621	0.01251

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Meyerhof	2.2
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Meyerhof	2.3
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Meyerhof	2.3
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Meyerhof	2.4

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	277.21
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	322.40
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	338.42
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	362.51

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	78.6
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	90.3
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Baldi 1978	97.2

						- Schmertmann 1976	
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Meyerhof 1951	34.96
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	De Beer	38.74
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	De Beer	39.9
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	De Beer	41.54

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Schmertmann	100.0
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Schmertmann	213.6
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Schmertmann	272.5
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Schmertmann	385.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	81.0
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Robertson & Campanella da	83.1

						Schmertmann	
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	83.8
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	85.2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	G (kg/cm ²)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	266.7
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	424.0
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	492.1
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	607.8

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Stress-History	0.0
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Stress-History	0.0
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Stress-History	0.0
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Stress-History	0.0

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ko
--	------------------	--------------------------	--------------------------	--	---	--------------	----

Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	0.11184	0.01454
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	0.09594	0.01247
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	0.09403	0.01222
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	0.09621	0.01251

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Meyerhof	2.1

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.15

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
--	------------------	--------------------------	--------------------------	--	---	--------------	-------------------------------------

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	332.28
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	397.15
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	420.55
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	456.13

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	4.88E-08
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	9.43E-04

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.60	40.0	2.29	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.2E-06
Strato 2	3.40	85.429	3.12	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	0.01251253
Strato 3	4.00	109.0	6.56	0.1	0.1	Piacentini-	3.27E-06

						Righi 1988	
Strato 4	4.40	154.0	2.67	0.1	0.1	Piacentini- Righi 1988	0

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

PROVA 3

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Rolf Larsson SGI 1995	0.49
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Sunda relazione sperimentale	3.55
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Sunda relazione sperimentale	4.21

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	61.3
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Mitchell & Gardner (1975)	229.2
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Mitchell & Gardner (1975)	345.0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Cancelli 1980	456.5
Strato 2	2.00	91.667	3.722	0.3	0.3	Cancelli 1980	3426.8
Strato 3	2.40	138.0	3.533	0.5	0.5	Cancelli 1980	5157.6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	129.4
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	442.7
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	568.4

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Stress-History	3.77
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Stress-History	7.5
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Stress-History	6.93

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Meyerhof	1.9
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Meyerhof	2.2
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Meyerhof	2.3

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	0.17557	0.02282
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	0.0952	0.01238
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	0.09453	0.01229

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Meyerhof	2.3

Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Meyerhof	2.4
----------	------	-------	------	-----	-----	----------	-----

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	219.05
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Jamiolkowski et al 1985	326.95
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Jamiolkowski et al 1985	354.68

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	42.9
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	81.3
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	86.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Meyerhof 1951	22.5
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	De Beer	35.39
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	De Beer	35.02

Modulo di Young

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Modulo di
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	-----------

	(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	litostatica (kg/cm ²)	litostatica efficace (kg/cm ²)	e	Young (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Schmertmann	30.6
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Schmertmann	229.2
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Schmertmann	345.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	51.3
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Robertson & Campanella da Schmertmann	85.1
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Robertson & Campanella da Schmertmann	88.6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	G (kg/cm ²)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	129.4
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	442.7
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	568.4

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Ocr
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	-----

	(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	litostatica (kg/cm ²)	litostatica efficace (kg/cm ²)	e	
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Stress-Hist ory	0.0
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Stress-Hist ory	0.0
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Stress-Hist ory	0.0

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Ko
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.83
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Kulhawy & Mayne (1990)	1.30
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	1.23

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	0.17557	0.02282
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	0.0952	0.01238
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	0.09453	0.01229

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Meyerhof	1.8
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	------------------	--

Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Meyerhof	2.1
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	251.61
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Jamiolkowski et al 1985	403.78
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Jamiolkowski et al 1985	444.52

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Piacentini-Righi 1988	2.10E-09
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.52E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	12.25	1.05	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	3.675E-07
Strato 2	2.00	91.667	3.72	0.3	0.3	Piacentini-Righi 1988	0.0005761598
Strato 3	2.40	138.0	3.53	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	6.300028

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

PROVA 4

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Lunne & Eide	0.4
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Lunne & Eide	0.5
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Lunne & Eide	1.0
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Lunne & Eide	9.2

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Mitchell & Gardner (1975)	56.0
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Mitchell & Gardner (1975)	47.5
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Mitchell & Gardner (1975)	90.0
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Mitchell & Gardner (1975)	404.2

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.6	0.0	0.0	Cancelli 1980	261.1
Strato 2	1.20	9.5	0.983	0.1	0.1	Cancelli 1980	350.7
Strato 3	2.40	18.0	1.2	0.3	0.3	Cancelli 1980	662.2
Strato 4	3.00	161.667	2.711	0.5	0.5	Cancelli 1980	6042.7

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Imai & Tomauchi	91.9
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	110.8
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	163.7
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	626.1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Stress-History	4.47
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Stress-History	1.49
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Stress-History	1.23
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Stress-History	7.13

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Meyerhof	1.8
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Meyerhof	2.0
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Meyerhof	2.3

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Cr _m
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	0.257	0.03341
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	0.207	0.02691
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	0.14089	0.01832
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	0.0975	0.01267

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Meyerhof	1.9
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Meyerhof	1.9
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Meyerhof	2.0
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Meyerhof	2.4

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Jamiolkowski et al 1985	195.97
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Jamiolkowski et al 1985	208.24
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Jamiolkowski et al 1985	236.49
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Jamiolkowski et al 1985	366.03

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	37.4
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	26.1
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	32.5
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Baldi 1978	88.6

							- Schmertmann 1976
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Meyerhof 1951	20.14
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Meyerhof 1951	21.27
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Meyerhof 1951	25.08
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Meyerhof 1951	45.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Schmertmann	17.5
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Schmertmann	23.8
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Schmertmann	45.0
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Schmertmann	404.2

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Robertson & Campanella da Schmertmann	50.0
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Robertson & Campanella da Schmertmann	30.4

						nn	
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Robertson & Campanella da Schmertmann	33.7
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Robertson & Campanella da Schmertmann	90.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	G (kg/cm ²)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Imai & Tomauchi	91.9
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	110.8
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	163.7
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	626.1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Stress-History	0.0
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Stress-History	0.0
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Stress-History	0.0
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Stress-History	0.0

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Kulhawy &	0.93

						Mayne (1990)	
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.45
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Kulhawy & Mayne (1990)	0.40
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	1.25

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	0.257	0.03341
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	0.207	0.02691
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	0.14089	0.01832
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	0.0975	0.01267

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Meyerhof	1.8
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Meyerhof	1.8
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Meyerhof	1.8
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Meyerhof	2.1
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Meyerhof	2.1
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Vs (m/s)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Jamiolkows	220.61

						ki et al 1985	
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Jamiolkows ki et al 1985	237.02
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Jamiolkows ki et al 1985	275.43
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Jamiolkows ki et al 1985	461.37

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	K (cm/s)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Piacentini- Righi 1988	1.19E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazion e	Coefficient e di consolidazi one (cm ² /s)
Strato 1	0.40	7.0	0.60	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	2.1E-07
Strato 2	1.20	9.5	0.98	0.1	0.1	Piacentini- Righi 1988	2.85E-07
Strato 3	2.40	18.0	1.20	0.3	0.3	Piacentini- Righi 1988	5.4E-07
Strato 4	3.00	161.667	2.71	0.5	0.5	Piacentini- Righi 1988	0

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT

Committente: FRED. OLSEN RENEWABLES
ITALY S.R.L
Descrizione: REALIZZAZIONE CENTRALE
PER PARCO EOLICO
Localita': CAMERINO MC - ARCOFIATO

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.76 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

PROVA ...SPT1-S2

Strumento utilizzato...PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 24/02/2023

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
2.70	12
2.85	4
3.00	10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1-S2**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Terzaghi-Peck	0.95

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Robertson (1983)	28.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	144.58

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Apollonia	140.00

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Meyerhof	2.05

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Meyerhof	2.25

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-3.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	116.78

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Meyerhof 1957	68.39

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	N1,60=17.85	Wolff (1989) N160	32.29

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Bowles (1982) Sabbia Media	145.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	56.22

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL	14.00	0.00-3.00	14.00	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO

I ML					
------	--	--	--	--	--

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Terzaghi-Peck 1948	1.53

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	776.74

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO	14.00	0.00-3.00	14.00	Ohta & Goto (1978) Limi	116.78

COLLUVIAL I ML					
-------------------	--	--	--	--	--

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Navfac 1971-1982	2.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIAL I ML	14.00	0.00-3.00	14.00	Robertson 1983	28.00

PROVA ...SPT1-S4

Strumento utilizzato...PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 24/02/2023

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
1.70	2
1.85	6
2.00	8

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1-S4**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	Terzaghi-Peck	0.95

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	Robertson (1983)	28.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	144.58

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI	14.00	0.00-2.00	Apollonia	140.00

ELUVIO COLLUVIALI ML				
-------------------------	--	--	--	--

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	Meyerhof	2.05

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	Meyerhof	2.25

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	107.99

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI	14.00	0.00-2.00	14.00	Meyerhof 1957	74.58

ML					
----	--	--	--	--	--

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	N1,60=21.86	Wolff (1989) N160	33.4

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Bowles (1982) Sabbia Media	145.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	56.22

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO	14.00	0.00-2.00	14.00	Terzaghi-Peck 1948	1.53

COLLUVIALI ML					
------------------	--	--	--	--	--

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	776.74

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Ohta & Goto (1978) Limi	107.99

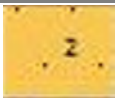


Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO	14.00	0.00-2.00	14.00	Navfac 1971-1982	2.93

COLLUVIALI ML					
------------------	--	--	--	--	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ML	14.00	0.00-2.00	14.00	Robertson 1983	28.00

	Spessore	Peso di volume γ g/cm ³	Coesione non drenata Cu Kg/cm ²	Coesione drenata c' Kg/cm ²	Angolo d'attrito Φ °	Modulo Edometrico Ed Kg/cm ²	Coeff. Spinta Riposo K ₀	Modulo Young E _y Kg/cm ²	Coeff di Poisson μ
DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI Tipo ML		1.8	0.95		32-33	56		140-145	0.4
Substrato alterato SFALS									
Substrato ALS									

MASW₁

EOLICO1-5, EOLICO1- 5

Inizio registrazione: 20/02/2023 17:28:06

Fine registrazione: 20/02/2023 17:29:04

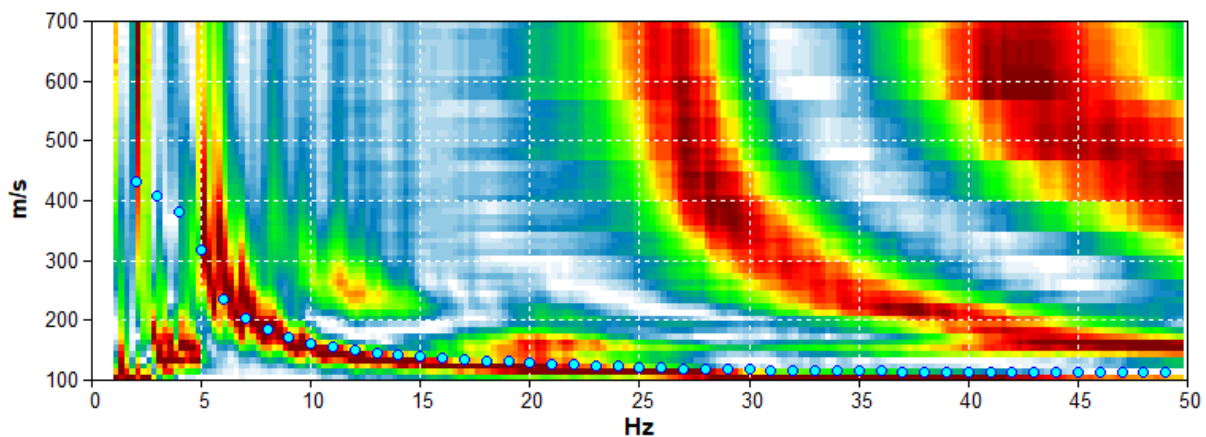
Durata registrazione: 0h00'01".

Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 TR01 ; TR02 TR02 ; TR03 TR03 ; TR04 TR04 ; TR05 TR05 ; TR06 TR06 ;
 TR07 TR07 ; TR08 TR08 ; TR09 TR09 ; TR10 TR10 ; TR11 TR11 ; TR12 TR12 ; TR13 TR13 ;
 TR14 TR14 ; TR15 TR15 ; TR16 TR16

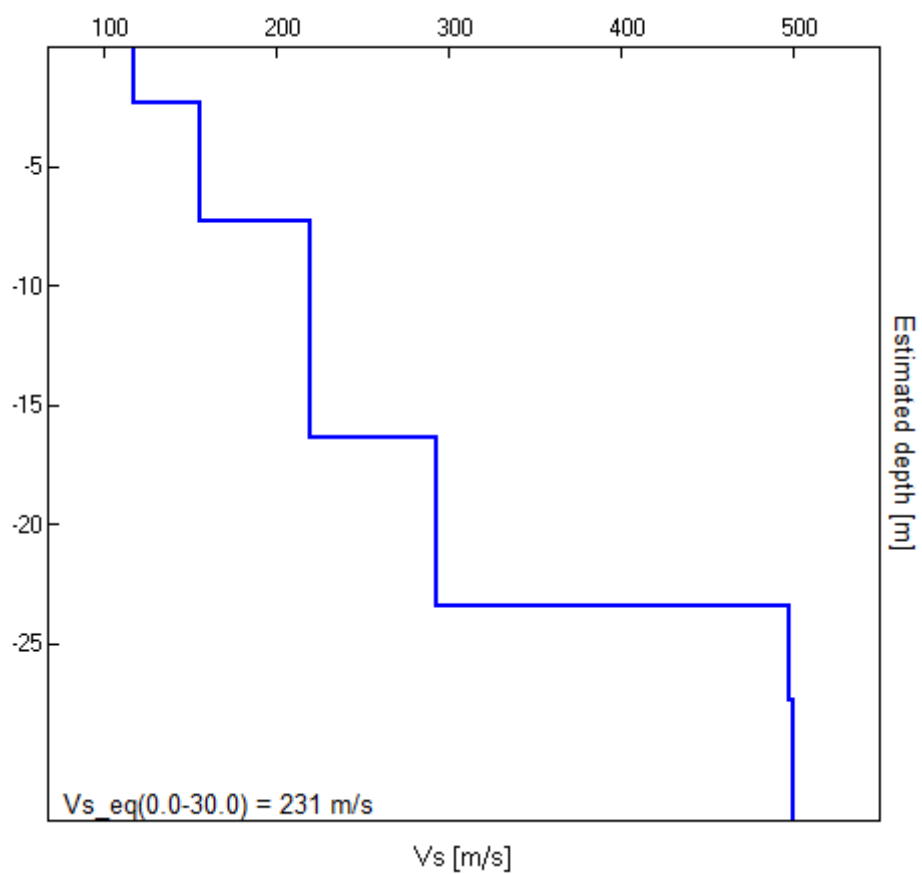
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.30	2.30	118	0.42
7.30	5.00	156	0.42
16.40	9.10	220	0.40
23.40	7.00	293	0.40
27.40	4.00	498	0.38
inf.	inf.	500	0.38

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 231 \text{ m/s}$



MASW 2

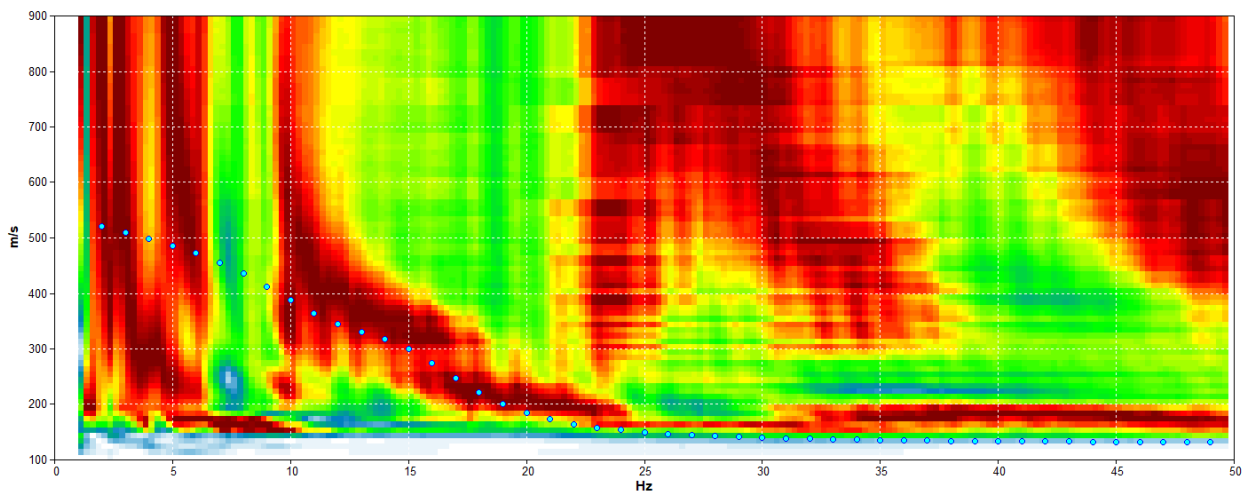
EOLICO2 16-5, EOLICO2 16-5

Start recording: 21/02/2023 11:44:28 End recording: 21/02/2023 11:44:44
 Trace length: 0h00'01".
 Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: TR01 TR01; TR02 TR02; TR03 TR03; TR04 TR04; TR05 TR05; TR06 TR06;
 TR07 TR07; TR08 TR08; TR09 TR09; TR10 TR10; TR11 TR11; TR12 TR12; TR13 TR13;
 TR14 TR14; TR15 TR15; TR16 TR16

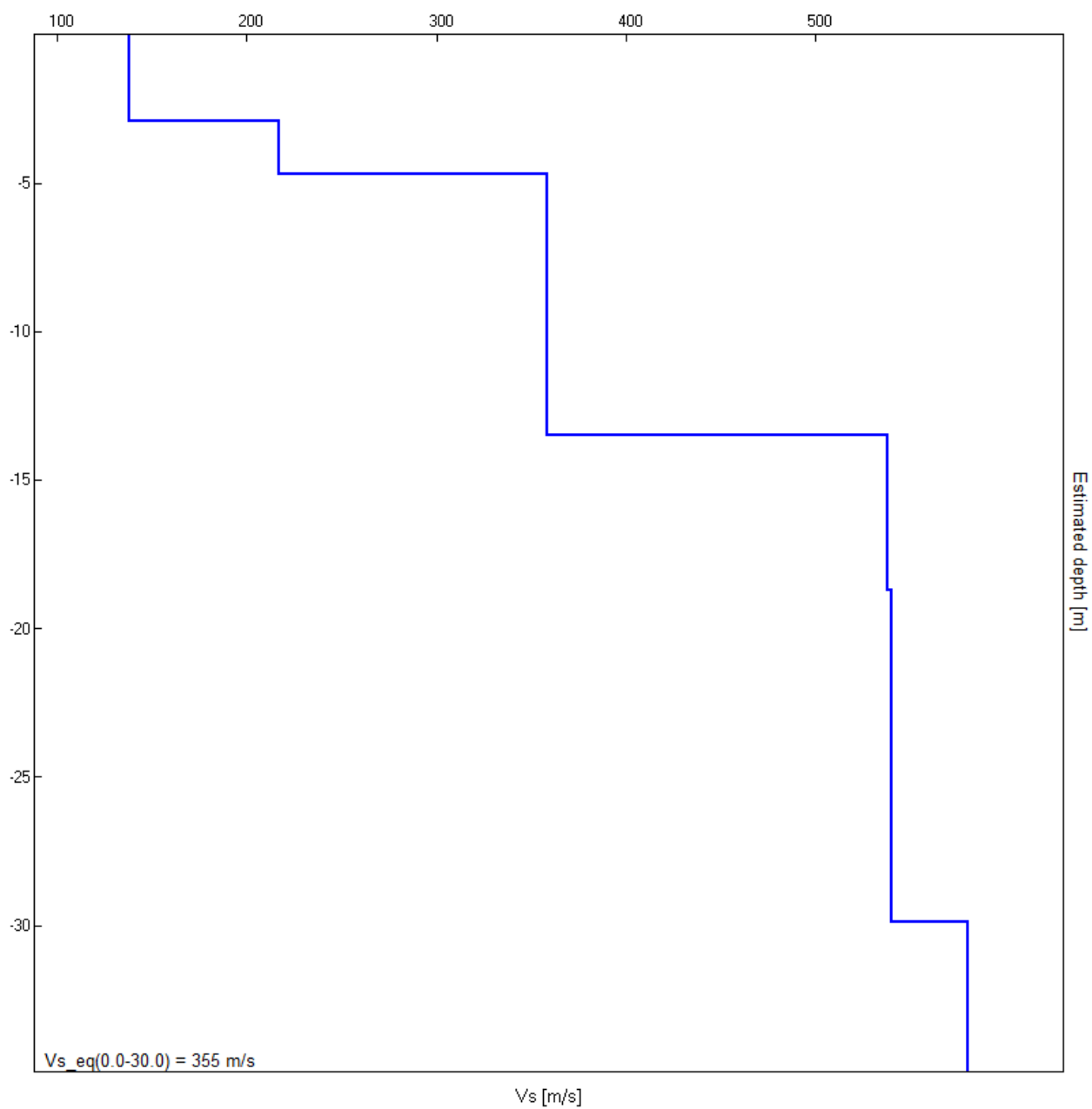
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.90	2.90	138	0.45
4.70	1.80	217	0.40
13.50	8.80	358	0.38
18.70	5.20	538	0.35
29.90	11.20	540	0.35
inf.	inf.	580	0.35

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 355 \text{ m/s}$



RIFRAZIONE 1

Dott. Geol. Fabio Lunerti
C.FISC:
LNRFBA85A11H769G
P.IVA: 02379620442

Via: Vicolo San Giuseppe n.14
62022 Gagliole - MC

Tel: - 3336955128

Fax:

Email: fabiolunerti@gmail.com Web:

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE



Data: febbraio 2023

Il committente FRED. OLSEN RENEWABLES

IL Tecnico

Il Progettista

Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

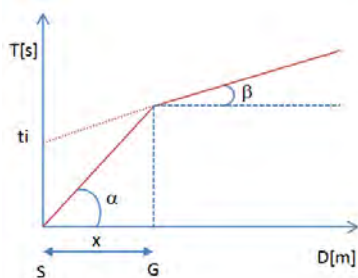
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

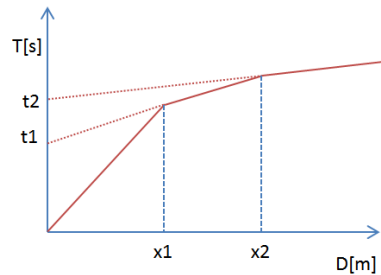
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

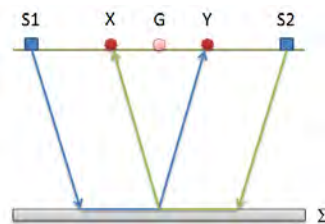


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

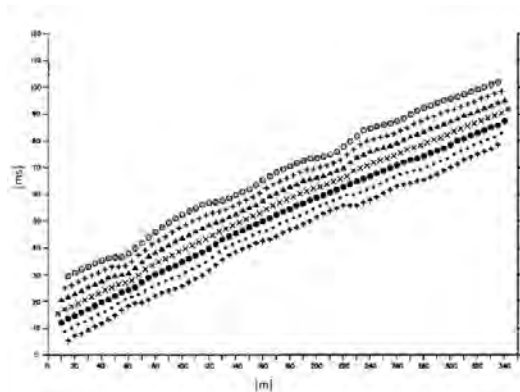
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



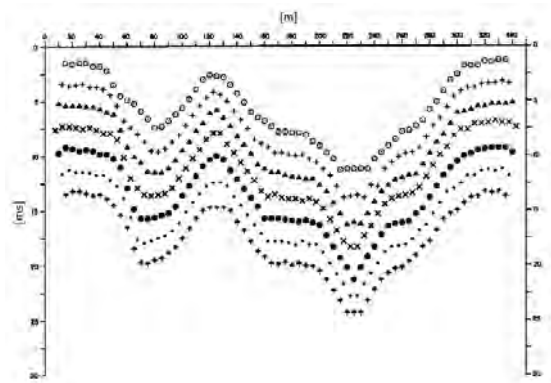
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE
Committente FRED. OLSEN RENEWABLES
Zona ARCOFIATO DI CAMERINO
Operatore FABIO LUNERTI
Data 22/02/2023
Via Loc. Arcofiato di Camerino
Latitudine 43.129899°[°]
Longitudine 13.085434°[°]



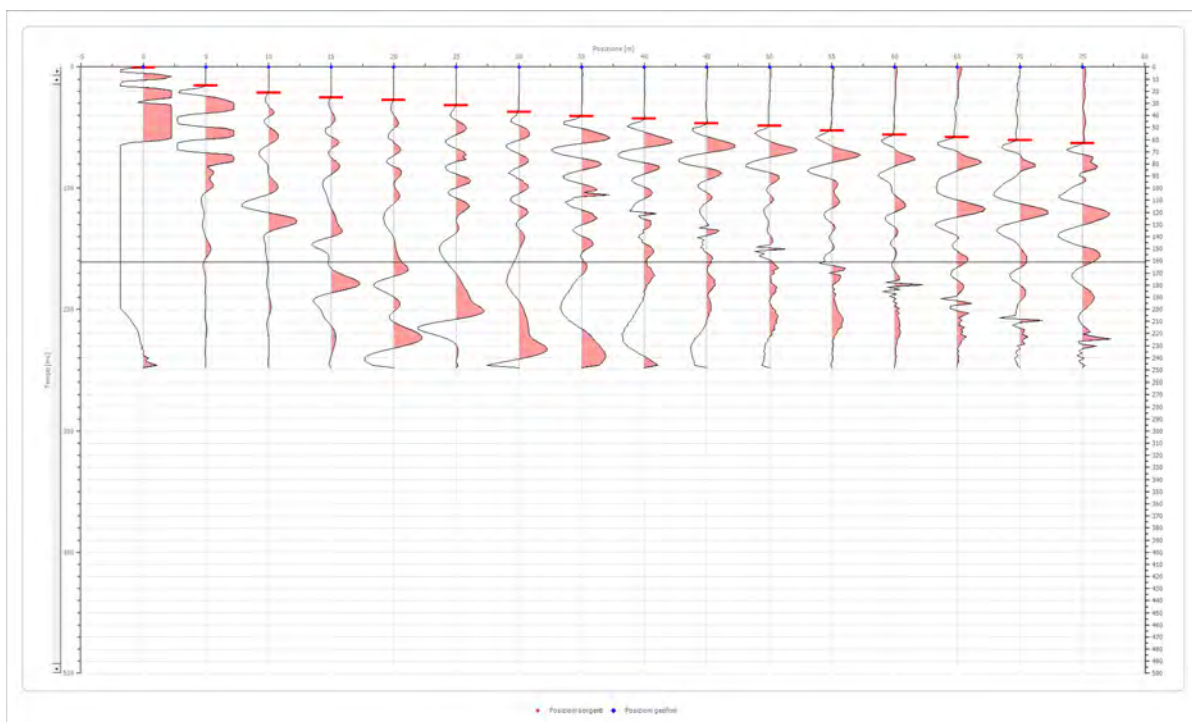
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



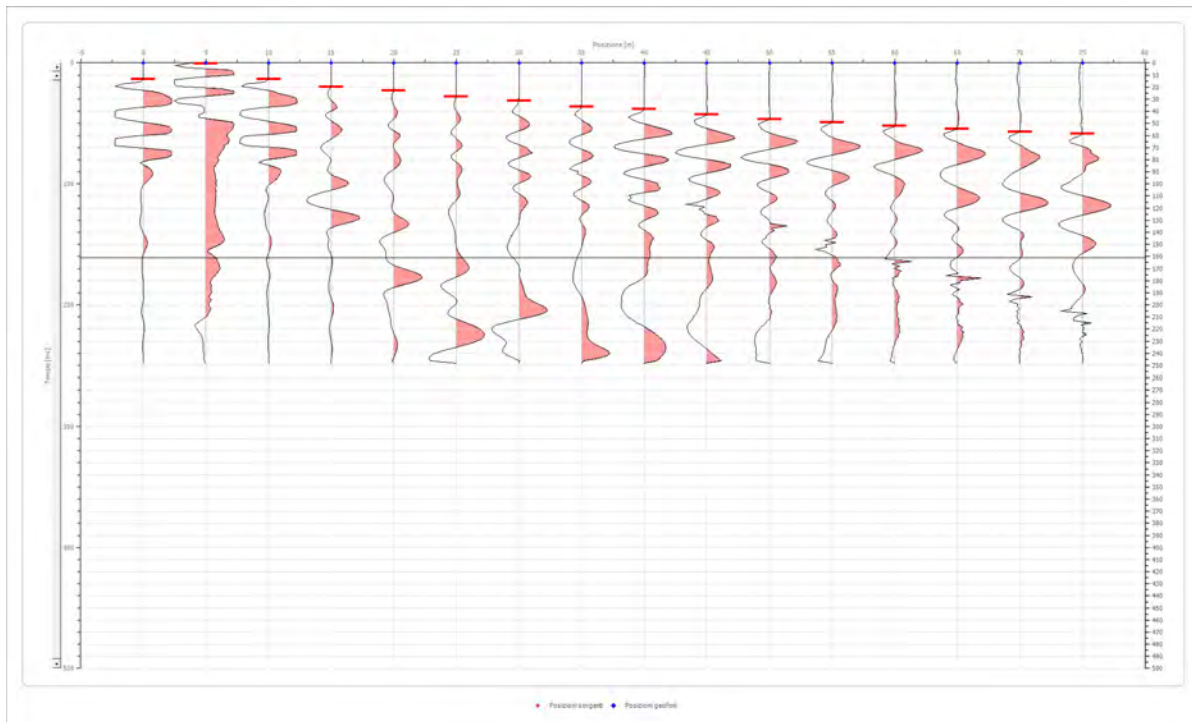
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	0.4975
5.0	15.4218

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

	10.0	21.3915
	15.0	25.3713
	20.0	27.3612
	25.0	31.8385
	30.0	37.3107
	35.0	40.7930
	40.0	42.7829
	45.0	46.7627
	50.0	48.7526
	55.0	52.7324
	60.0	56.2148
	65.0	58.2047
	70.0	60.6921
	75.0	63.1794

Battuta 2

Posizione sorgente X 5 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.4318
5.0	0.5000
10.0	13.4318
15.0	19.8990
20.0	22.8839
25.0	27.8586
30.0	31.3410

Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128,
 e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442

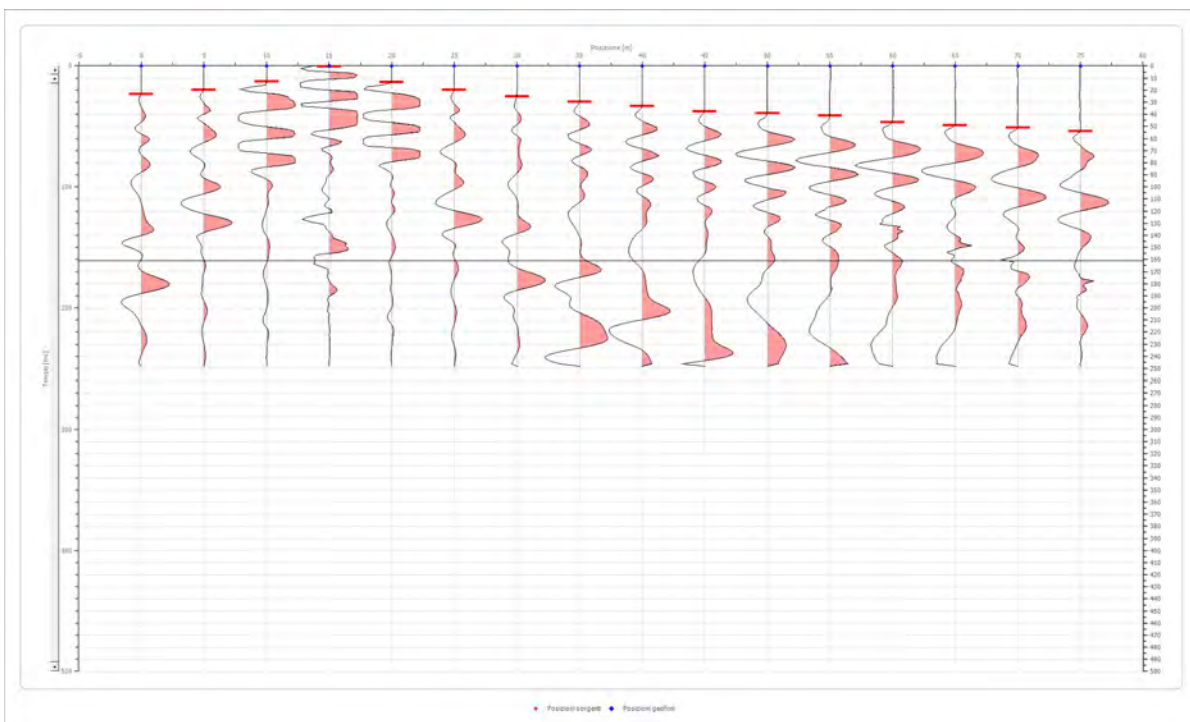
REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

35.0	36.3157
40.0	38.3056
45.0	42.7829
50.0	46.7627
55.0	49.2501
60.0	52.2350
65.0	54.7223
70.0	57.2097
75.0	58.7021

Battuta 3

Posizione sorgente X 15 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	23.3814
5.0	19.8990
10.0	12.9344
15.0	0.5000
20.0	13.4318
25.0	19.8990
30.0	25.3713
35.0	29.8486
40.0	33.3309
45.0	37.8082
50.0	39.3006
55.0	41.2905

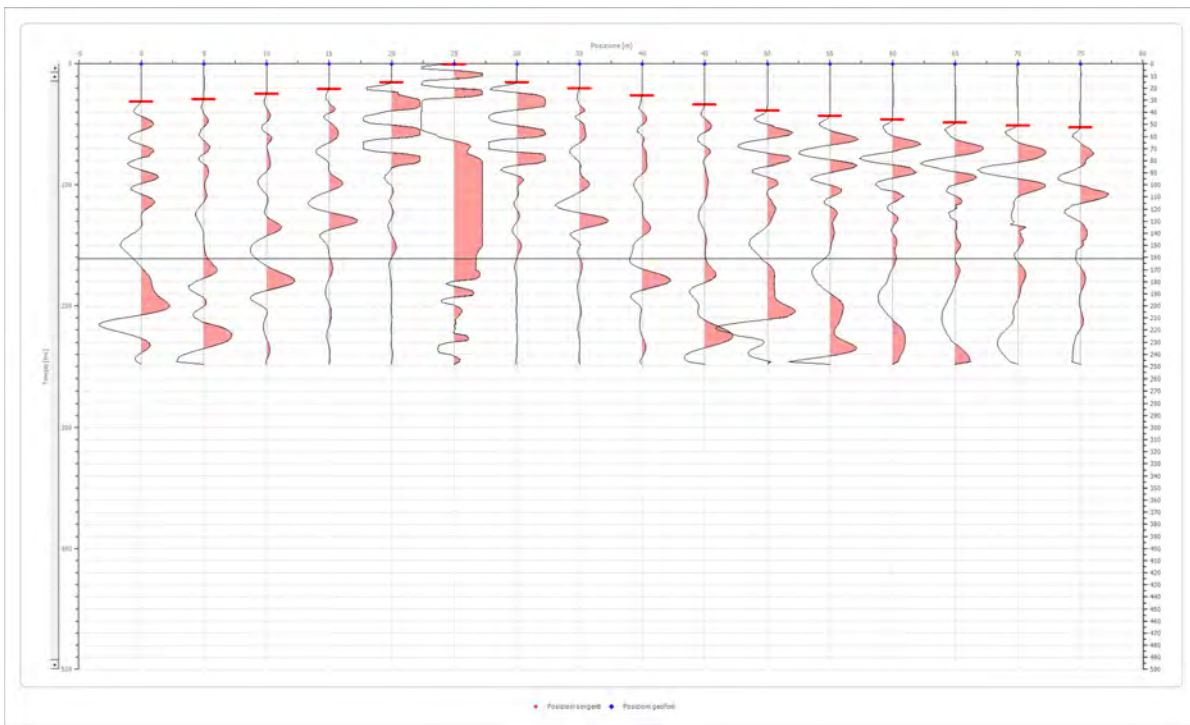
Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128,
e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

	60.0	46.7627
	65.0	49.2501
	70.0	51.2400
	75.0	54.2249

Battuta 4

Posizione sorgente X 25 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

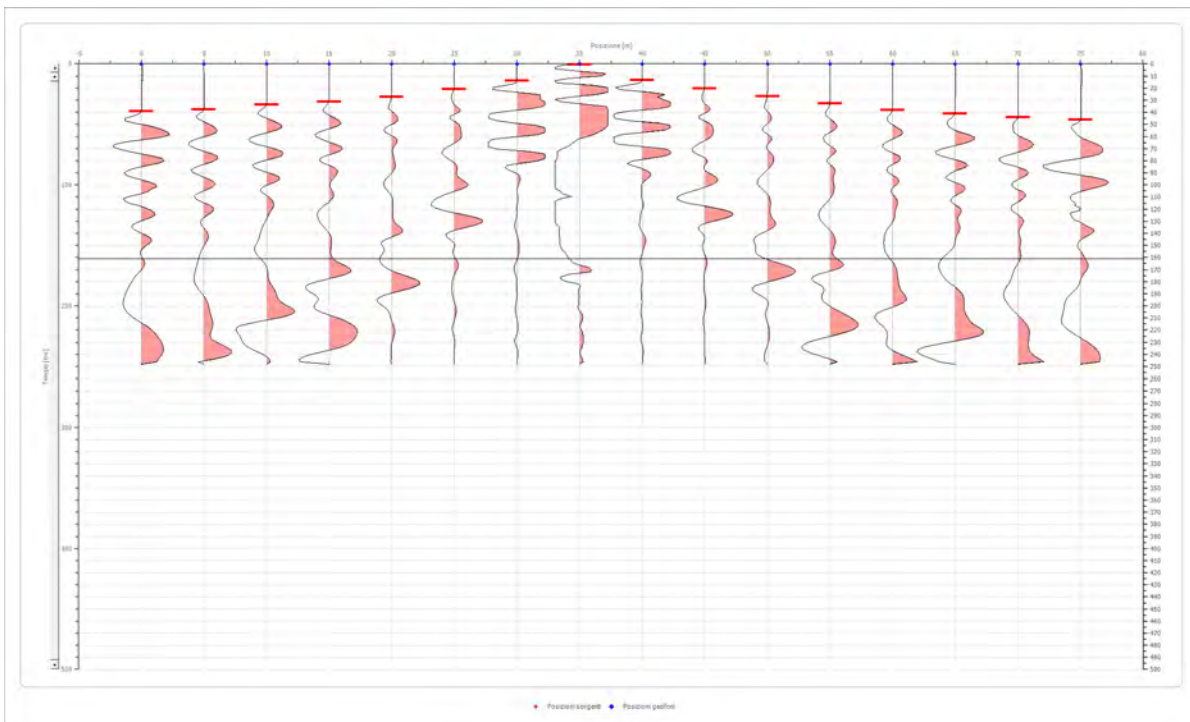


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	31.3410
5.0	29.3511
10.0	24.8738
15.0	20.8940
20.0	15.4218
25.0	0.5000
30.0	15.4218
35.0	20.3965
40.0	26.3662
45.0	33.8284
50.0	38.8031
55.0	43.2804
60.0	46.2653
65.0	48.7526
70.0	51.2400
75.0	52.7324

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

Battuta 5

Posizione sorgente X 35 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

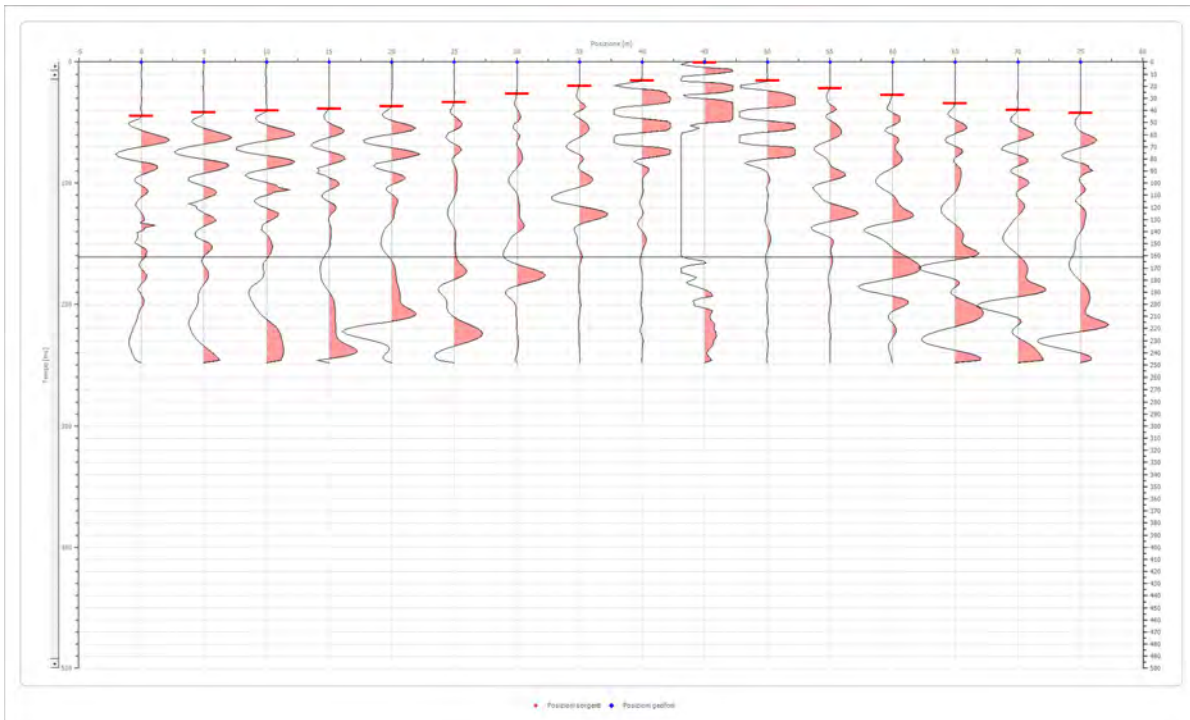


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	39.3006
5.0	37.8082
10.0	33.8284
15.0	31.3410
20.0	27.3612
25.0	20.8940
30.0	13.9293
35.0	0.5000
40.0	13.4318
45.0	20.3965
50.0	26.8637
55.0	32.8334
60.0	38.3056
65.0	41.2905
70.0	44.2753
75.0	46.2653

Battuta 6

Posizione sorgente X 45 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

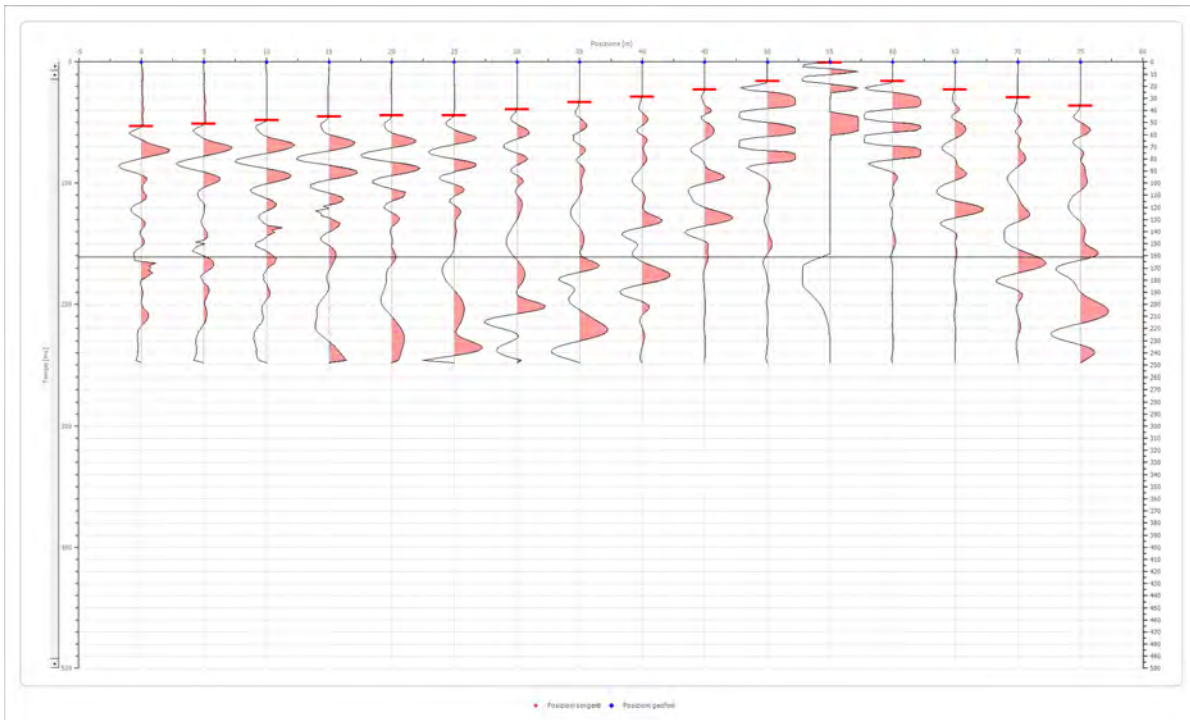
REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	44.7728
5.0	41.7880
10.0	40.2955
15.0	38.8031
20.0	36.8132
25.0	33.3309
30.0	26.3662
35.0	19.8990
40.0	15.4218
45.0	0.5000
50.0	15.4218
55.0	21.8889
60.0	27.3612
65.0	34.3258
70.0	39.7981
75.0	42.2854

Battuta 7

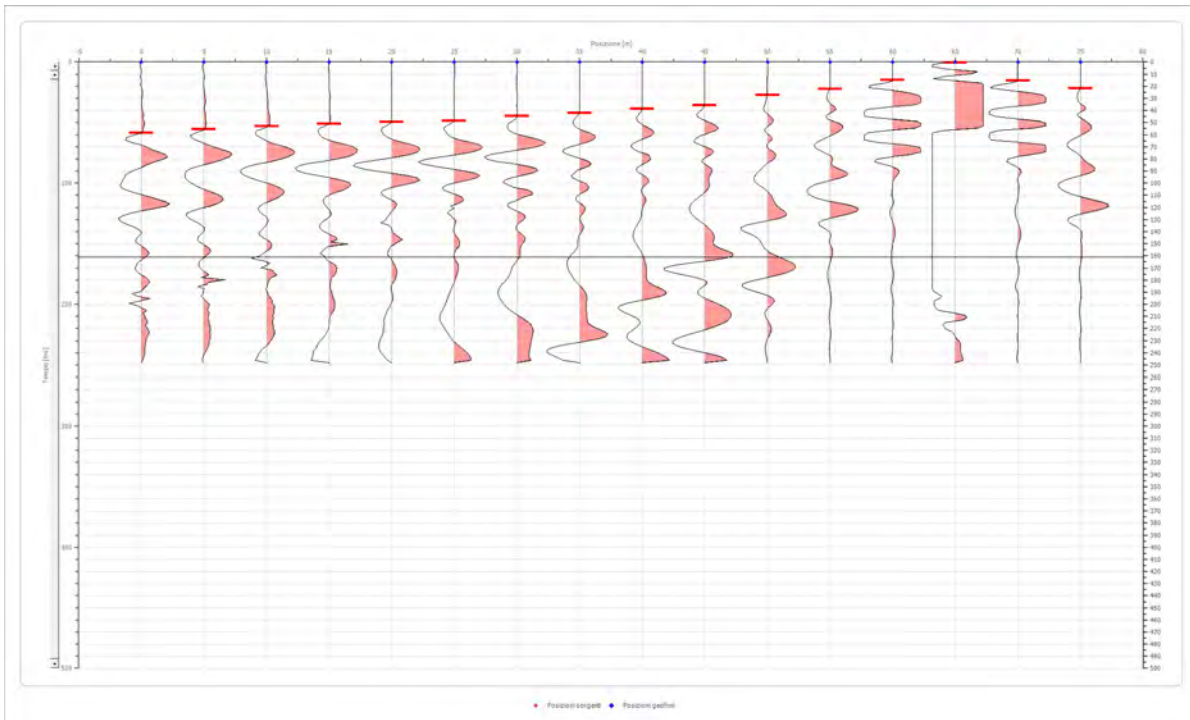
Posizione sorgente X 55 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	53.2299
5.0	51.2400
10.0	48.2552
15.0	45.2703
20.0	44.2753
25.0	44.2753
30.0	39.3006
35.0	33.3309
40.0	28.8536
45.0	22.8839
50.0	15.9192
55.0	0.5000
60.0	15.9192
65.0	22.8839
70.0	29.3511
75.0	36.3157

Battuta 8

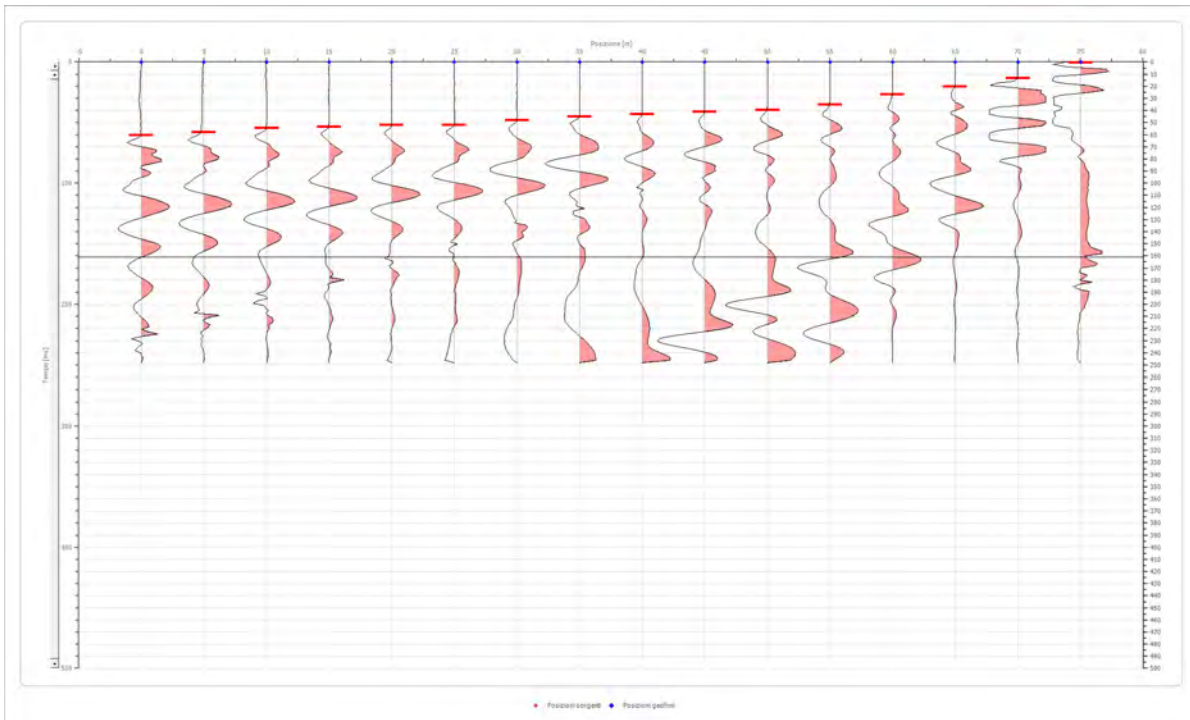
Posizione sorgente X 65 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	58.7021
5.0	55.7173
10.0	53.2299
15.0	51.2400
20.0	49.7476
25.0	48.7526
30.0	44.7728
35.0	42.2854
40.0	38.8031
45.0	35.8183
50.0	27.3612
55.0	22.3864
60.0	14.9243
65.0	0.5000
70.0	15.4218
75.0	21.8889

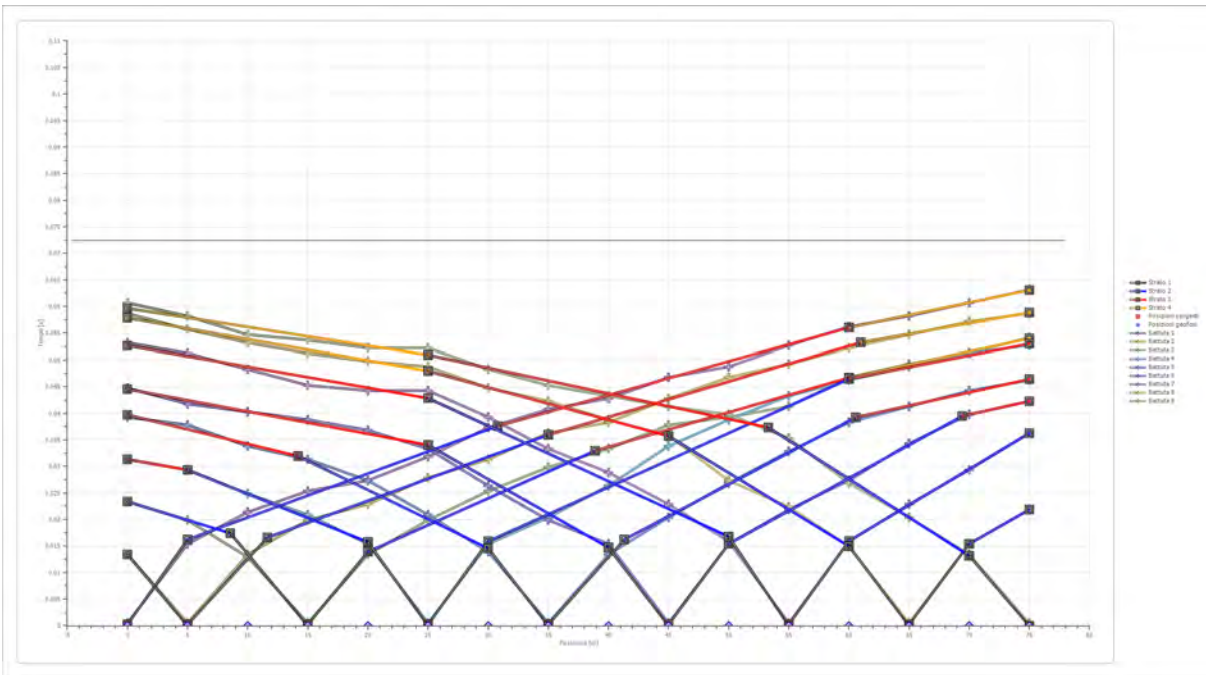
Battuta 9

Posizione sorgente X 75 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

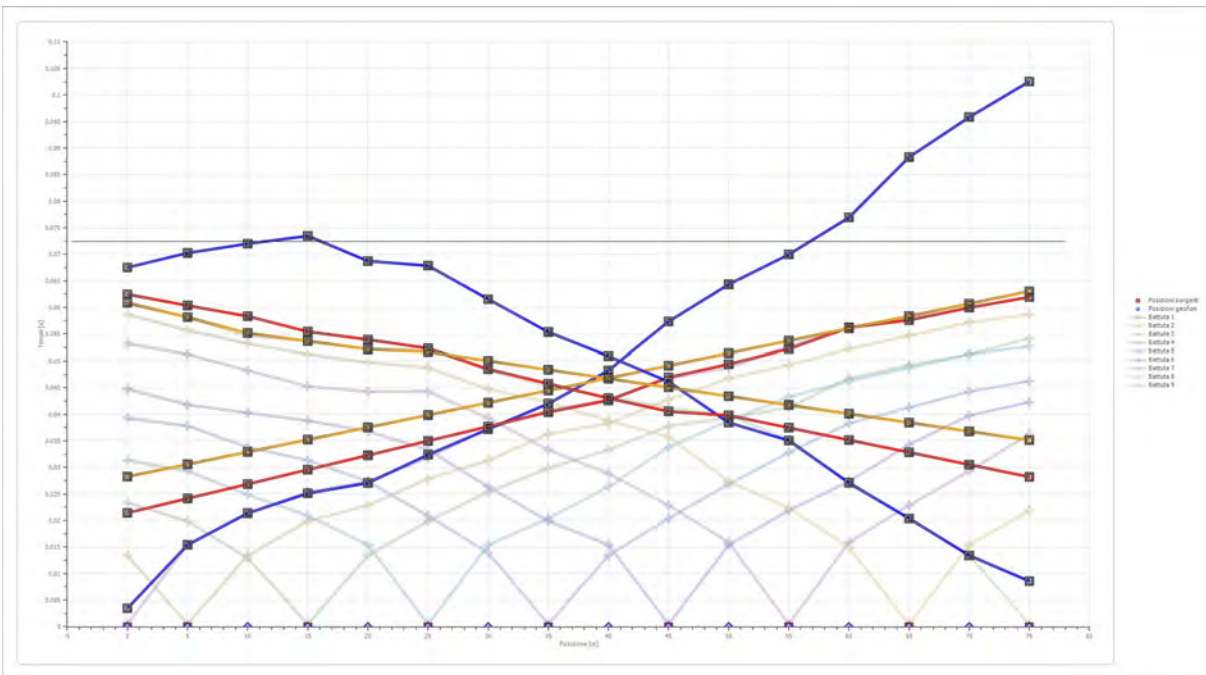


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	60.6921
5.0	58.2047
10.0	54.7223
15.0	53.7274
20.0	52.2350
25.0	52.2350
30.0	48.2552
35.0	45.2703
40.0	43.2804
45.0	41.2905
50.0	39.7981
55.0	35.3208
60.0	26.8637
65.0	20.3965
70.0	13.4318
75.0	0.5000

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 0.0 [m]	0.0	11.1	19.6	--

Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128, e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

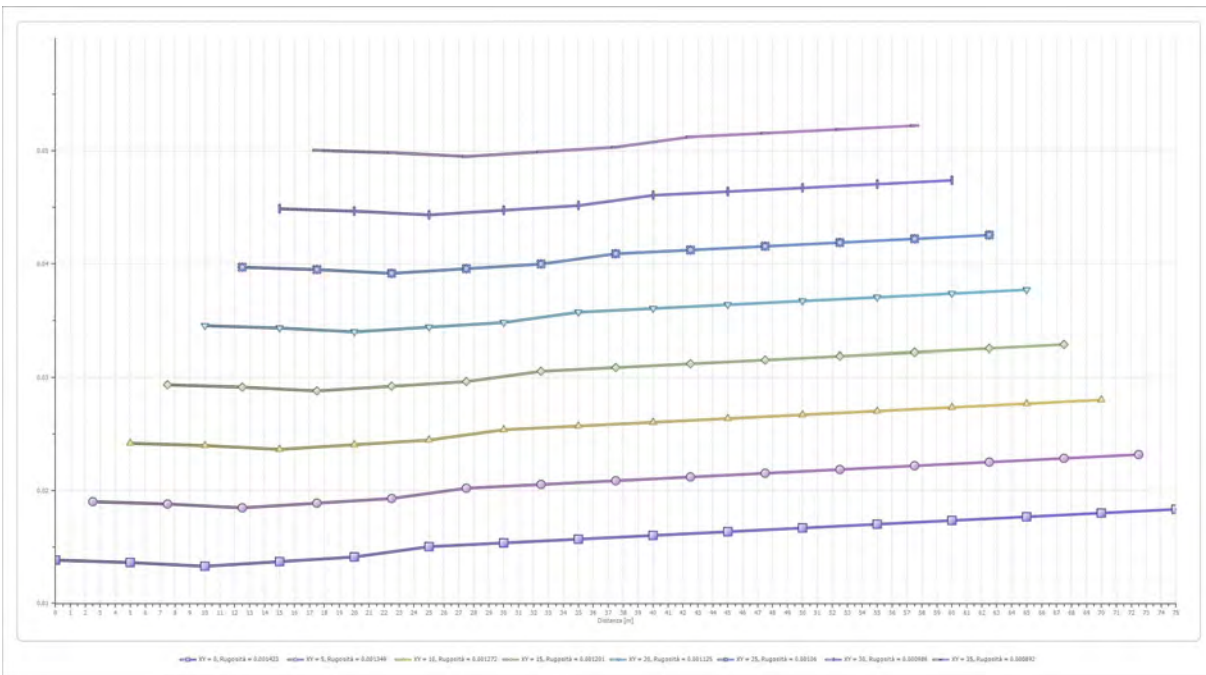
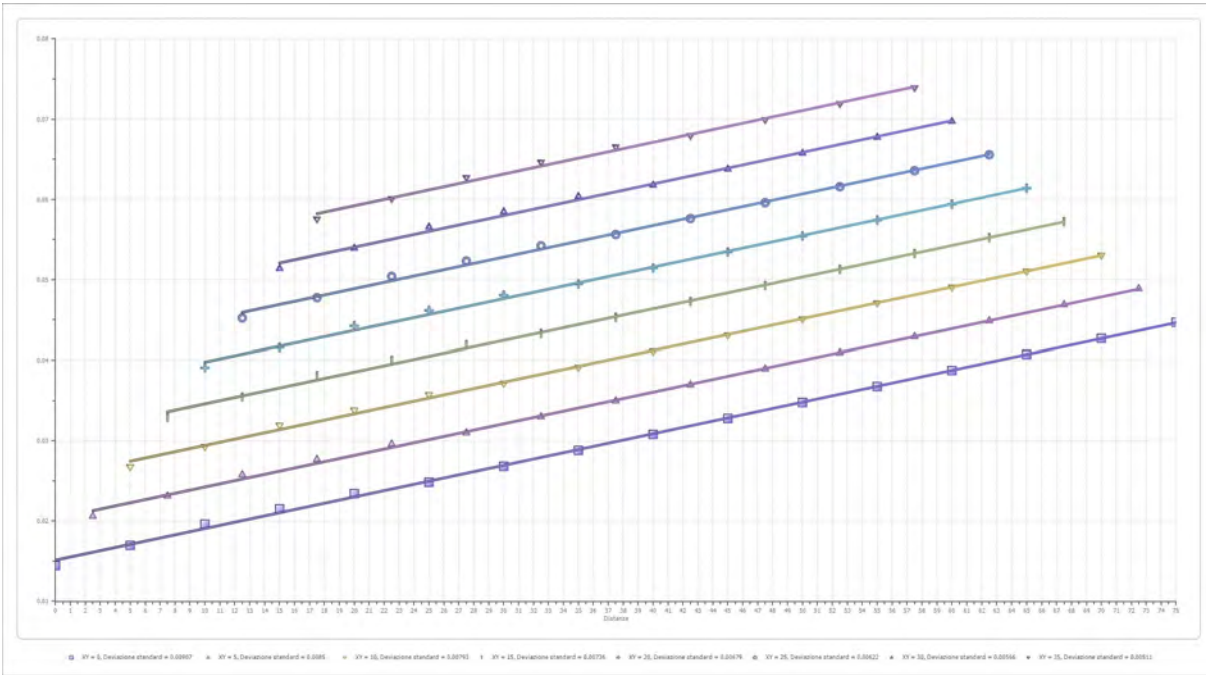
G= 5.0 [m]	0.0	11.4	18.3	--
G= 10.0 [m]	0.8	10.3	15.4	--
G= 15.0 [m]	1.7	8.2	15.3	--
G= 20.0 [m]	1.2	9.9	16.1	--
G= 25.0 [m]	2.0	8.8	16.4	--
G= 30.0 [m]	1.8	8.8	19.1	--
G= 35.0 [m]	1.5	9.3	20.6	--
G= 40.0 [m]	1.8	8.3	21.6	--
G= 45.0 [m]	2.7	7.7	19.4	--
G= 50.0 [m]	2.5	8.9	18.7	--
G= 55.0 [m]	2.9	8.3	18.5	--
G= 60.0 [m]	2.8	9.5	18.0	--
G= 65.0 [m]	3.6	7.3	18.6	--
G= 70.0 [m]	3.7	7.1	19.5	--
G= 75.0 [m]	4.1	6.2	20.3	--
Velocità [m/sec]	347.7	931.1	1963.4	2539.8
Descrizione	Coperture detritiche limose	Coperture detritiche sabbiose	Substrato geologico (pelitico-arenacea)	Substrato geologico (arenaceo-pelitica)

Altri parametri geotecnici

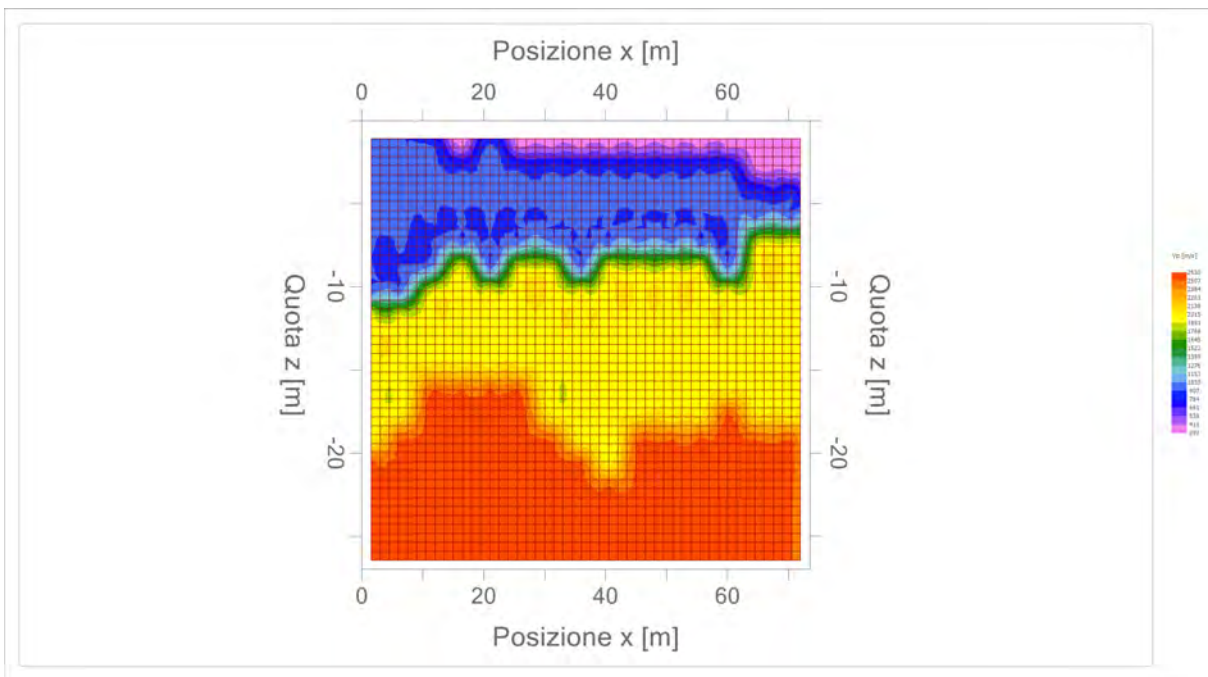
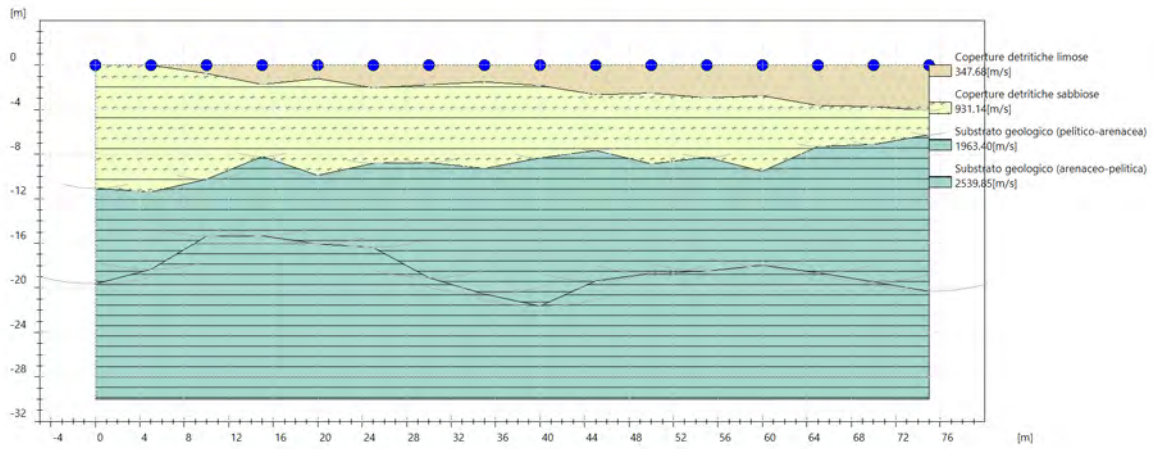
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
Coefficiente Poisson	0.35	0.40	0.45	0.47
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	2000.00	2100.00
Vp [m/s]	347.68	931.14	1963.40	2539.85
Vs [m/s]	167.02	380.13	591.99	604.27
G0 [MPa]	47.42	260.10	700.90	766.80
Ed [Mpa]	205.49	1560.62	7709.90	13546.73
M0 [MPa]	158.07	1300.52	7009.00	12779.93
Ey [Mpa]	128.04	728.29	2032.61	2254.38

G0: Modulo di deformazione al taglio;
 Ed: Modulo edometrico;
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
 Ey: Modulo di Young;

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE



Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128, e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442



RIFRAZIONE 2

Dott. Geol. Fabio Lunerti
C.FISC:
LNRFBA85A11H769G
P.IVA: 02379620442

Via: Vicolo San Giuseppe n.14
62022 Gagliole - MC

Tel: - 3336955128

Fax:

Email: fabiolunerti@gmail.com Web:

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE



Data: febbraio 2023

Il committente FRED OLSEN RENEWABLES

IL Tecnico

Il Progettista

Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

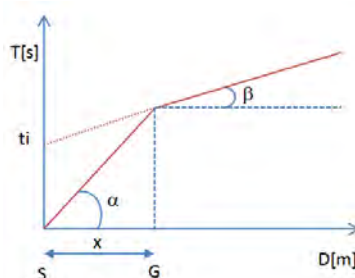
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

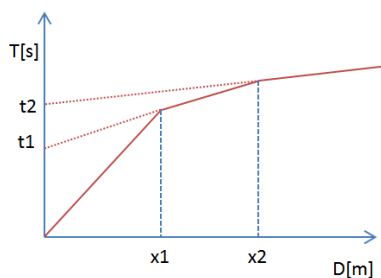
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

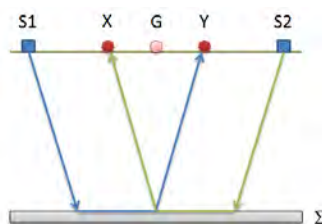


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

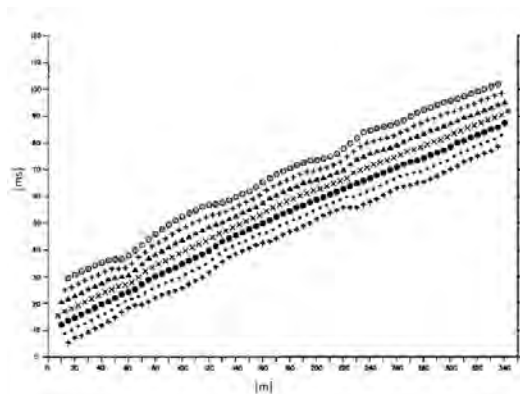
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



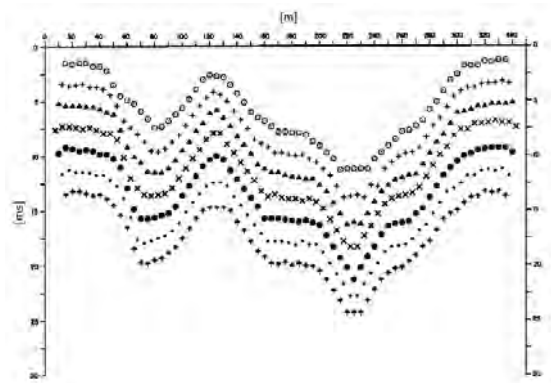
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

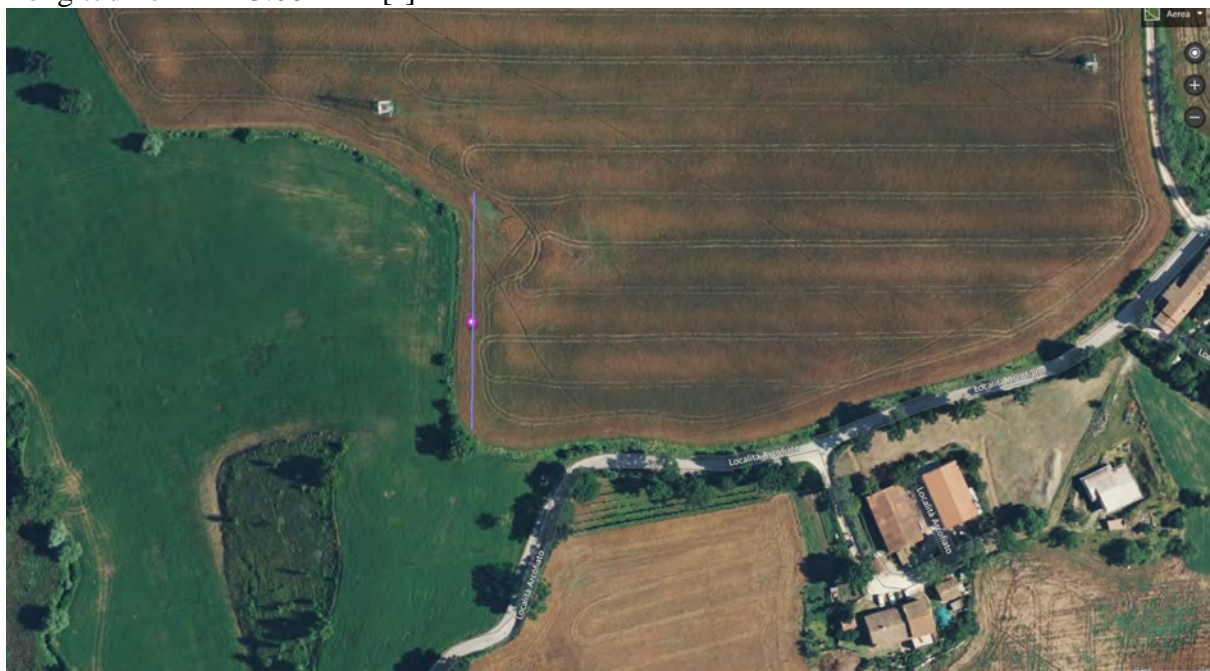
$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE
Committente	FRED OLSEN RENEWABLES
Zona	ARCOFIATO DI CAMERINO
Operatore	FABIO LUNERTI
Data	22/02/2023
Via	Camerino Arcofiato
Latitudine	43.128095°[°]
Longitudine	13.082224°[°]



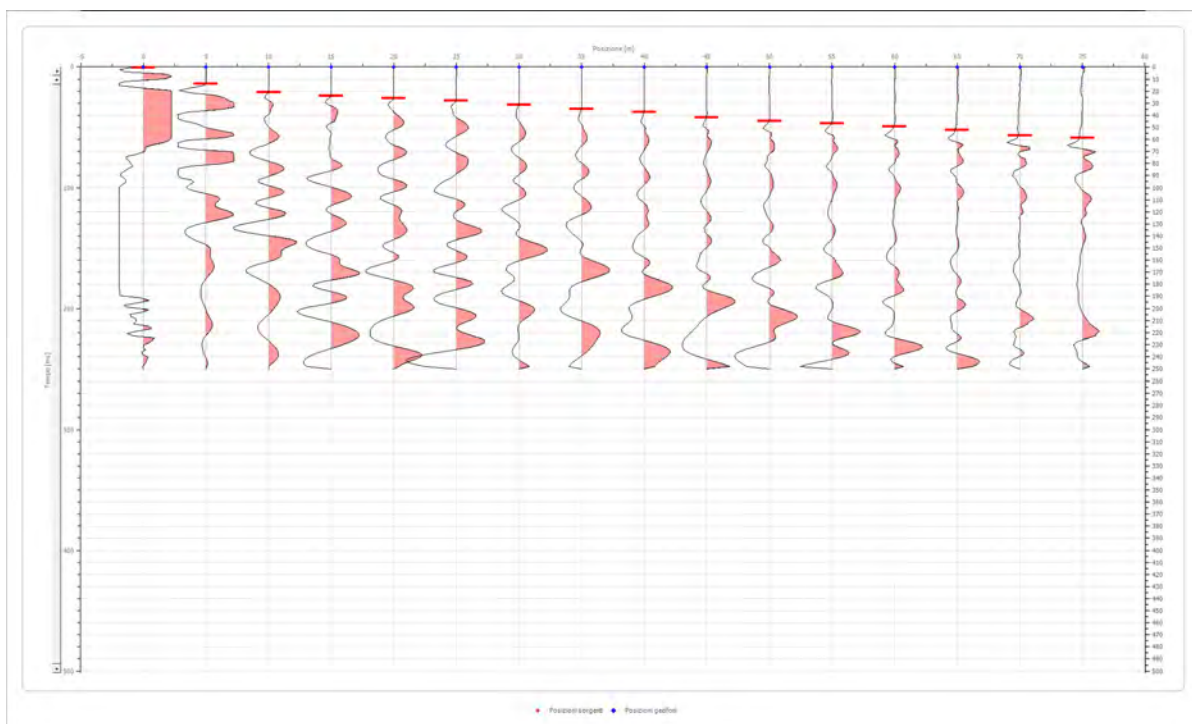
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



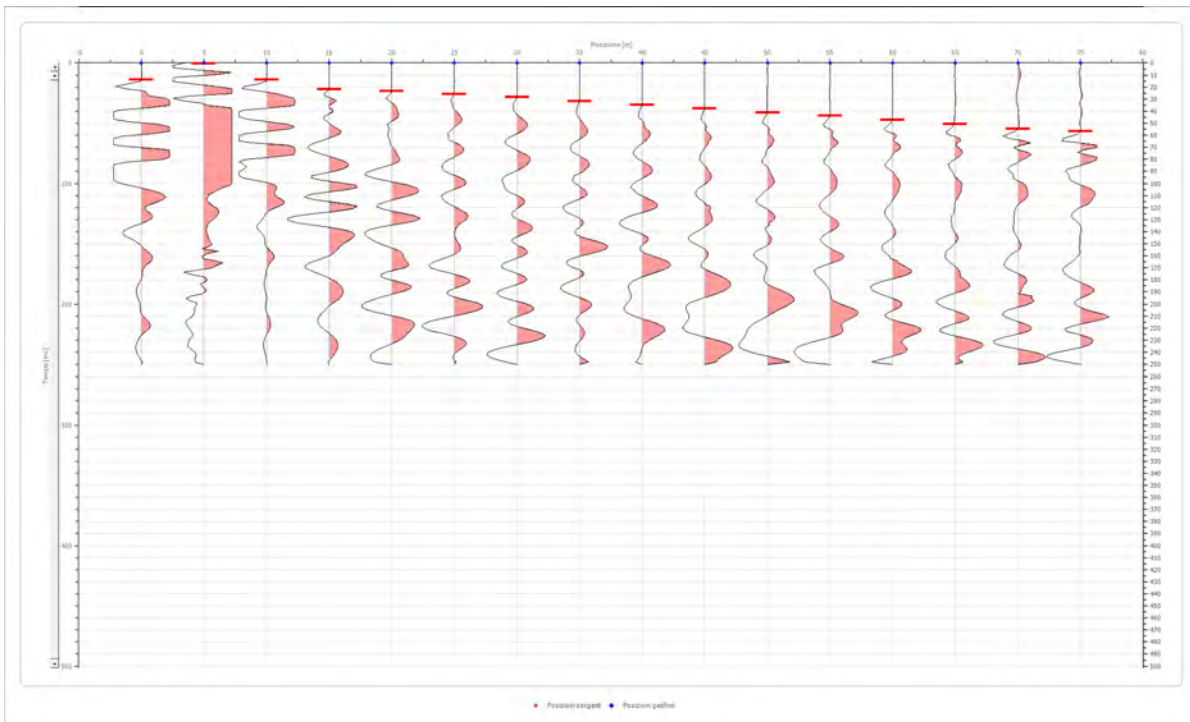
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	0.5000
5.0	13.9293

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

10.0	20.8940
15.0	23.8788
20.0	25.8687
25.0	27.8586
30.0	31.3410
35.0	34.8233
40.0	37.3107
45.0	41.7880
50.0	44.7728
55.0	46.7627
60.0	49.2501
65.0	52.2350
70.0	56.7122
75.0	58.7021

Battuta 2

Posizione sorgente X 5 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.9293
5.0	0.5000
10.0	13.9293
15.0	21.8889
20.0	23.3814
25.0	25.8687
30.0	28.3561

Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128,
 e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442

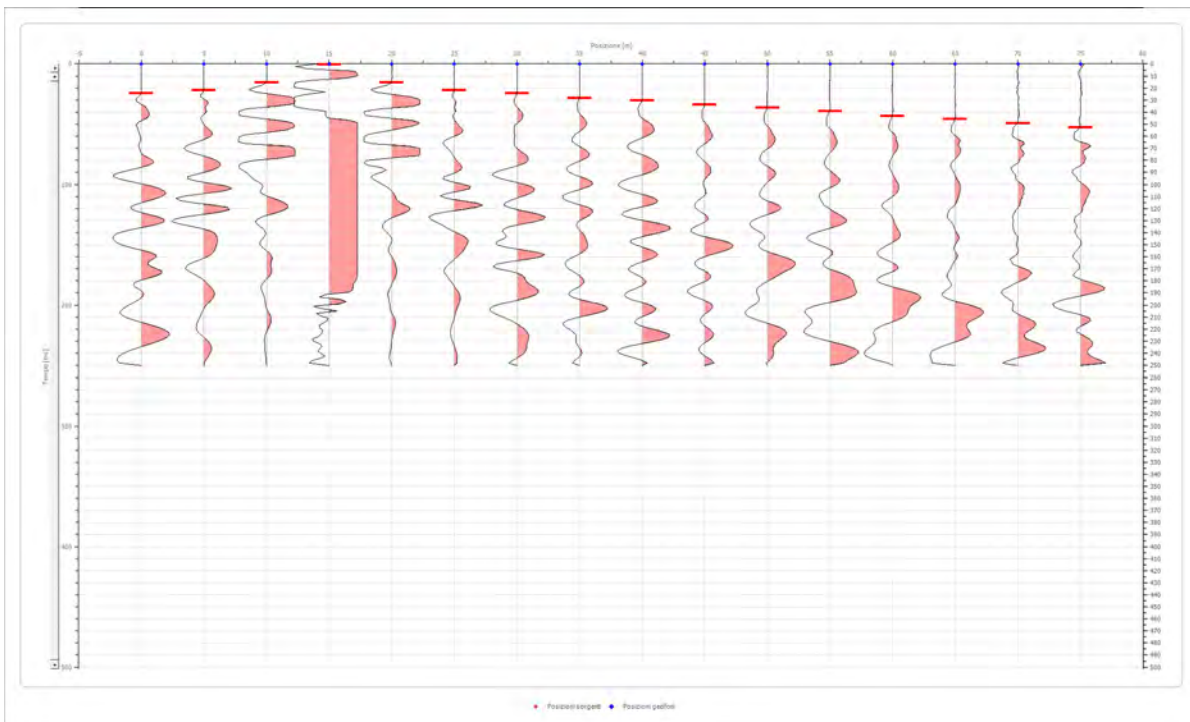
REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

	35.0	31.8385
	40.0	34.8233
	45.0	37.8082
	50.0	41.2905
	55.0	43.7779
	60.0	47.2602
	65.0	50.7425
	70.0	54.7223
	75.0	56.7122

Battuta 3

Posizione sorgente X 15 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



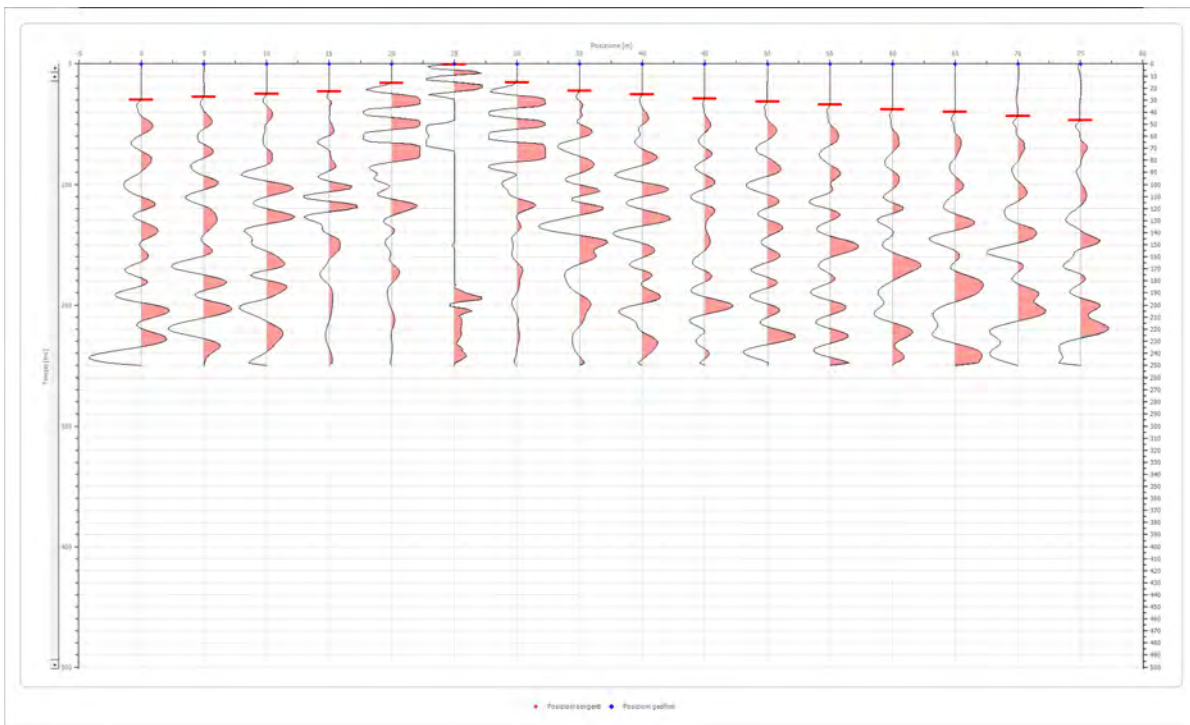
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	24.3763
5.0	21.8889
10.0	15.4218
15.0	0.5000
20.0	15.4218
25.0	21.8889
30.0	24.3763
35.0	28.3561
40.0	30.3460
45.0	33.8284
50.0	36.3157
55.0	39.3006

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

	60.0	43.2804
	65.0	45.7678
	70.0	49.2501
	75.0	52.7324

Battuta 4

Posizione sorgente X 25 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

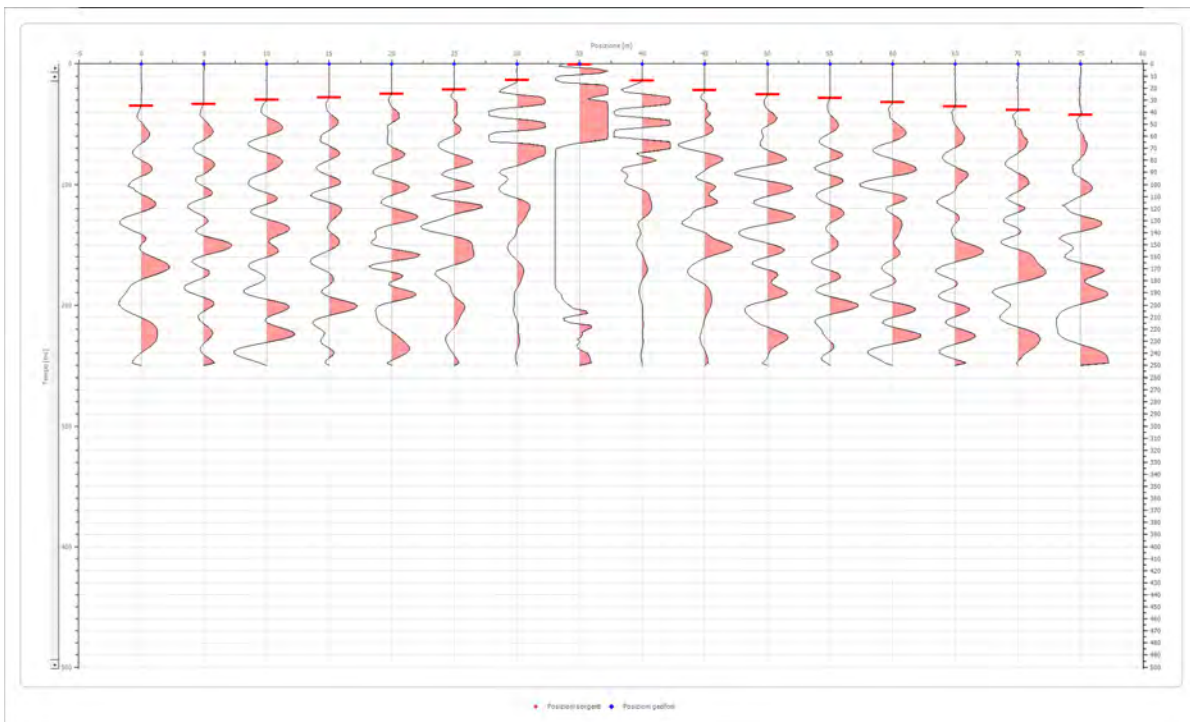


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	29.8486
5.0	27.3612
10.0	24.8738
15.0	22.8839
20.0	15.9192
25.0	0.5000
30.0	15.4218
35.0	22.3864
40.0	25.3713
45.0	28.8536
50.0	31.3410
55.0	33.8284
60.0	37.8082
65.0	39.7981
70.0	43.2804
75.0	46.7627

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

Battuta 5

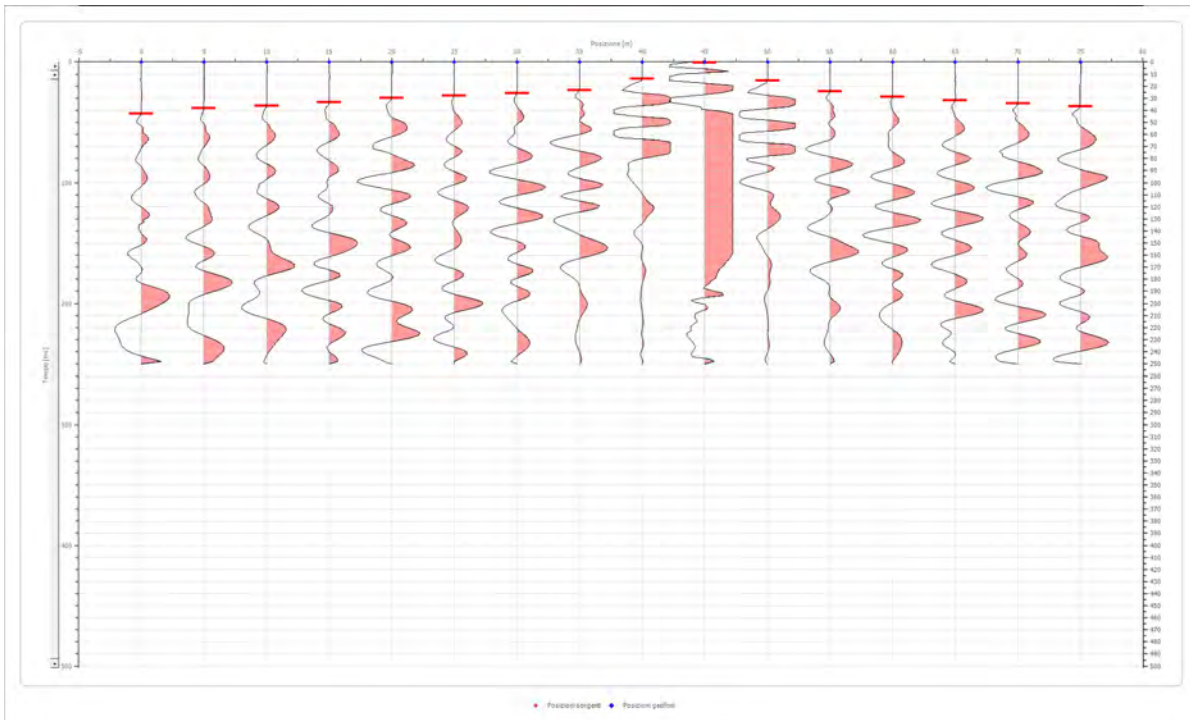
Posizione sorgente X 35 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	34.8233
5.0	33.3309
10.0	29.8486
15.0	27.8586
20.0	24.8738
25.0	21.3915
30.0	13.4318
35.0	0.5000
40.0	13.9293
45.0	21.8889
50.0	25.3713
55.0	28.3561
60.0	31.8385
65.0	35.3208
70.0	38.3056
75.0	42.2854

Battuta 6

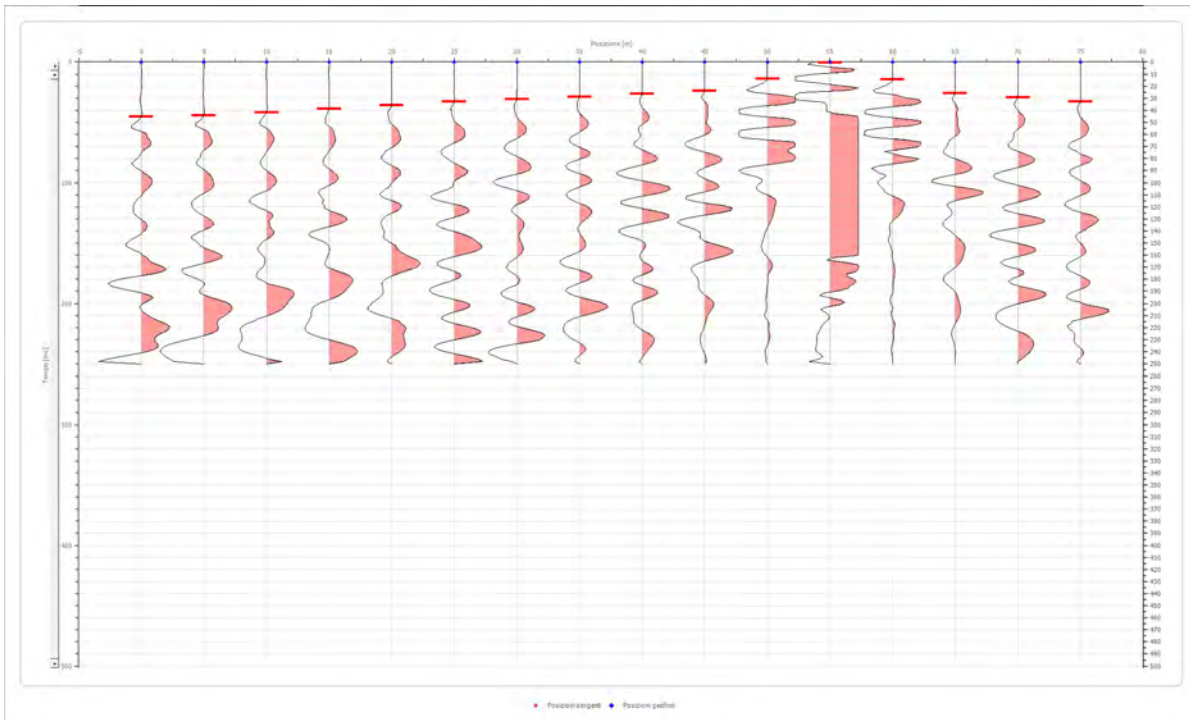
Posizione sorgente X 45 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	42.7829
5.0	38.3056
10.0	36.3157
15.0	33.3309
20.0	29.8486
25.0	27.8586
30.0	25.8687
35.0	23.3814
40.0	13.9293
45.0	0.5000
50.0	15.4218
55.0	24.3763
60.0	28.8536
65.0	31.8385
70.0	34.3258
75.0	36.8132

Battuta 7

Posizione sorgente X 55 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

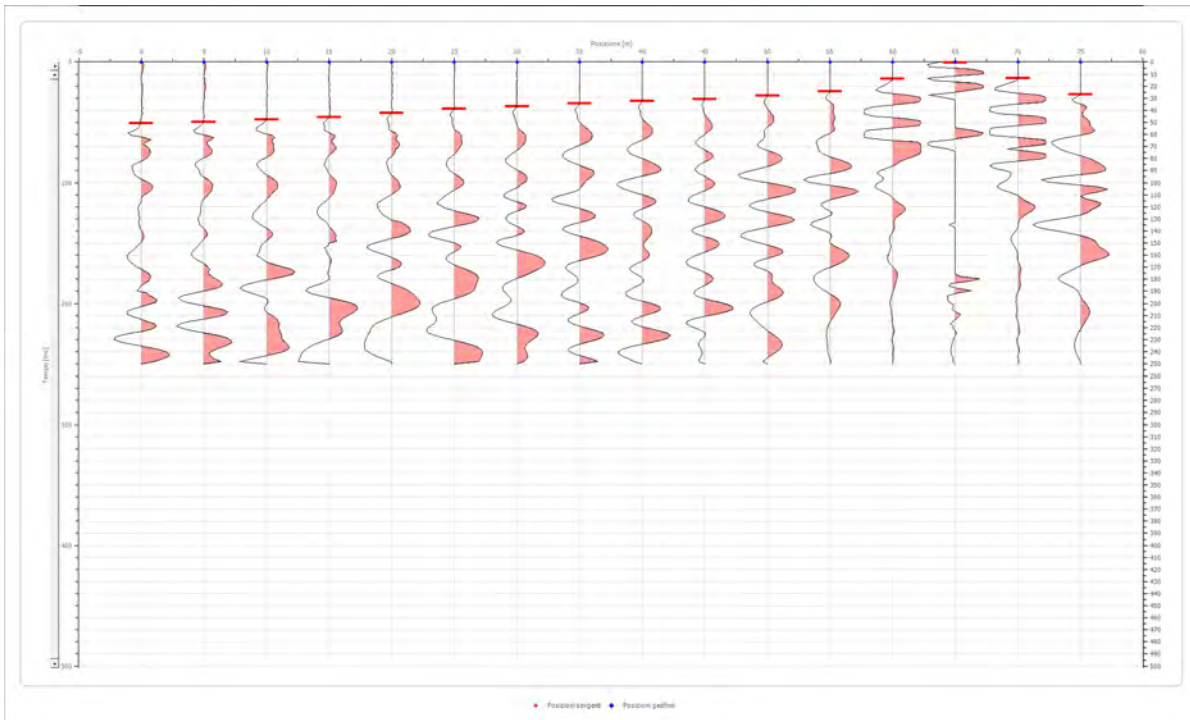


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	45.2703
5.0	44.2753
10.0	41.7880
15.0	38.8031
20.0	35.8183
25.0	32.8334
30.0	30.8435
35.0	28.8536
40.0	26.3662
45.0	23.8788
50.0	13.9293
55.0	0.5000
60.0	14.4268
65.0	25.8687
70.0	29.3511
75.0	32.8334

Battuta 8

Posizione sorgente X 65 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

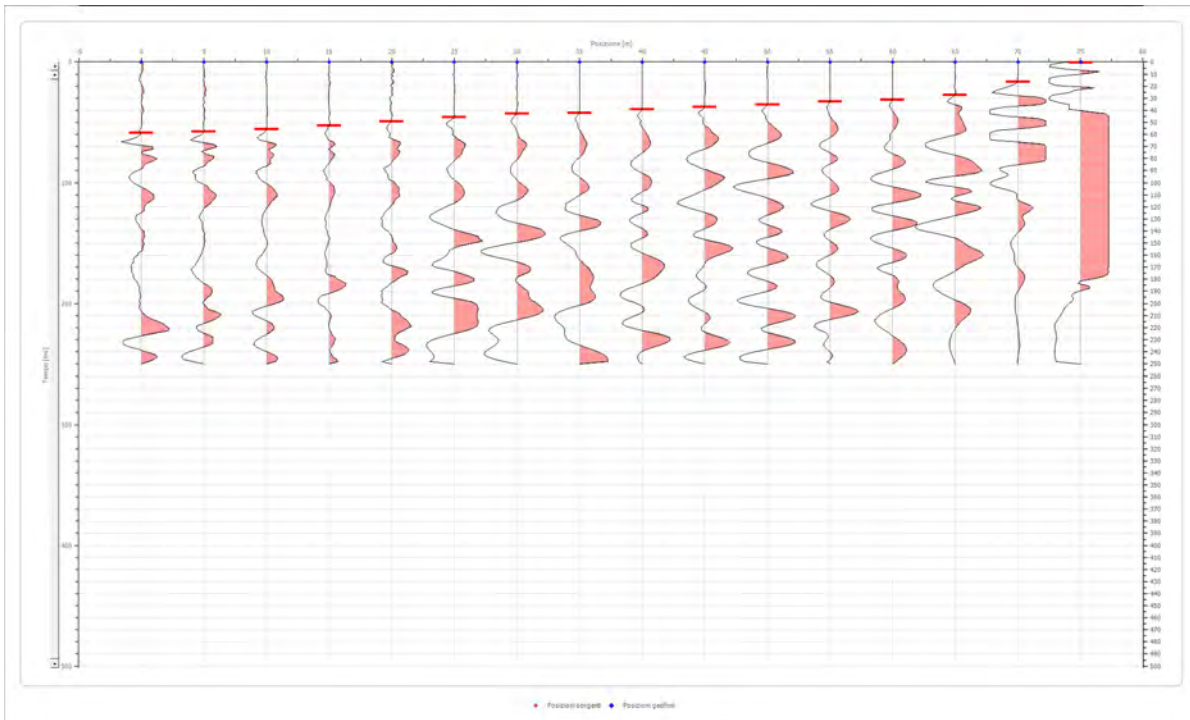
REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	50.7425
5.0	49.7476
10.0	47.7577
15.0	45.7678
20.0	42.2854
25.0	38.8031
30.0	36.8132
35.0	34.3258
40.0	32.3359
45.0	30.8435
50.0	27.8586
55.0	24.3763
60.0	13.9293
65.0	0.5000
70.0	13.4318
75.0	26.8637

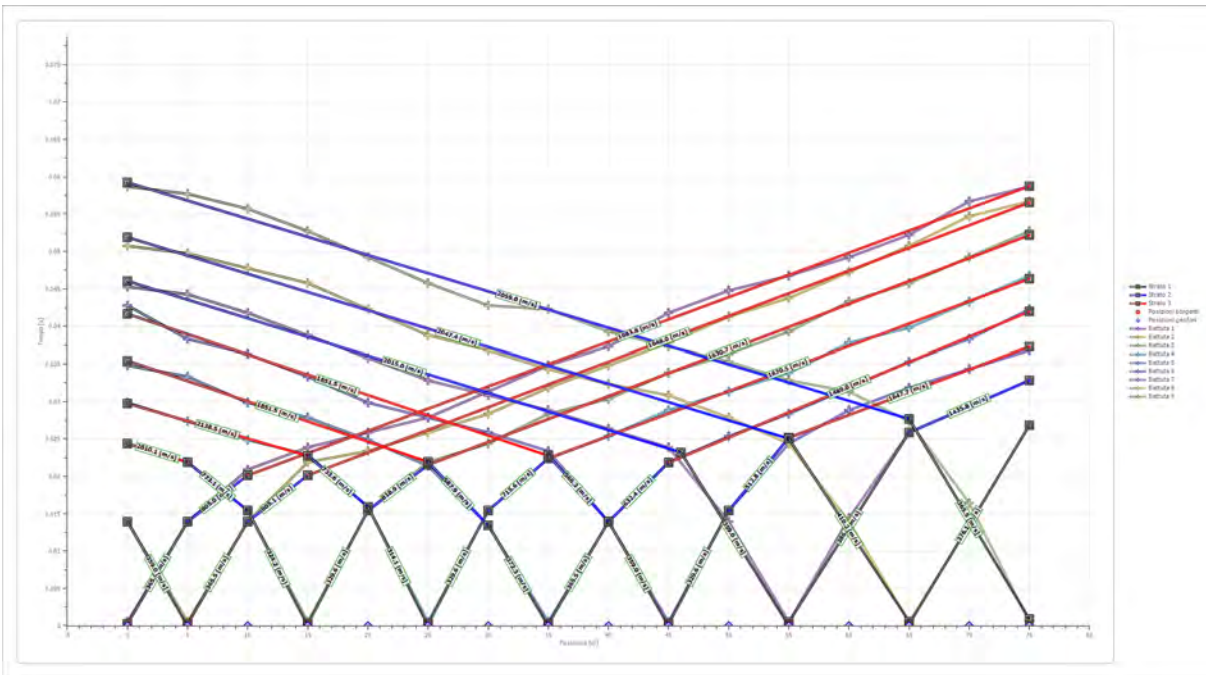
Battuta 9

Posizione sorgente X 75 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

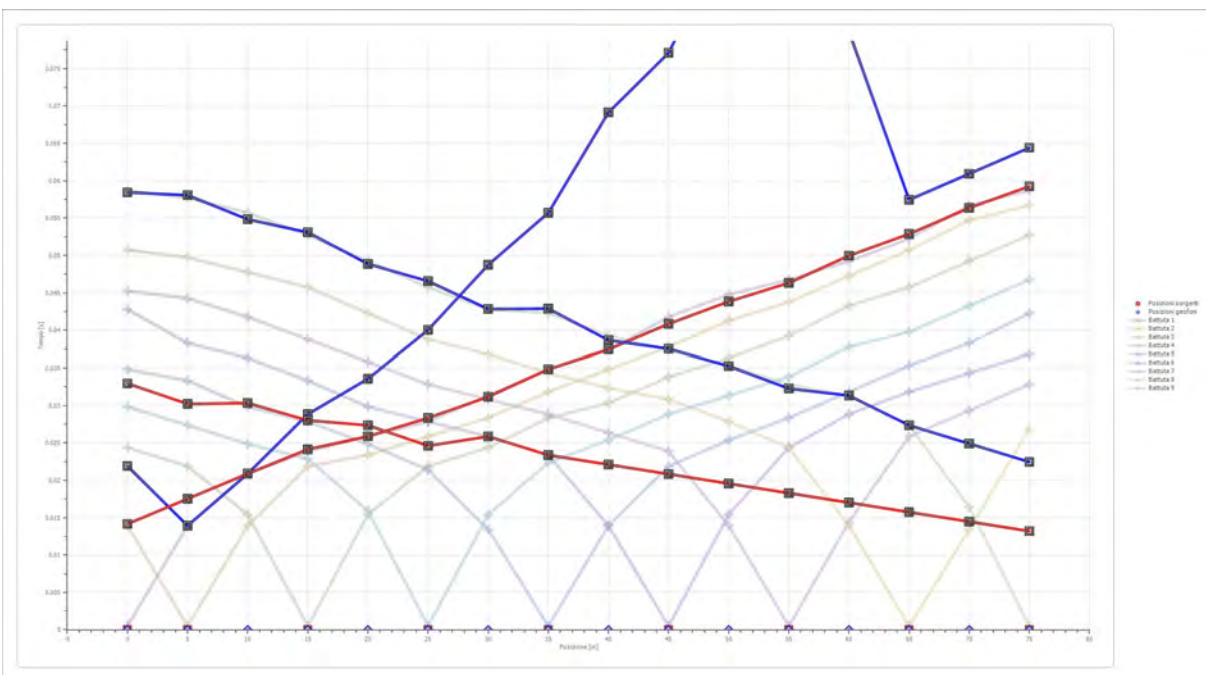


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	58.7021
5.0	57.7072
10.0	55.7173
15.0	52.7324
20.0	49.2501
25.0	45.7678
30.0	42.7829
35.0	42.2854
40.0	39.3006
45.0	37.3107
50.0	35.3208
55.0	32.8334
60.0	31.3410
65.0	27.3612
70.0	16.4167
75.0	0.5000

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	1.4	1.4	--

Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128, e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE

G= 5.0 [m]	0.0	2.1	--
G= 10.0 [m]	0.6	2.9	--
G= 15.0 [m]	1.7	1.7	--
G= 20.0 [m]	1.8	1.8	--
G= 25.0 [m]	2.6	2.6	--
G= 30.0 [m]	3.5	3.5	--
G= 35.0 [m]	4.8	4.8	--
G= 40.0 [m]	6.5	6.5	--
G= 45.0 [m]	7.8	7.8	--
G= 50.0 [m]	10.3	10.3	--
G= 55.0 [m]	11.4	11.4	--
G= 60.0 [m]	7.1	7.1	--
G= 65.0 [m]	2.3	12.2	--
G= 70.0 [m]	2.5	13.5	--
G= 75.0 [m]	2.6	14.2	--
Velocità [m/sec]	356.9	1471.5	2357.6
Descrizione	Coperture detritiche	Substrato molto alterato	Substrato integro

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.47	0.45
Densità [kg/m ³]	1700.00	1900.00	2000.00
Vp [m/s]	356.94	1471.49	2357.64
Vs [m/s]	157.03	350.09	710.86
G0 [MPa]	41.92	232.87	1010.63
Ed [Mpa]	216.59	4114.06	11116.97
M0 [MPa]	174.67	3881.19	10106.34
Ey [Mpa]	115.70	684.64	2930.84

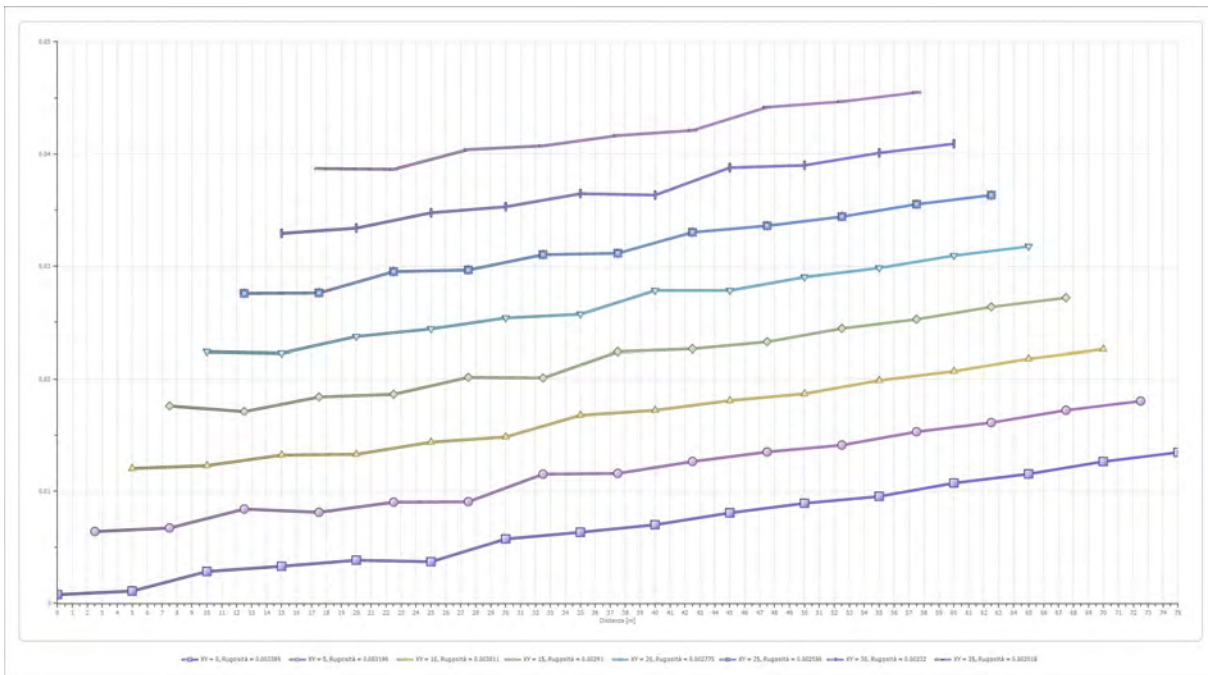
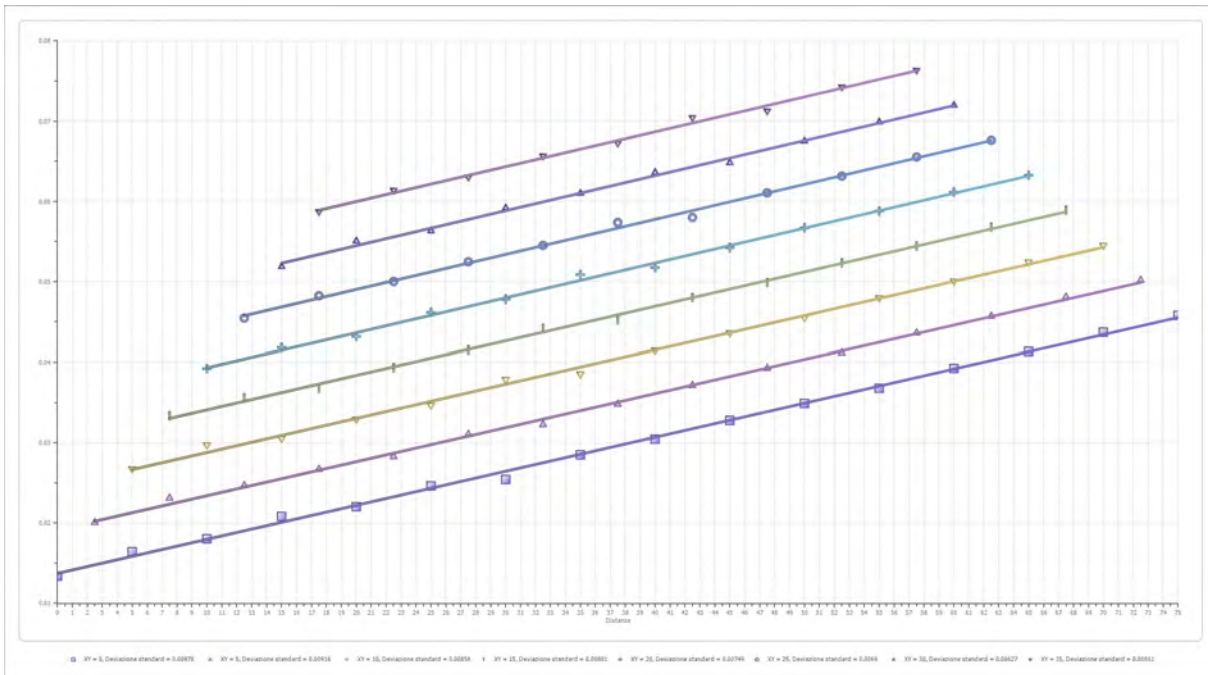
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

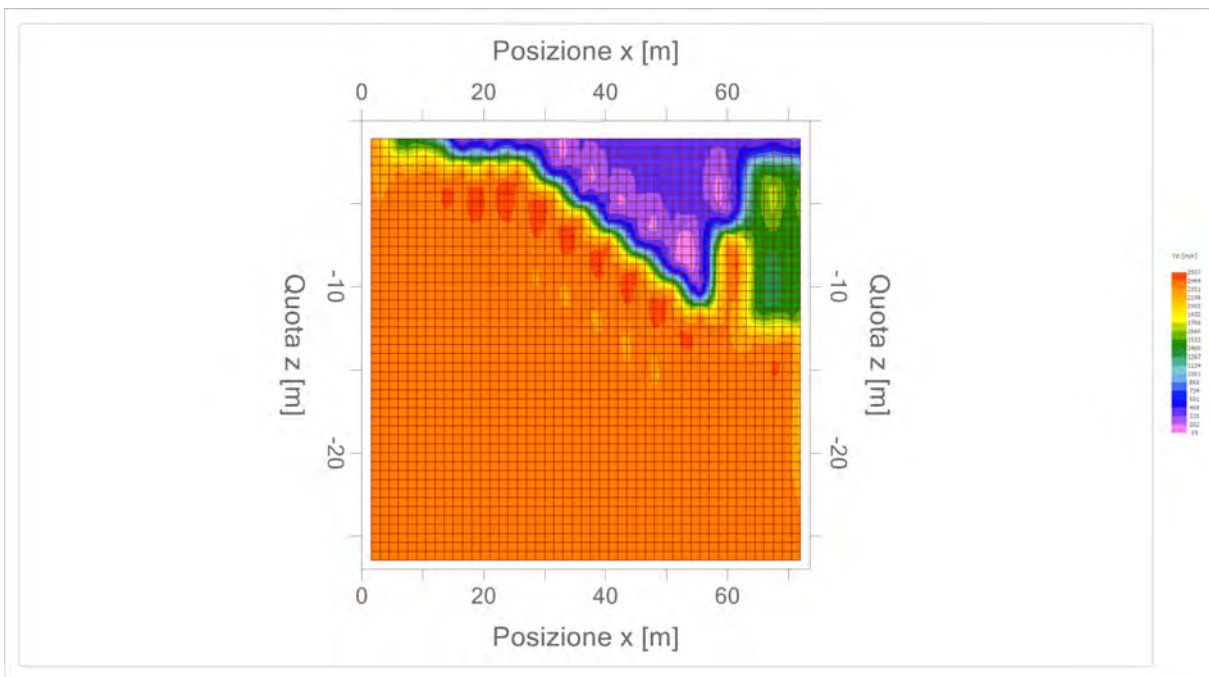
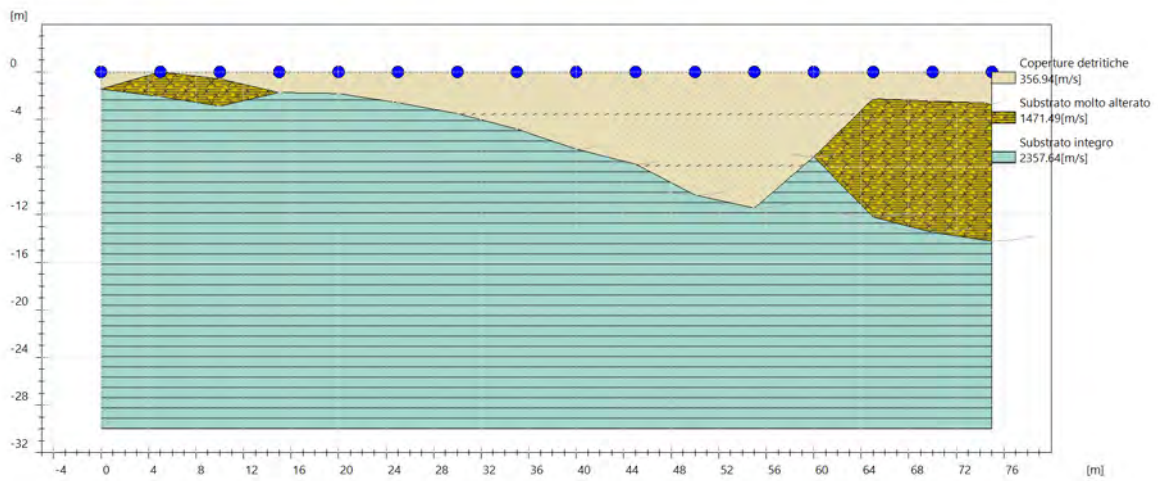
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

REALIZZAZIONE CENTRALE DI DERIVAZIONE



Dott. Geol. Fabio Lunerti - Vicolo San Giuseppe n.14, 62022, Gagliole, (MC) - Tel.3336955128, e-mail:fabiolunerti@gmail.com, - P.Iva.02379620442





**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-
CAMERINO» E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Oggetto: Indagine Geognostica

Committente: Dott. Geol. Massimo Gubinelli

Commessa: 119-23

Falconara M.ma, lì 05 Aprile 2023

Il Responsabile GECO srl

Dott. Marco Gaggiotti



328-2040857

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Geognostica	3
2. INDAGINI GEOTECNICHE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	4
2.1 Indagini geotecniche	4
2.2 Attrezzature di perforazione.....	4
2.3 Prove S.P.T. (STANDARD PENETRATION TEST)	5
2.4 Campionamenti indisturbati	6

ALLEGATI INDAGINE GEOGNOSTICA:

 AII.1 – SONDAGGI GEOGNOSTICI – Documentazione fotografica;

 AII.2 – PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO – Certificati ed elaborati

1. PREMESSA

Su incarico e per conto del Dott. Geol. Massimo Gubinelli, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche finalizzate al progetto di realizzazione di stazione smistamento linee "Valcimarra-Camerino" e "Valcimarra-Cappuccini" in loc. Arcofiato nel comune di Camerino (MC). Le indagini sono state eseguite secondo il programma riportato.

1.1 Geognostica

- esecuzione di n°4 sondaggi meccanici realizzati a carotaggio continuo (cc), spinti alle profondità variabili tra 5,00 m e 10,00 m dal p.c.

Sond.	Carotaggio Continuo		Rivestimento ϕ 127 mm (m)	Strumentazione installata	Data
	da	a			
S1	0,00	8,50	1,50	-	22/02/23
S2	0,00	10,00	1,50	-	22/02/23
S3	0,00	5,00	1,50	-	22/02/23
S4	0,00	5,50	1,50	-	22/02/23

Tab.1 – Elenco Sondaggi geognostici.

- esecuzione di n°2 prove S.P.T. (Standard Penetrometer Test);

Sond	S.P.T.	Profondità (m)		Valore
		da	a	
S2	SPT1	2,50	2,95	11-6-10
S4	SPT1	1,60	2,05	2-6-8

Tab.2 – Elenco prove S.P.T. eseguite.

- prelievo di n°2 campioni indisturbati tramite campionatore a pressione "a parete sottile di tipo aperto" (Shelby);

Sond.	Campione Indisturbato Shelby	Profondità (m)	
		da	a
S2	C1	1,00	1,40
S4	C1	1,20	1,60

Tab.3 – Elenco campioni di terreno prelevati.

Durante l'esecuzione del sondaggio è stata redatta dalla Direzione Lavori una stratigrafia dei terreni attraversati. Le carote di terreno prelevate sono state riposte in apposite cassette catalogatrici a scomparti.

2. INDAGINI GEOTECNICHE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 *Indagini geotecniche*

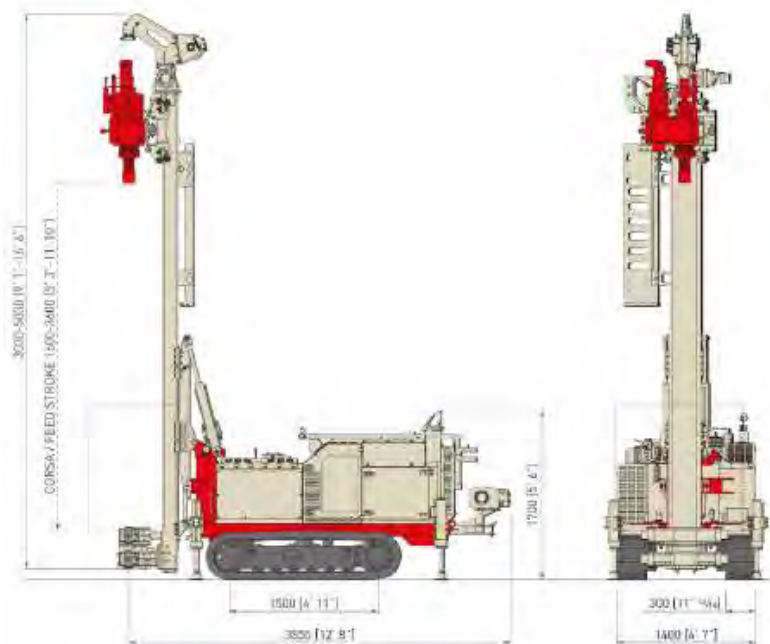
Il sondaggio geotecnico, consente di effettuare perforazioni a rotazione a "carotaggio continuo" con diametro di foro variabile da 101 mm a 127 mm.

Le applicazioni di questo tipo di indagine sono le seguenti:

- Ricostruzioni stratigrafiche del sottosuolo e l'individuazione di possibili discontinuità presenti;
- Prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati per analisi di laboratorio;
- Prove in foro per la determinazione delle proprietà meccaniche dei terreni investigati;
- Installazione di strumentazione di varia tipologia in foro di sondaggio;
- Determinazione del livello piezometrico se presente.

2.2 *Attrezzature di perforazione*

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione COMACCHIO GEO 305 avente le seguenti caratteristiche:



		mm	in
Potenza Motore Engine Power	kW HP	55,4	74
Livello Emissioni Emission Level		Stage 5 / Tier 4 final (HT Line)	
Corso Mast Mast Feed Stroke	mm ft-in	1.600 - 3.600	5'3" - 11' 10"
Forze di Spirita Feed Force	daN lbs	3.500 - 5.000	7,868 - 11,240
Forza di Tiro Retract Force	daN lbs	3.500 - 5.000	7,868 - 11,240
Coppia Rotary Max Rotary Torque Range	daNm lb*ft	470 - 1.100	3,466 - 8,113
Giri Rotary Max Rotary Speed Range	rpm	130 - 580	
Serraggio Morse Clamp Range	mm in	45 - 305	1" 3/8 - 12"
Peso Weight	kg lbs	4.000 - 9.500	8,800 - 21,000

Fig. 1: Scheda tecnica sonda perforatrice COMACCHIO GEO 305.

2.3 Prove S.P.T. (STANDARD PENETRATION TEST)

La prova SPT serve a misurare la resistenza al taglio per terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia esistono delle correlazioni tali da permetterne l'utilizzo della prova in qualsiasi terreno sciolto e non facilmente campionabile.

Lo svolgimento della prova, secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana del 1977", prevede l'esecuzione di un foro di sondaggio con il quale si raggiunge la quota desiderata in un certo banco sabbioso. fermata la trivellazione, si inserisce nel terreno una batteria di aste con alla testa un campionatore standard detto Raymond.

La prova consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm di profondità (30 cm);
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento (45 cm).

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$NSPT = N2 + N3$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;

- maglio di acciaio di 63.5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm.
- nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

2.4 Campionamenti indisturbati

Per campioni indisturbati s'intendono quelli prelevati con apparecchiature idonee a conferire il massimo grado di qualità compatibilmente con la natura del terreno e cioè, in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI del 1977 (Pag.25):

Q.4 - Q.5 per terreni coesivi: possibilità di determinare tutte le caratteristiche con la sola eventuale eccezione di quelle meccaniche di resistenza e deformabilità;

Q.2 - Q.3 per terreni incoerenti o comunque difficili: determinabilità della reale composizione granulometrica e possibilmente anche del contenuto d'acqua naturale.

Campionamenti a pressione

Il campo d'impiego dei campionatori a pressione riguarda particolarmente i terreni di limitata consistenza ed a grana fine. Per l'avanzamento a pressione si impiegano campionatori a "parete sottile", e basso coefficiente di parete, per tale definizione si rimanda al paragrafo 3.3. delle Raccomandazioni AGI.

Il tubo d'infissione, in acciaio di qualità, funge anche da contenitore e pertanto deve essere resistente alla corrosione ed adeguatamente levigato all'interno (acciaio inossidabile o cadmiato o comunque trattato in modo opportuno).

Alla base il tubo deve risultare tagliente (angolo di taglio della scarpa $\alpha = 4^\circ-15^\circ$). I campionatori a pareti sottili possono essere:

a) di tipo aperto (campionatore Shelby). Il campionatore aperto risulta composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati collegata con viti a brugola al tubo d'infissione che funge da contenitore del campione di terreno.

b) di tipo a pistone "libero" o "fisso o stazionario". In questo tipo di campionatore il pistone ha la funzione di chiudere il tubo campionatore all'estremità inferiore e viene sbloccato quando si vuole iniziare il prelievo.

Falconara M.ma, lì 05 Aprile 2023

Il Responsabile
Dott. Geol. Marco Gaggiotti





allegati indagine geognostica

***AII.1 – SONDAGGI GEOGNOSTICI:
Stratigrafie e Documentazione fotografica***

***AII.2 – PROVE GEOTECNICHE DI
LABORATORIO – Certificati ed elaborati***

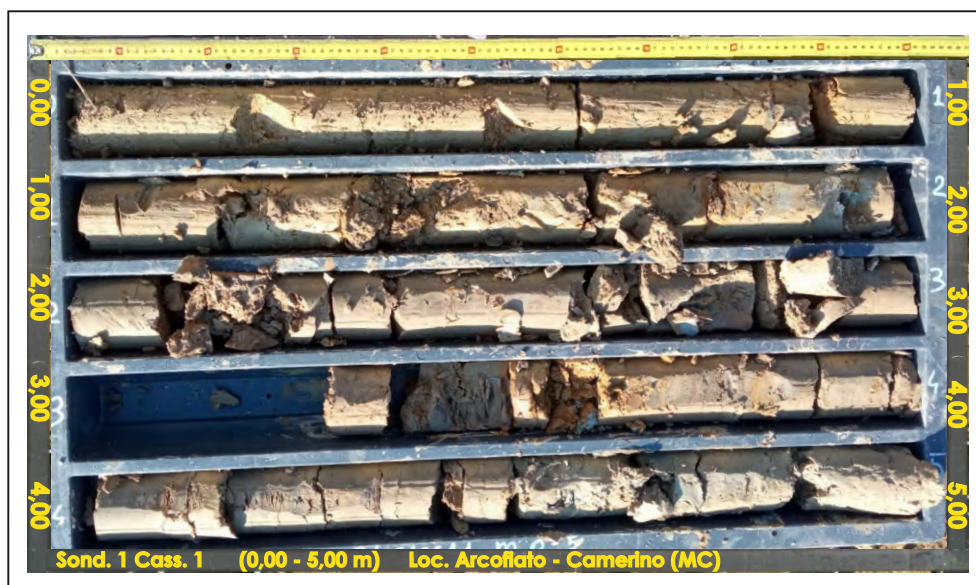
**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio 1 - postazione

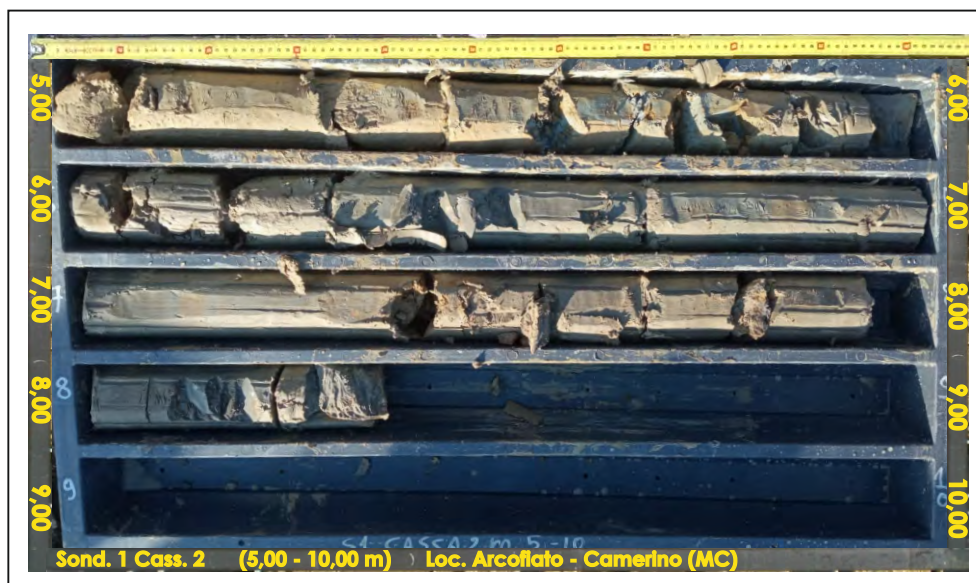


**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio 1 - cassette catalogatrici



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

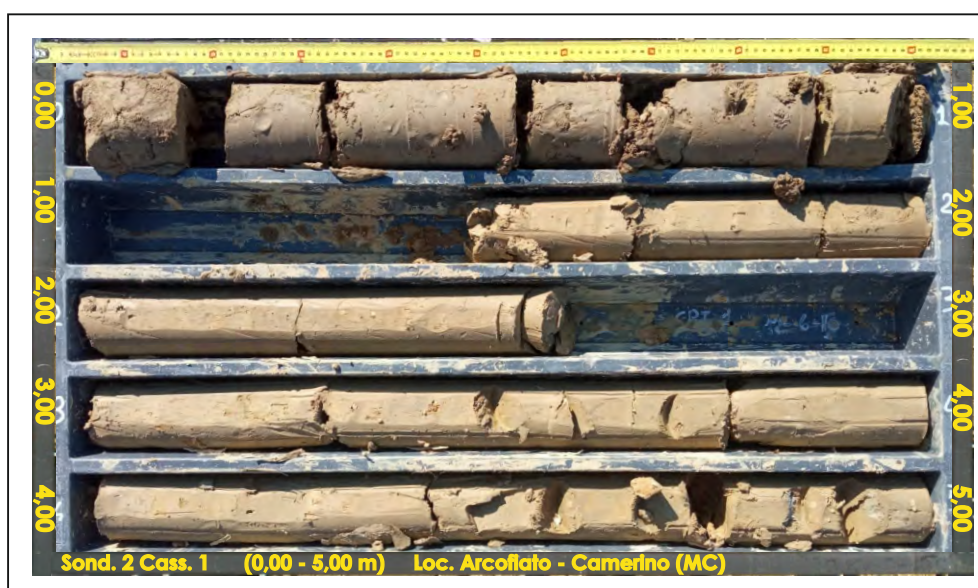
**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio **2** - postazione

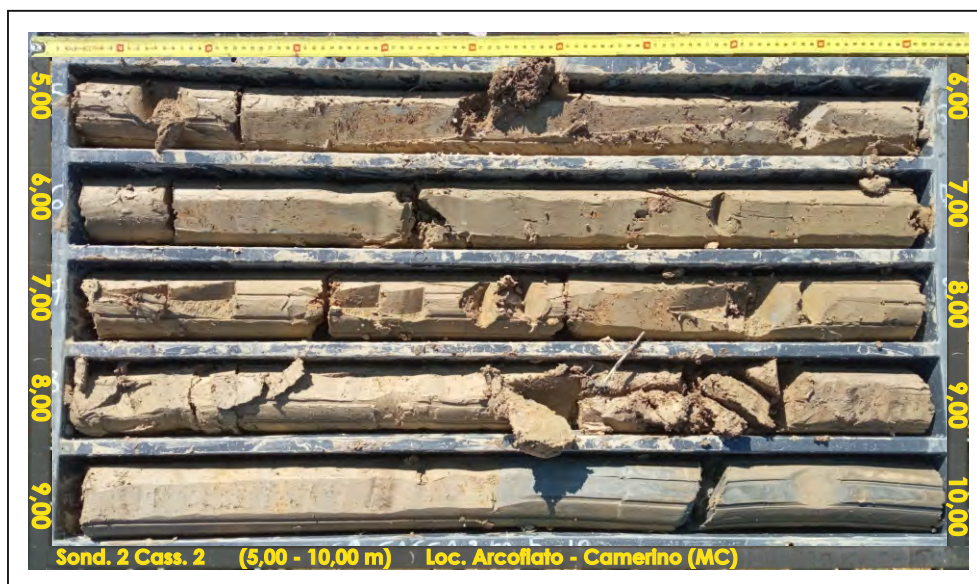


**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio 2 - cassette catalogatrici



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

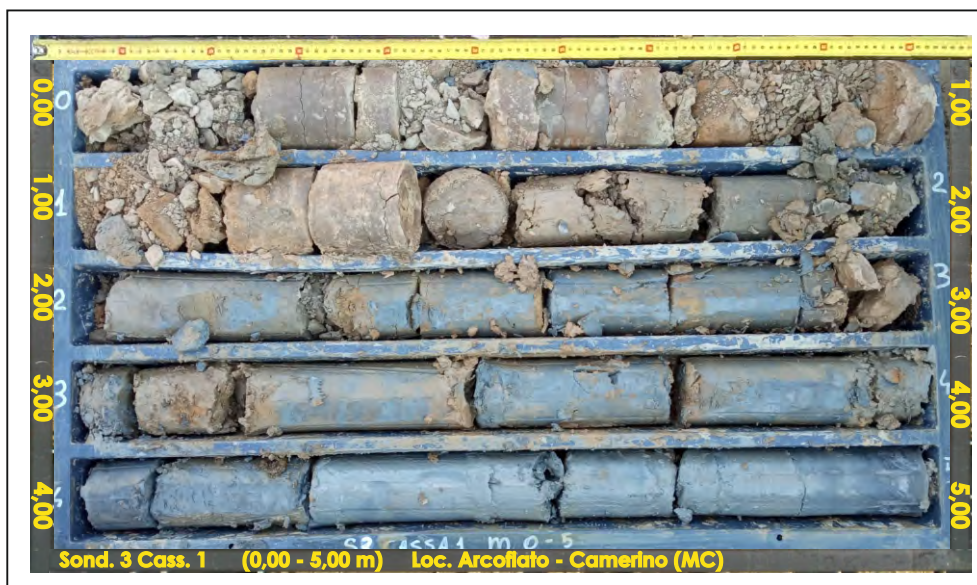
**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio **3** - postazione



**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio 3 - cassette catalogatrici



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00

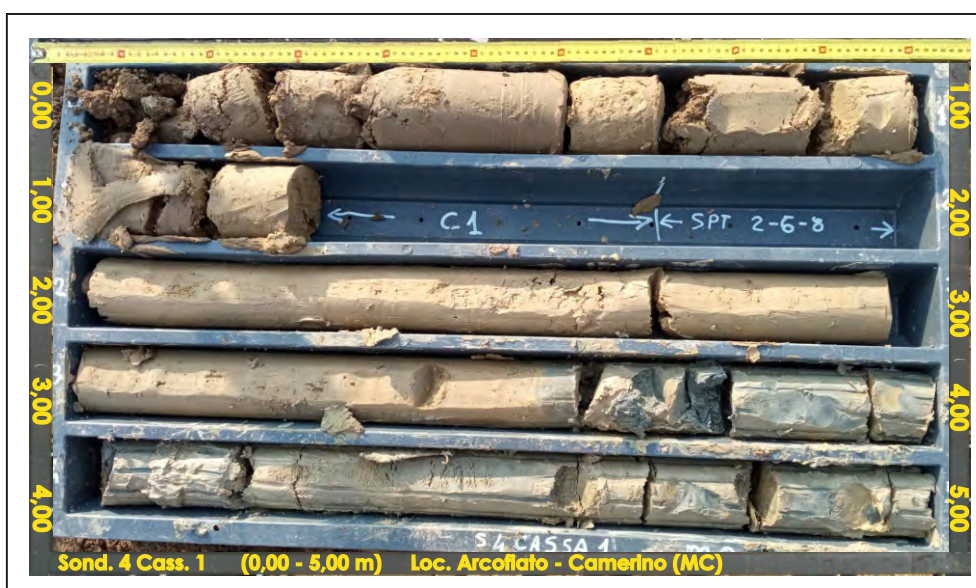
**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio **4** - postazione

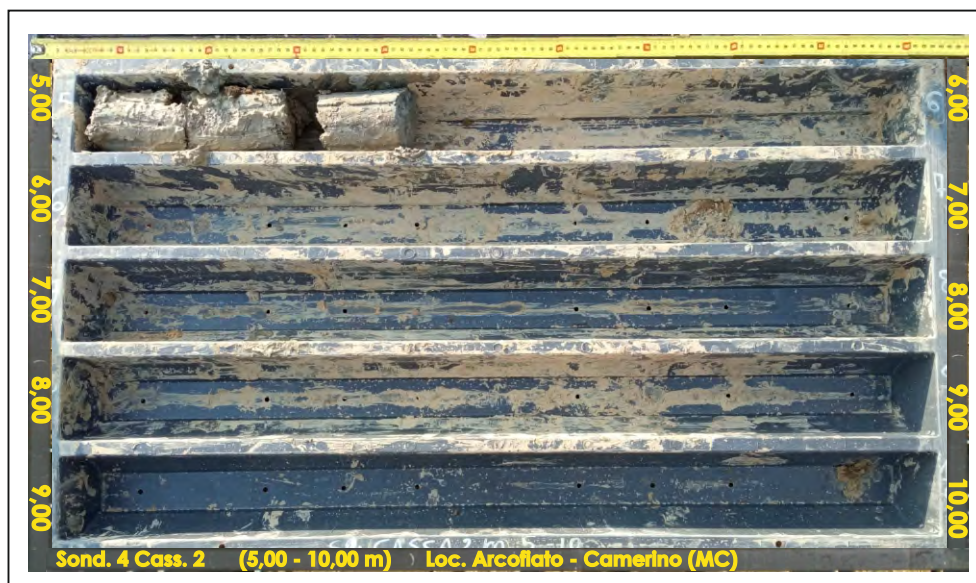


**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PER PROGETTO
REALIZZAZIONE STAZIONE SMISTAMENTO LINEE «VALCIMARRA-CAMERINO»
E «VALCIMARRA-CAPPUCCINI
IN LOCALITA' ARCOFIATO - CAMERINO (MC)**

Sondaggio 4 - cassette catalogatrici



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

REGIONE MARCHE
COMUNE DI CAMERINO

Provincia di MACERATA

OGGETTO:

ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

VERBALE n°

1727

24/02/2023

LOCALITA' : **Camerino**

CANTIERE : **Arcofiato**

GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo
Laboratorio sperimentale di analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- via Montesanto n°64
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- Cod. Fisc. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@gmail.com
geosvevalaboratori@mailcertificata.it

c/o SANPAOLO Banco di Napoli Via Gramsci 13
Lucera (FG)
IBAN : IT94N0306978444100000000506

COMMITTENTE : Dott. Massimo Gubinelli

Campioni analizzati:

- 1 1727 S2 C1 m 01.00-01.40
- 2 1727 S4 C2 m 01.20-01.60

Copia conforme all'originale



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Docc
ALQP



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2008

PRSE

682

DATA
ACCETTAZIONE

24/02/2023

DATA DI
EMISSIONE

05/04/2023

DOCUMENTO n°

001095

mod. PS 75-01/TVRB Rev.01 del 11/02/2013



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PS 75-00/a Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socin
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015
www.csgart.com

Pag 1/1

Certificato n°:	31454	emesso il	04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	15/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA':	Camerino				
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.00-01.40	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

APERTURA CAMPIONI

Modalità di prova: UNI EN ISO 14688-1

Diametro	:	8.4	(cm)	Consistenza :	Media
Lunghezza	:	21.5	(cm)	Plasticità :	Media
				Umidità :	Media
Colore	:	: 2.5Y 5/6			
Pocket	:	275	(KPa)	Vane test :	(KPa)

Descrizione

Limo con argilla di colore marrone.

Analisi effettuate certificati :

- n°31455 Determinazione del peso specifico assoluto dei grani - n°31456 Peso di volume allo stato naturale - n°31457 Determinazione del contenuto naturale d'acqua - n°31458 Analisi Granulometrie per sedimentazione e setacciatura - n°31459 Limite di Liquidità e di Plasticità - n°31460 Limite di ritiro - n°31461 Prova di taglio diretto consolidata drenata - n°31462 Prova di taglio residuo - n°31463 Triassiale UU



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D843E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-05 Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio:
ALGI



CERTIFIED
ISO
9001
www.esqcert.com

Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Certificato n°:	31455	emesso il	04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	19/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA':	Camerino				
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.00-01.40	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PESO SPECIFICO DEI GRANI

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-2

Temperatura di prova : 25 °C

Capacità del picnometro: 100 ml

Disaerazione eseguita sotto vuoto e per bollitura

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 26.349 \text{ KN/m}^3$
(media delle due misure)

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-03 Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Gruppo
ALGI



CERTIFIED
ISO
9001
www.esr.com

Ministero di Infrastrutture
e Trasporti
Qualità Certificata
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Certificato n°: 31456	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	15/03/23

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**

SITO : **Arcofiato**

LOCALITA': **Camerino**

SONDAGGIO : **S2**

CAMPIONE : **C1**

PROFONDITA' : **01.00-01.40 (m)**

DATA PRELIEVO **21/02/23**

TIPO DI FUSTELLA

TIPO DI CAMPIONE

21/02/23

(Metallo)

Indisturbato

Qualità

Q5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-1

Determinazione mediante fustella tarata

Fustella n°	1	▶	$\gamma =$	18.94	KN/m³
Fustella n°	2	▶	$\gamma =$	18.75	KN/m³
Fustella n°	3	▶	$\gamma =$	18.84	KN/m³

Peso volume allo stato naturale

(media delle tre misure)

$\gamma =$ **18.85** **KN/m³**

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. **Giovanni Turco**

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. **Luigi Di Carlo**



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-04 Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



CERTIFIED
ISO
9001
www.esr.com
Sistema di gestione
Qualità certificato
ISO 9001:2015

Pag 1/1

Numero certificato: 31457	emesso il	04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del	24/02/23	15/03/23	16/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli					
SITO : Arcofiato					
LOCALITA': Camerino					
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.00-01.40	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: ASTM D 2216 / 2005

Temperatura di essiccazione : 110 °C

Contenitore N°	2	▶	Wn =	21.5	%
Contenitore N°	42	▶	Wn =	21.2	%
Contenitore N°	10	▶	Wn =	21.3	%

Contenuto d'acqua allo stato naturale

(media delle tre misure)

Wn = 21.35 %

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom.Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott.Ing.Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-01 Rev.01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
DIN EN ISO 9001:2015

Pag 1/2

Numero certificato: 31458	ta di emissione: 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	20/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli	
SITO : Arcofiato	
LOCALITA': Camerino	
SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE
	Qualità

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: ASTM D 422 / 2007

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
4"	101.60			100.00	101.60
3	75.00			100.00	75.00
2	50.00			100.00	50.00
1.5	37.50			100.00	37.50
1"	25.00			100.00	25.00
0.75	19.00			100.00	19.00
0.375	9.50	4.84	2.88	97.12	9.50
4	4.75	0.12	2.95	97.05	4.75
10	2.00	3.01	4.74	95.26	2.00
18	0.85	1.07	5.38	94.62	0.850
40	0.43	0.80	5.85	94.15	0.425
60	0.25	0.92	6.40	93.60	0.250
140	0.11	10.73	12.78	87.22	0.106
200	0.07	11.88	19.85	80.15	0.074
0.45	< 0.074	134.72	80.15	ssante al 200	
Somma (g)		168.09			
Peso iniziale (g)		168.20			
Perdita (g)		0.11			

Analisi con densimetro

correzioni

dispersivo	Cd	-3.00
menisco	Cm	0.50
temperatura	intercetta	-5.00
temperatura	pendenza	0.25

caratteristiche fisiche

peso campione secco g	40.00
peso specifico KN/m ³	26.349

taratura densimetro

intercetta	15.573
pendenza	-0.235

Analisi con densimetro

Tempo	Temperatura	Letture	Letture + C _M	Correzione temperatura	Percentuale parziale
min	°C	R	R'		%
0.50	20.00	27.00	27.50		97.56
1.00	20.00	26.00	26.50		93.57
2.00	20.00	25.00	25.50		89.59
4.00	20.00	23.00	23.50		81.63
8.00	20.00	22.50	23.00		79.64
15.00	20.00	21.50	22.00		75.66
30.00	20.00	21.00	21.50		73.67
60.00	20.00	19.00	19.50		65.70
120.00	20.00	17.00	17.50		57.74
240.00	20.00	15.00	15.50		49.77
480.00	20.00	13.00	13.50		41.81
1440.00	20.00	10.00	10.50		29.86

Percentuale totale %	Diametro grani mm
78.09	0.0576
75.00	0.0532
71.81	0.0377
65.42	0.0214
63.83	0.0152
60.64	0.0137
59.04	0.0097
52.66	0.0069
46.28	0.0049
39.89	0.0034
33.51	0.0024
23.94	0.0014

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03062020718
- C.F. DCRLGU81A03D643E

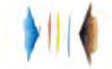
T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti

Socio
ALGI



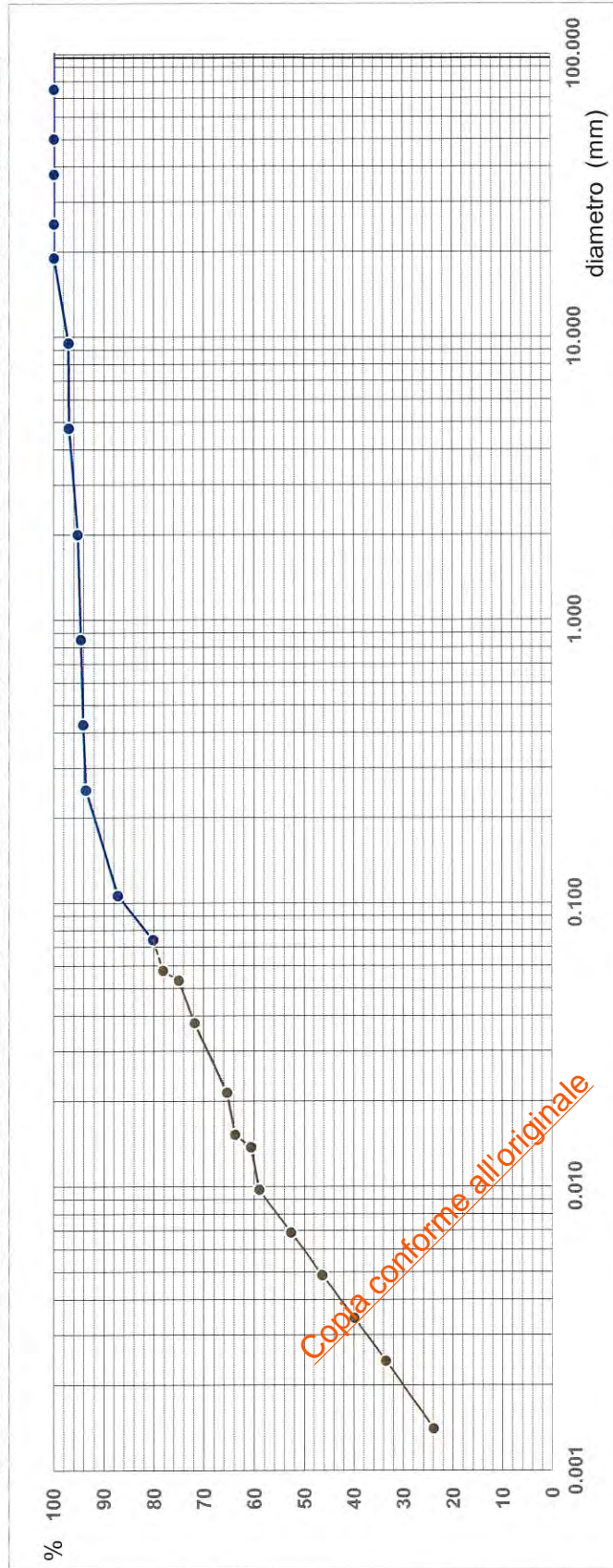
Sistema di gestione
qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

mod. PQ 75-01 Rev.01 del 01/2021

Numero certificato: **31458** Data di emissione: **04/03/2023** **INIZIO PROVA** **FINE PROVA**
VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/2023** **15/03/2023** **20/03/2023**
COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**
SITO : **Arcofiato** **LOCALITA':** **Camerino** **DATA PRELIEVO** **21/02/2023**
SONDAGGIO : **S2** **CAMPIONE :** **C1** **PROFONDITA' :** **01.00-01.40** **(m)**

CURVA GRANULOMETRICA

argilla	limo		grosso	sabbia		ghiaia	ciott.
	fine	medio		fine	grossa		



DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:	ARGILLA	30.00%
Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso	LIMO	47.00%
	SABBIA	17.00%
	GHIAIA	6.00%
	CIOTTOLI	

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03.06.20.20.718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-06/a Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Numero certificato: 31459	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	20/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.00-01.40	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato
			Q5

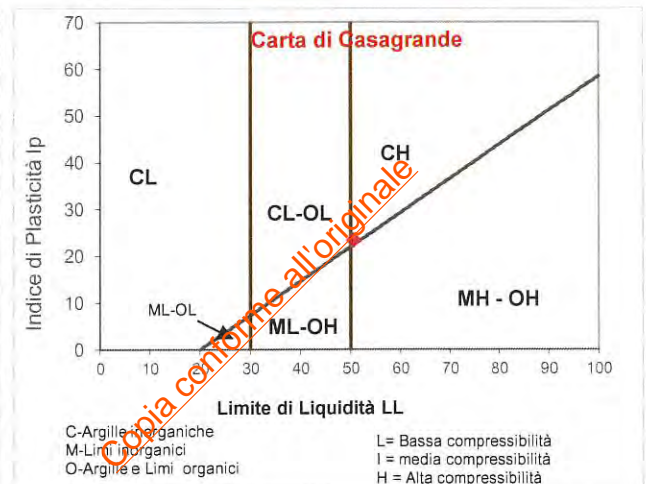
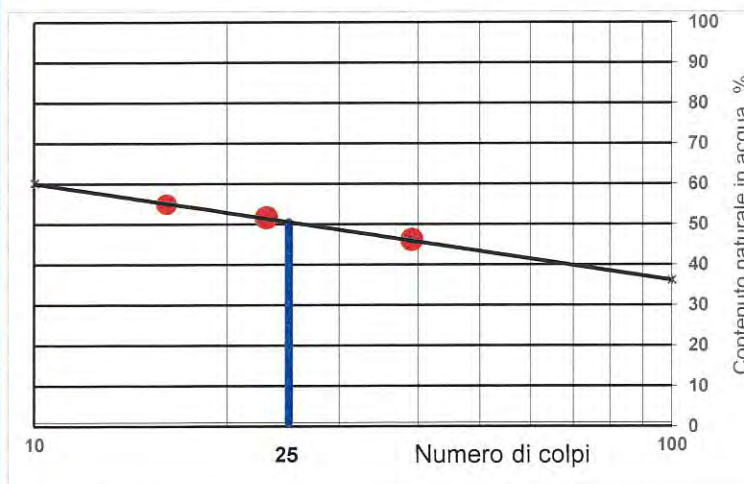
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-2

LA PROVA E' STATA ESEGUITA SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA PASSANTE AL SETACCIO N° 40 (0,425 mm)

PROVINO n.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
NUMERO CONTENITORE	8	30	19	1	122
NUMERO DI COLPI	16	23	39	-	-
TARA (g)	23.078	23.444	17.133	20.343	19.619
PESO UMIDO + TARA (g)	35.504	31.518	26.802	30.998	33.028
PESO SECCO + TARA (g)	31.1	28.77	23.75	28.73	30.15
CONTENUTO IN ACQUA (g)	4.404	2.748	3.052	2.268	2.878
PESO SECCO (g)	8.022	5.326	6.617	8.387	10.531
CONTENUTO IN ACQUA (%)	54.899	51.596	46.124	27.042	27.329

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 21.35 %



RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	51	%
LIMITE PLASTICO	(LP) =	27	%
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	23	
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.250	

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 713
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-06/b Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



System of Quality
Quality Certification
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Numero certificato: 31460	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	20/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo) Qualità
PROFONDITA' :	01.00-01.40	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato Q5
	(m)		

LIMITI DI RITIRO

Modalità di prova: ASTM D 4943 / 2008

	1 ^a Prova	2 ^a Prova
Capsula di monel n.	R4	R31
Peso capsula (g)	17.604	18.084
volume capsula (cm ³)	15.070	16.065
Peso capsula + terreno rimescolato (g)	42.763	44.069
Peso capsula + terreno rimescolato secco (g)	33.8	34.85
Volume finale (cm ³)	9	10
CONTENUTO IN ACQUA (g)	8.963	9.219
PESO SECCO (g)	16.196	16.766
Contenuto d'acqua (%)	55.3408249	54.98628176
Volume vuoti (cm ³)	6.07	6.07
LIMITE DI RITIRO (LR) =	17.86243517	18.81188119
LIMITE DI RITIRO MEDIO (LR) =	18.33715818	

Limite di ritiro medio

(media delle due misure)

LR = 18.337 %

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Società
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/5

Numero certificato: 31461	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727 del 24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

dati generali:		Provino n°1	Provino n°2	Provino n°3
Sezione provino	(cm ²)	36.00	36.00	36.00
Altezza iniziale	(mm)	23.00	23.00	23.00
Altezza finale	(mm)	22.56	22.40	22.25
Num tara 1		1.00	2.00	3.00
Peso tara 1	(g)	143.82	142.87	137.52
Tara + p. umido iniziale	(g)	307.74	310.04	303.61
Num tara 2		1.00	2.00	3.00
Peso tara 2	(g)	0.00	0.00	0.00
Tara + p. umido finale	(g)	165.25	166.34	164.82
Tara + p. provino secco	(g)	134.88	136.81	135.23
D Consolidazione 24 h	(mm)	0.44	1.83	2.08
Peso di volume iniziale	(KN/m ³)	$\gamma_{(i)}$ 19.41	19.80	19.67
Peso di volume finale	(KN/m ³)	$\gamma_{(f)}$ 19.95	20.23	20.18
Peso di volume secco	(KN/m ³)	$\gamma_d(i)$ 15.97	16.20	16.02
Contenuto acqua iniziale	(%)	$W_n(i)$ 21.53	22.19	22.82
Contenuto acqua finale	(%)	$W_n(f)$ 22.52	21.58	21.88
Saturazione iniziale	(%)	$S_r(i)$ 89.07	95.22	95.03
Saturazione finale	(%)	$S_r(f)$ 97.91	99.34	99.40
Indice dei vuoti iniziale		$e(i)$ 0.65	0.63	0.65
Indice dei vuoti finale		$e(f)$ 0.62	0.58	0.59
Peso vol. secco finale	(KN/m ³)	$\gamma_d(f)$ 16.29	16.64	16.56

Provino n°1

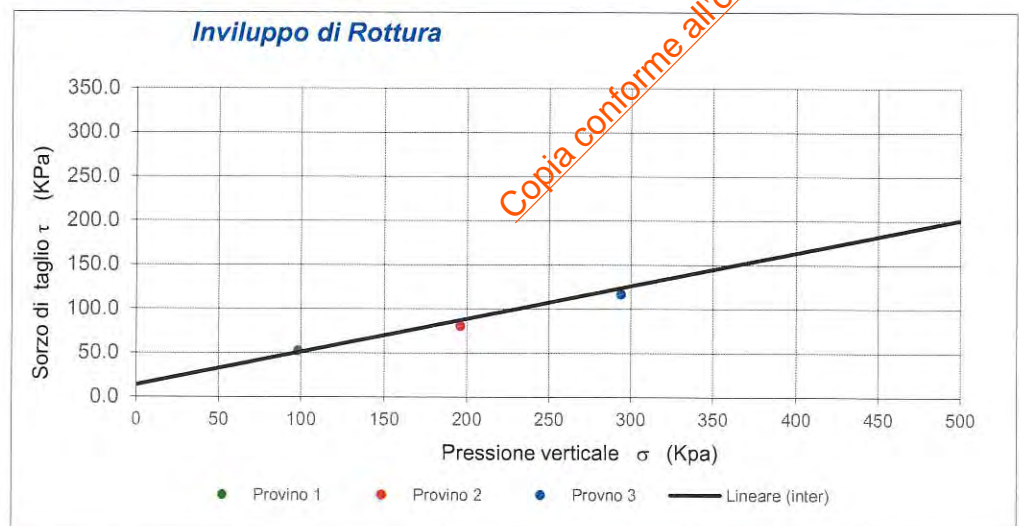
$\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 52.03$ (Kpa)
 $S_h = 1.89$ (mm)

Provino n°2

$\sigma = 196$ (Kpa)
 $\tau_r = 80.28$ (Kpa)
 $S_h = 3.16$ (mm)

Provino n°3

$\sigma = 294$ (Kpa)
 $\tau_r = 116.45$ (Kpa)
 $S_h = 2.42$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03-08-20-20-718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



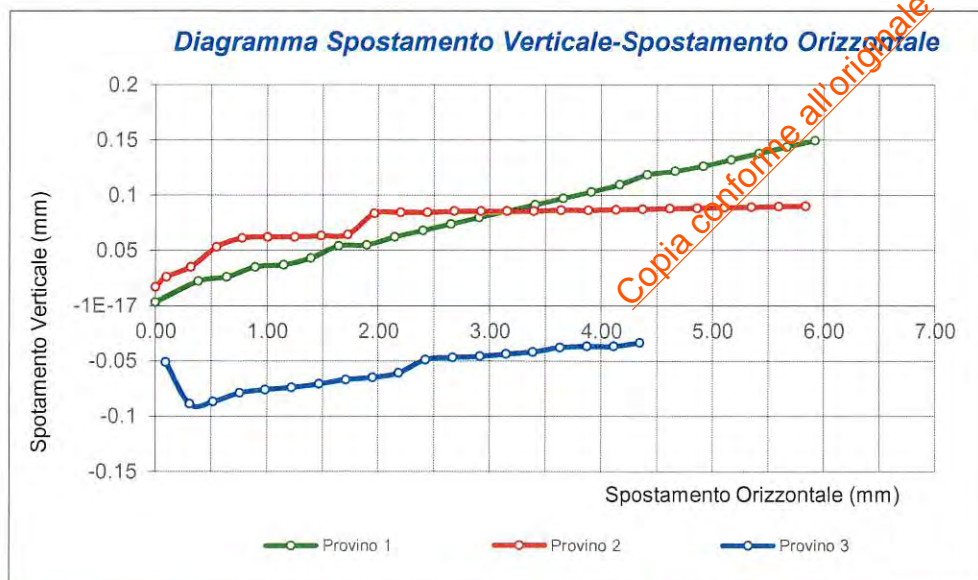
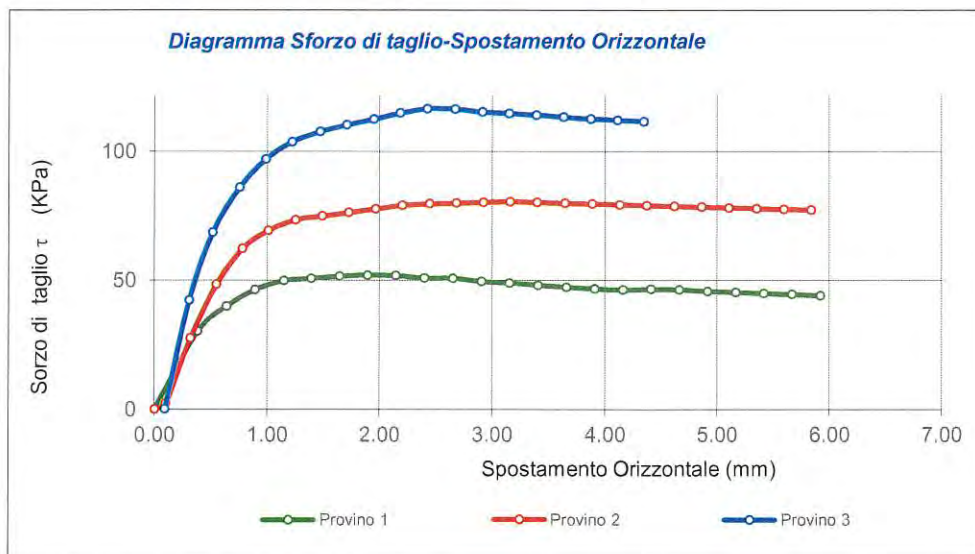
Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 2/5

Numero certificato: 31461	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23
COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO 21/02/23		Qualità
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



Numero certificato: 31461	Data di emissione: 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubellini		
SITO :	Arcofiato		
LOCALITA':	Camerino		
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo) Qualità
PROFONDITA' :	01.00-01.40	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

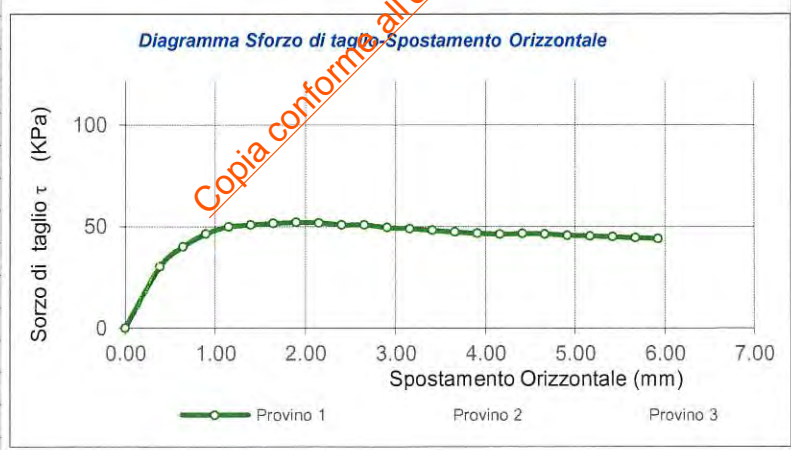
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: **Provino n°1** **velocità di prova :** 0.005 (mm/min)

lettura n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1	0.000	0.003	0	0.000
2	0.109	0.022	0.384	30.250
3	0.144	0.026	0.640	39.997
4	0.167	0.035	0.894	46.383
5	0.180	0.037	1.148	49.879
6	0.183	0.043	1.392	50.753
7	0.186	0.054	1.643	51.593
8	0.187	0.055	1.897	52.030
9	0.187	0.062	2.149	51.828
10	0.183	0.068	2.400	50.854
11	0.183	0.074	2.652	50.786
12	0.178	0.080	2.903	49.509
13	0.176	0.085	3.155	48.938
14	0.173	0.091	3.406	48.064
15	0.170	0.097	3.658	47.324
16	0.168	0.103	3.909	46.686
17	0.166	0.110	4.161	46.215
18	0.167	0.118	4.412	46.518
19	0.167	0.122	4.664	46.283
20	0.164	0.126	4.915	45.678
21	0.163	0.132	5.167	45.319
22	0.162	0.138	5.418	44.899
23	0.160	0.144	5.670	44.479
24	0.159	0.149	5.921	44.059

lettura n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)

$\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 52.89$ (Kpa)
 $S_h = 89$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e
dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 -
26/03/2010

mod.PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013

- P.IVA 03 06 20 20 71
- C.F.
DCRLGU81A09D643E



T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

Ministero

Soc Sistema

Pag 5/5

Certificato n°:	31461	Data di emissione:	04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubellini				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA' :	Camerino				
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23		
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.00-01.40	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

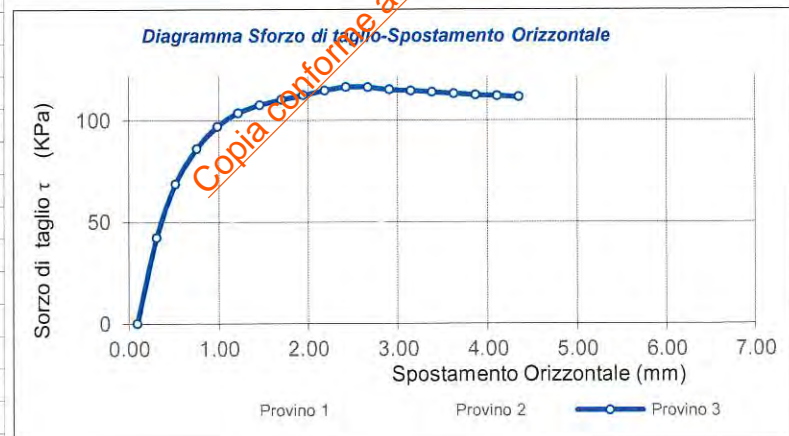
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: *Provino n°3* **velocità di prova :** 0.005 (mm/min)

lettura n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1	0.000	-0.051	0.093	0.108
2	0.152	-0.089	0.308	42.289
3	0.247	-0.087	0.517	68.628
4	0.310	-0.079	0.755	86.106
5	0.349	-0.076	0.986	96.922
6	0.373	-0.074	1.220	103.706
7	0.387	-0.071	1.467	107.586
8	0.397	-0.067	1.707	110.214
9	0.405	-0.065	1.950	112.414
10	0.413	-0.061	2.185	114.767
11	0.419	-0.049	2.424	116.447
12	0.419	-0.047	2.669	116.294
13	0.414	-0.046	2.911	115.133
14	0.413	-0.044	3.148	114.583
15	0.410	-0.042	3.388	113.972
16	0.407	-0.038	3.631	113.178
17	0.405	-0.037	3.872	112.475
18	0.403	-0.037	4.109	112.017
19	0.401	-0.034	4.346	111.497

lettura n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)

$\sigma = 29.6$ (Kpa)
 $\tau_r = 116.45$ (Kpa)
 $S_h = 2.42$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03.06.20.20.718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-11/hRev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Società
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015
Pag 1/5

Certificato n°:	31462	ta di emissione:	04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA':	Camerino				
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.00-01.40	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

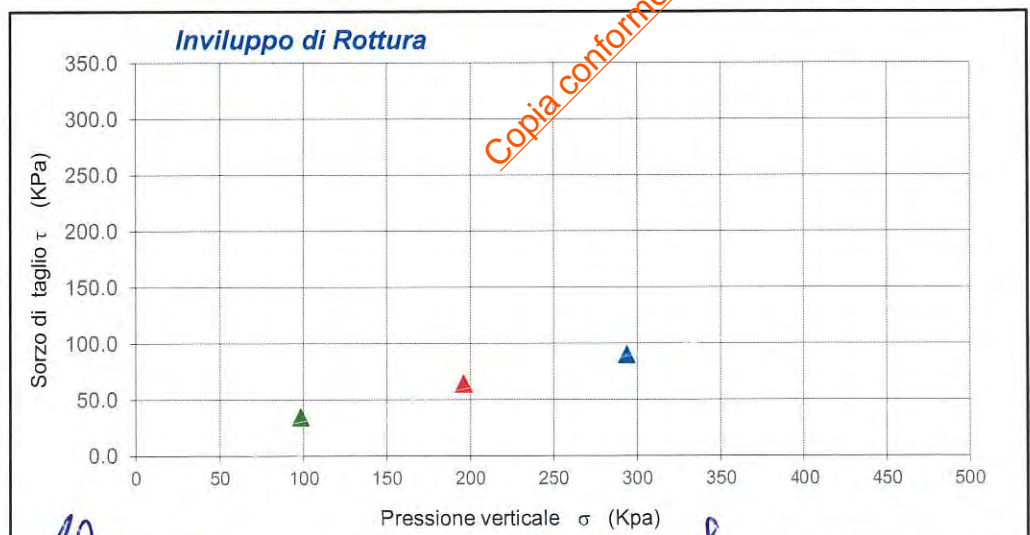
Modalità di prova: ASTM D 3080 / 2004

dati generali:		Provino n°1	Provino n°2	Provino n°3
Sezione provino	cm ²	36.00	36.00	36.00
Altezza iniziale	mm	23.00	23.00	23.00
Altezza finale	mm	22.56	22.40	22.25
Num tara 1		1.00	2.00	3.00
Peso tara 1	g	143.82	142.87	137.52
Tara + p. umido iniziale	g	307.74	310.04	303.61
Num tara 2		1.00	2.00	3.00
Peso tara 2	g	0.00	0.00	0.00
Tara + p. umido finale	g	165.25	166.34	164.82
Tara + p. provino secco	g	134.88	136.81	135.23
Peso specifico grani	KN/m ³			
Peso di volume iniziale	KN/m ³	19.41	19.80	19.67
Peso di volume finale	KN/m ³	19.95	20.23	20.18
Peso di volume secco	KN/m ³	15.97	16.20	16.02
Contenuto acqua iniziale	%	21.53	22.19	22.82
Contenuto acqua finale	%	22.52	21.58	21.88
Saturazione iniziale	%	89.07	95.22	95.03
Saturazione finale	%	97.91	99.34	99.40
Indice dei vuoti iniziale		0.65	0.63	0.65
Indice dei vuoti finale		0.62	0.58	0.59
Peso vol. secco finale	KN/m ³	16.29	16.64	16.56

Provino n°1
 $\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 34.49$ (Kpa)
 $S_h = 2.82$ (mm)

Provino n°2
 $\sigma = 196$ (Kpa)
 $\tau_r = 64.02$ (Kpa)
 $S_h = 3.09$ (mm)

Provino n°3
 $\sigma = 294$ (Kpa)
 $\tau_r = 89.73$ (Kpa)
 $S_h = 5.27$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 713
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-11/bRev.01 del 01/2013



Ministero delle
infrastrutture
e dei Trasporti



Suolo
ALGI



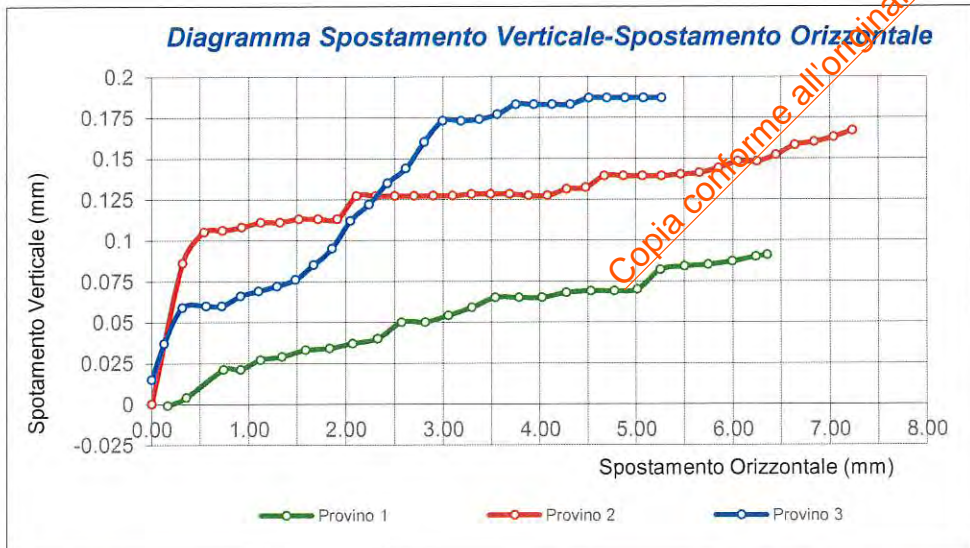
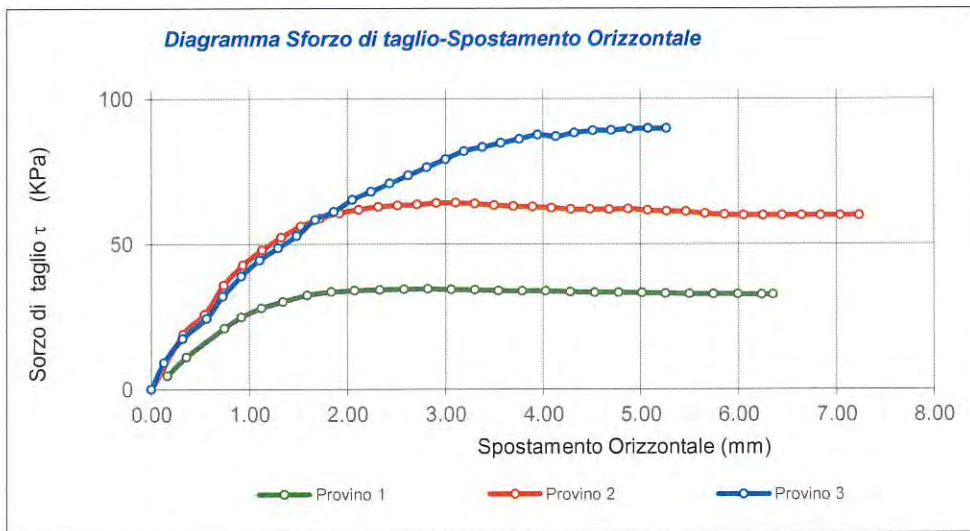
Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 2/5

Certificato n°:	31462	ta di emissione:	04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	22/03/23
COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA' :	Camerino				
SONDAGGIO :	S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5	

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Modalità di prova: ASTM D 3080 / 2004



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

P.IVA 03 06 20 20 718
C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/bRev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture e
dei Trasporti



Subito
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 3/5

Certificato n°: 31462	Data di emissione: 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

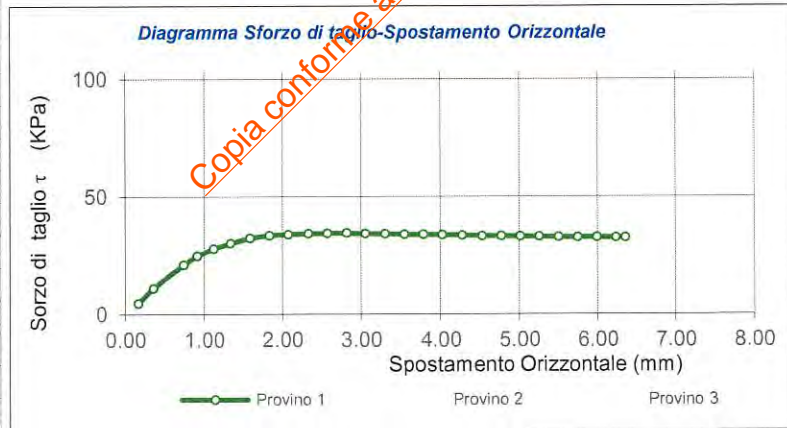
PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: **Provino n°1** **velocità di prova :** 0.005 (mm/min)

lettura n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)	lettura n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1	0.017	-0.001	0.165	4.700	36	0.117	0.091	6.355	32.532
2	0.040	0.004	0.362	11.117					
3	0.075	0.021	0.743	20.966					
4	0.089	0.021	0.916	24.795					
5	0.100	0.027	1.124	27.911					
6	0.109	0.029	1.345	30.155					
7	0.117	0.033	1.590	32.373					
8	0.121	0.034	1.836	33.482					
9	0.122	0.037	2.074	33.931					
10	0.123	0.040	2.328	34.248					
11	0.124	0.050	2.574	34.433					
12	0.124	0.050	2.818	34.486					
13	0.123	0.054	3.055	34.274					
14	0.123	0.059	3.299	34.169					
15	0.122	0.065	3.541	33.878					
16	0.122	0.065	3.785	33.799					
17	0.121	0.065	4.028	33.720					
18	0.120	0.068	4.277	33.456					
19	0.120	0.069	4.529	33.245					
20	0.120	0.069	4.773	33.245					
21	0.119	0.070	5.013	33.060					
22	0.119	0.082	5.253	32.928					
23	0.118	0.084	5.501	32.743					
24	0.118	0.085	5.746	32.690					
25	0.118	0.087	5.994	32.664					
26	0.117	0.090	6.237	32.505					
27	0.117	0.091	6.355	32.532					
28	0.117	0.091	6.355	32.532					
29	0.117	0.091	6.355	32.532					
30	0.117	0.091	6.355	32.532					
31	0.117	0.091	6.355	32.532					
32	0.117	0.091	6.355	32.532					
33	0.117	0.091	6.355	32.532					
34	0.117	0.091	6.355	32.532					
35	0.117	0.091	6.355	32.532					

$\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 32.49$ (Kpa)
 $S_h = 2.82$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 719
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-11/b Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Società
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
DIN EN ISO 9001:2015

Pag 4/5

GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

Certificato n°: **31462** Data di emissione: **04/03/23**
VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/23**

INIZIO PROVA **FINE PROVA**
15/03/23 22/03/23

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**
SITO : **Arcofiato**
LOCALITA': **Camerino**
SONDAGGIO : **S2** DATA PRELIEVO **21/02/23**
CAMPIONE : **C1** TIPO DI FUSTELLA (Metallo)
PROFONDITA' : **01.00-01.40 (m)** TIPO DI CAMPIONE Indisturbato Q5

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

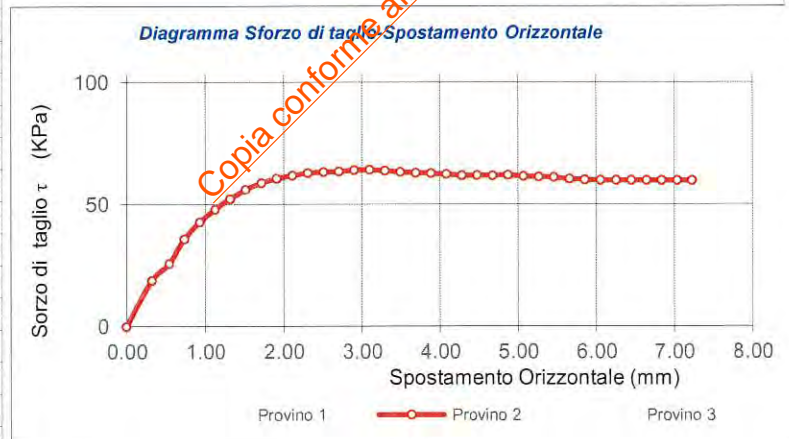
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: **Provino n°2** velocità di prova : 0.005 (mm/min)

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1	0.000	0	0	0.000
2	0.068	0.086	0.320	18.860
3	0.093	0.105	0.541	25.749
4	0.129	0.106	0.730	35.789
5	0.154	0.108	0.927	42.696
6	0.172	0.111	1.124	47.889
7	0.188	0.111	1.321	52.281
8	0.202	0.113	1.518	56.016
9	0.211	0.113	1.715	58.713
10	0.218	0.113	1.912	60.572
11	0.222	0.127	2.109	61.757
12	0.226	0.127	2.306	62.759
13	0.228	0.127	2.503	63.196
14	0.228	0.127	2.700	63.470
15	0.230	0.127	2.897	63.925
16	0.230	0.127	3.094	64.016
17	0.229	0.128	3.291	63.743
18	0.228	0.128	3.488	63.214
19	0.226	0.128	3.685	62.814
20	0.225	0.127	3.882	62.595
21	0.224	0.127	4.079	62.212
22	0.222	0.131	4.276	61.757
23	0.222	0.132	4.473	61.720
24	0.222	0.139	4.670	61.665
25	0.223	0.139	4.867	61.848
26	0.221	0.139	5.064	61.356
27	0.220	0.139	5.261	61.028
28	0.219	0.140	5.458	60.918
29	0.217	0.141	5.655	60.262
30	0.216	0.144	5.852	59.953
31	0.215	0.148	6.049	59.807
32	0.215	0.148	6.246	59.789
33	0.215	0.152	6.443	59.789
34	0.215	0.158	6.64	59.789
35	0.215	0.160	6.837	59.789

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
36	0.215	0.163	7.034	59.789
37	0.215	0.167	7.231	59.789

$\sigma = 196$ (Kpa)
 $\tau_r = 64.02$ (Kpa)
 $S_h = 7.09$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03.06.20.20.718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/bRev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Soc. ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 5/6

Certificato n°: **31462** Data di emissione: **04/03/23**
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727 del **24/02/23**

INIZIO PROVA **FINE PROVA**
15/03/23 22/03/23

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**
SITO: **Arcofiato**
LOCALITA': **Camerino**
SONDAGGIO : **S2** DATA PRELIEVO **21/02/23**
CAMPIONE : **C1** TIPO DI FUSTELLA **(Metallo)**
PROFONDITA' : **01.00-01.40 (m)** TIPO DI CAMPIONE **Indisturbato Q5**

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

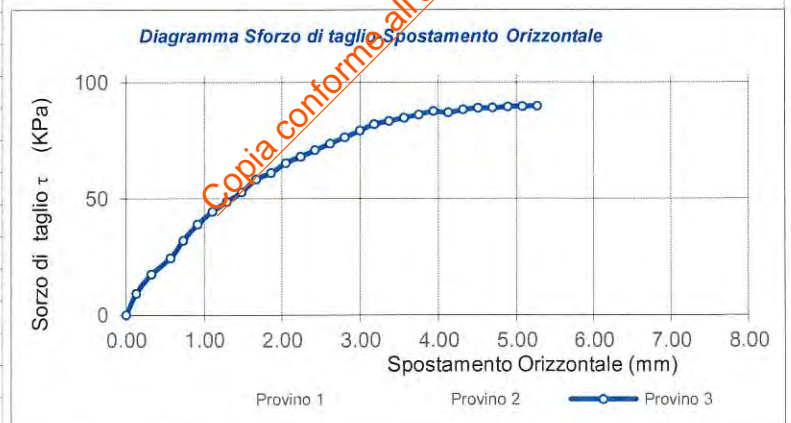
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: **Provino n°3** velocità di prova : **0.005 (mm/min)**

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1	0.000	0.015	0	0.000
2	0.033	0.037	0.129	9.167
3	0.063	0.059	0.322	17.500
4	0.088	0.060	0.566	24.444
5	0.115	0.060	0.727	31.944
6	0.140	0.066	0.916	38.889
7	0.160	0.069	1.105	44.444
8	0.175	0.072	1.294	48.611
9	0.190	0.076	1.483	52.778
10	0.210	0.085	1.673	58.333
11	0.220	0.095	1.862	61.111
12	0.235	0.112	2.051	65.278
13	0.245	0.122	2.240	68.056
14	0.255	0.135	2.429	70.833
15	0.265	0.144	2.618	73.611
16	0.275	0.160	2.807	76.389
17	0.285	0.173	2.996	79.167
18	0.295	0.173	3.185	81.944
19	0.300	0.174	3.374	83.333
20	0.305	0.177	3.564	84.722
21	0.310	0.183	3.753	86.111
22	0.315	0.183	3.942	87.500
23	0.313	0.183	4.131	86.938
24	0.318	0.183	4.320	88.205
25	0.320	0.187	4.509	88.895
26	0.321	0.187	4.698	89.050
27	0.322	0.187	4.887	89.514
28	0.323	0.187	5.076	89.669
29	0.323	0.187	5.265	89.725

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)

$\sigma = 294$ (Kpa)
 $\tau_r = 89.725$ (Kpa)
 $S_h = 5.27$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

- P.IVA 03 08 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02810 - 26/03/2010

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015
www.enqcert.com

GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

Pag 1/2

Certificato n°: **31463** emesso il **04/03/23**
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727 del **24/02/23**

INIZIO PROVA **FINE PROVA**
15/03/23 22/03/23

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**

SITO : **Arcofiato**

LOCALITA': **Camerino**

SONDAGGIO : **S2**

DATA PRELIEVO **21/02/23**

CAMPIONE : **C1**

TIPO DI FUSTELLA (Metallo)

PROFONDITA' : **01.00-01.40 (m)**

TIPO DI CAMPIONE

Indisturbato

Q5

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA UU

Modalità di prova: UNI CEN ISO17892-8

Fase di rottura : P1		Fase di rottura : P2		Fase di rottura : P3	
ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$	ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$	ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$
%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.00	0.00				
0.15	6.52				
0.61	82.20				
1.10	136.87				
1.62	168.37				
2.11	189.30				
2.63	203.59				
3.16	214.19				
3.65	222.30				
4.17	228.46				
4.68	233.55				
5.20	236.88				
5.71	240.94				
6.22	243.85				
6.73	246.39				
7.25	248.71				
7.76	250.34				
8.26	252.07				
8.77	253.24				
9.30	254.01				
9.79	254.78				
10.32	255.50				
10.82	255.81				
11.34	256.20				
11.87	256.62				
12.36	256.80				
12.88	257.07				
13.40	257.67				
13.91	257.44				
14.43	256.94				
14.95	256.21				
15.47	254.95				
15.99	253.82				
16.49	252.74				
17.03	251.55				
17.55	250.04				
18.06	248.35				
0.00	0.00				
0.00	0.00				
0.00	0.00				
0.00	0.00				

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-14 Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 2/2

Certificato n°: 31463	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23
COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO 21/02/23	QZUALITA'	
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA (Metallo)		
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE Indisturbato	Q5	

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA UU

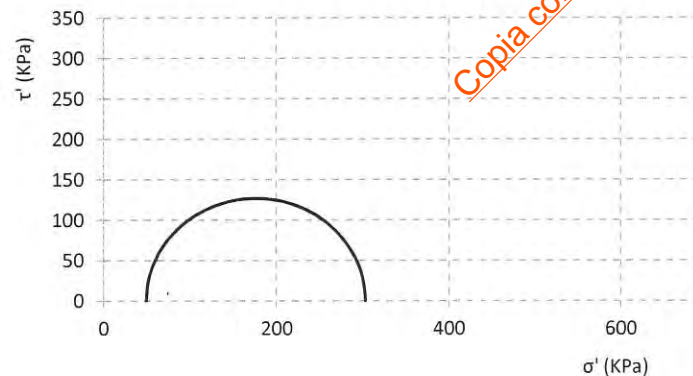
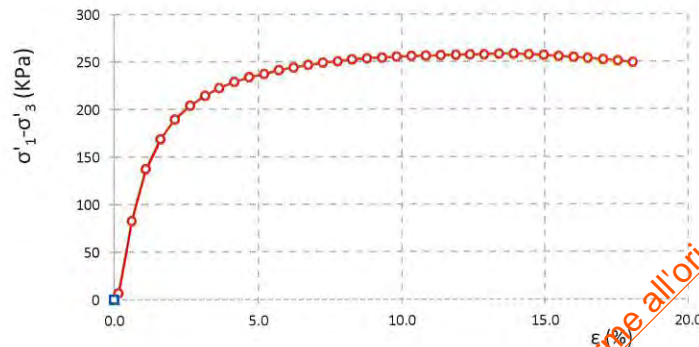
Modalità di prova: UNI CEN ISO17892-8

Fase di rottura

Provino	H0	Ao	γ_n KN/m ³	γ_d KN/m ³	W ₀ %
1	73.00	11.33	19.85	16.48	20.45
2					
3					

W _f %	S ₀ %	S _f %
20.57	91.70	99.52

Provino	σ_{1c} kPa	σ_{3c} kPa	σ'_{1c} kPa	ϵ %	$\sigma'_1 - \sigma'_3$ kPa
1	50.00	50.00	0.00	8.77	253.24



Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PS 75-00/a Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Soc. ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Certificato n°:	31464	emesso il	05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	15/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA':	Camerino				
SONDAGGIO :	S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.20-01.60	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

APERTURA CAMPIONI

Modalità di prova: UNI EN ISO 14688-1

Diametro	:	8.4	(cm)	Consistenza	:	Media
Lunghezza	:	31.5	(cm)	Plasticità	:	Media
				Umidità	:	Media
Colore	:	6/6 2.5y				
Pocket	:	250	(KPa)	Vane test	:	(KPa)

Descrizione

Limo con argilla di colore marrone-verdastro

Analisi effettuate certificati :

- n°31465 Determinazione del peso specifico assoluto dei grani - n°31466 Peso di volume allo stato naturale - n°31467 Determinazione del contenuto naturale d'acqua - n°31468 Analisi Granulometrie per sedimentazione e setacciatura - n°31469 Limite di Liquidità e di Plasticità - n°31470 Limite di ritiro - n°31471 Prova di taglio diretto consolidata drenata - n°31472 Prova di taglio residuo - n°31473 Triassiale UU



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 20/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03062020718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-05 Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



CERTIFIED
ISO
9001
www.esqcert.com
Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Certificato n°: 31465	emesso il	05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	15/03/23	19/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli					
SITO : Arcofiato					
LOCALITA': Camerino					
SONDAGGIO :	S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.20-01.60	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PESO SPECIFICO DEI GRANI

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-2

Temperatura di prova : 25 °C

Capacità del picnometro: 100 ml

Disaerazione eseguita sotto vuoto e per bollitura

Peso specifico dei grani
(media delle due misure)

$\gamma_s =$ **26.441** KN/m³

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 08 20 20 719
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-03 Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Sudio
ALSI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI-EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Certificato n°:	31466	emesso il	05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	15/03/23	15/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA':	Camerino				
SONDAGGIO :	S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.20-01.60	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-1

Determinazione mediante fustella tarata

Fustella n°	1	▶	γ =	18.99	KN/m³
Fustella n°	2	▶	γ =	18.69	KN/m³
Fustella n°	3	▶	γ =	19.09	KN/m³

Peso volume allo stato naturale

(media delle tre misure)

γ = **18.92** **KN/m³**

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. **Giovanni Turco**

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. **Luigi Di Carlo**



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03.06.20.20.718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-04 Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Società
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Numero certificato: 31467	emesso il 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	16/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO :	S4	DATA PRELIEVO	21/02/23
CAMPIONE :	C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo) Qualità
PROFONDITA' :	01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato Q5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: ASTM D 2216 / 2005

Temperatura di essiccazione : 110 °C

Contenitore N°	40	▶	Wn =	24.3	%
Contenitore N°	42	▶	Wn =	24.8	%
Contenitore N°	2	▶	Wn =	24.4	%

Contenuto d'acqua allo stato naturale **Wn = 24.47 %**
(media delle tre misure)

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



Numero certificato: 31468	data di emissione: 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	20/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S4		DATA PRELIEVO	Qualità
CAMPIONE : C2		TIPO DI FUSTELLA	
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)		TIPO DI CAMPIONE	

ANALISI GRANULOMETRICA**Modalità di prova: ASTM D 422 / 2007**

Analisi con vagli

Setaccio	diametro (mm)	peso grani (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro grani (mm)
4"	101.60			100.00	101.60
3	75.00			100.00	75.00
2	50.00			100.00	50.00
1.5	37.50			100.00	37.50
1"	25.00			100.00	25.00
0.75	19.00			100.00	19.00
0.375	9.50	4.84	2.05	97.95	9.50
4	4.75	1.66	2.76	97.24	4.75
10	2.00	2.34	3.75	96.25	2.00
18	0.85	1.58	4.42	95.58	0.850
40	0.43	0.83	4.77	95.23	0.425
60	0.25	0.74	5.09	94.91	0.250
140	0.11	8.95	8.88	91.12	0.106
200	0.07	21.76	18.11	81.89	0.074
0.45	< 0.074	193.07	81.89	ssante al 200	

Somma (g)	235.77
Peso iniziale (g)	236.00
Perdita (g)	0.23

Analisi con densimetro

correzioni

dispersivo	Cd	-3.00
menisco	Cm	0.50
temperatura	intercetta	-5.00
temperatura	pendenza	0.25

caratteristiche fisiche

peso campione secco g	40.00
peso specifico KN/m ³	26.441

taratura densimetro

intercetta	15.573
pendenza	-0.235

Analsi con densimetro

Tempo	Tempe_ratura	Lettura	Lettura + C _M	Correzione temperatura	Percentuale parziale
min	°C	R	R'		%
0.50	20.00	26.50	27.00		95.37
1.00	20.00	25.50	26.00		91.40
2.00	20.00	24.50	25.00		87.42
4.00	20.00	23.00	23.50		81.46
8.00	20.00	22.00	22.50		77.49
15.00	20.00	20.00	20.50		69.54
30.00	20.00	18.50	19.00		63.58
60.00	20.00	14.00	14.50		45.70
120.00	20.00	13.00	13.50		41.72
240.00	20.00	11.00	11.50		33.78
480.00	20.00	10.00	10.50		29.80
1440.00	20.00	8.50	9.00		23.84

Percentuale totale %	Diametro grani mm
78.00	0.0578
74.84	0.0531
71.59	0.0375
66.71	0.0213
63.45	0.0153
56.95	0.0137
52.06	0.0097
37.42	0.0069
34.17	0.0048
27.66	0.0034
24.41	0.0024
19.52	0.0014

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni TurcoIL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA. 03-06-20-26-719
- C.F. DCRLGU81A09DR43E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Sistema di gestione
Qualità certificato
n°1191152-0001-2016

mod. PQ 75-01 Rev.01 del 01/01/2021

Numero certificato: **31468**

Data di emissione: **05/03/2023**

1727 del **24/02/2023**

VERBALE DI ACCETTAZIONE

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**

SITO : **Arcofiato**

LOCALITA': **Camerino**

SONDAGGIO : **S4** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **01.20-01.60** (m)

DATA PRELIEVO **21/02/2023**

FINE PROVA

INIZIO PROVA

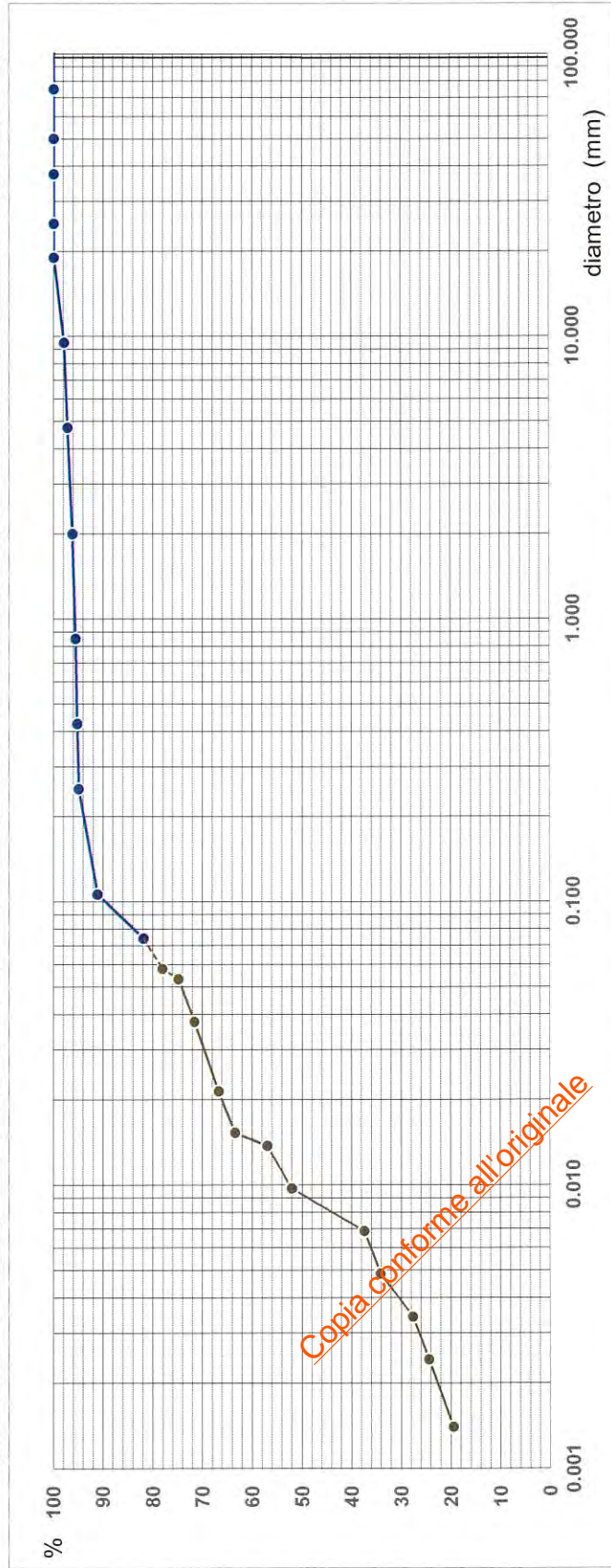
15/03/2023

FINE PROVA

20/03/2023

CURVA GRANULOMETRICA

argilla	limo		grosso	sabbia		ghiaia	ciott.
	fine	medio		fine	grossa		



DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

Limo argilloso sabbioso

ARGILLA	22.00%
LIMO	56.00%
SABBIA	18.00%
GHIAIA	4.00%
CIOTTOLI	

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03062020718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-06/a Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Numero certificato: 31469	emesso il 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	20/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO: Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO: S4	DATA PRELIEVO: 21/02/23	Qualità	
CAMPIONE: C2	TIPO DI FUSTELLA: (Metallo)		
PROFONDITA': 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE: Indisturbato	Q5	

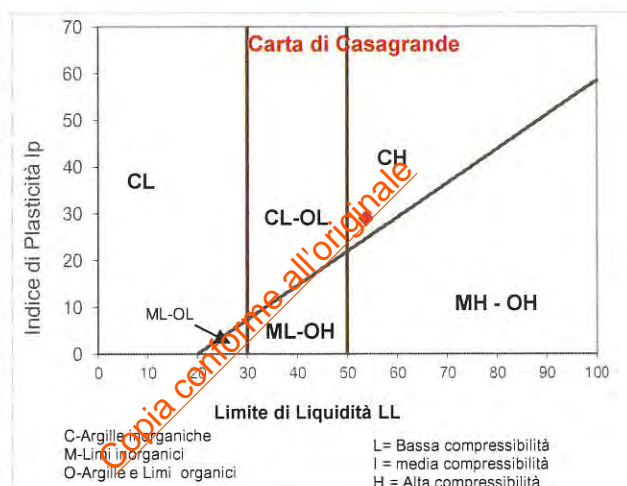
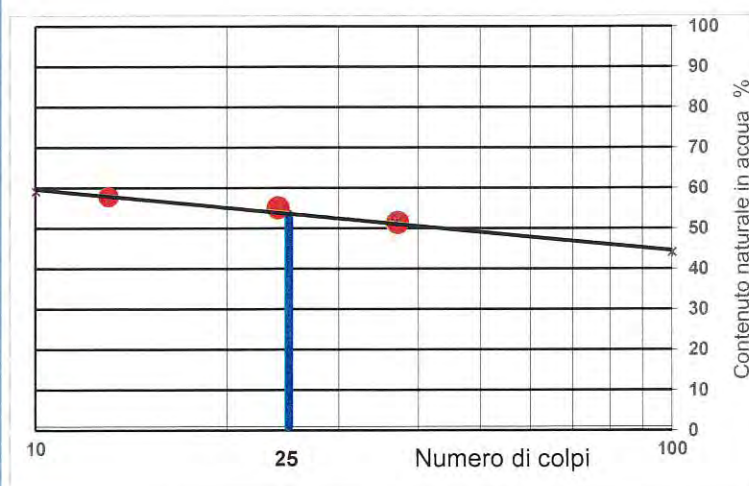
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-2

LA PROVA E' STATA ESEGUITA SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA PASSANTE AL SETACCIO N° 40 (0,425 mm)

PROVINO n.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
NUMERO CONTENITORE	92	1	3	15	45
NUMERO DI COLPI	13	24	37	-	-
TARA (g)	39.208	39.149	39.481	21.477	17.728
PESO UMIDO + TARA (g)	50.806	52.692	49.66	33.052	27.164
PESO SECCO + TARA (g)	46.56	47.89	46.21	30.74	25.3
CONTENUTO IN ACQUA (g)	4.246	4.802	3.45	2.312	1.864
PESO SECCO (g)	7.352	8.741	6.729	9.263	7.572
CONTENUTO IN ACQUA (%)	57.753	54.937	51.271	24.960	24.617

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = **24.47 %**



RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	54	%
LIMITE PLASTICO	(LP) =	25	%
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	29	
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.011	

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU21A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-06/b Rev.01 del 01/2021



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/1

Numero certificato: 31470	emesso il 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	20/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO :	S4	DATA PRELIEVO	21/02/23
CAMPIONE :	C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo) Qualità
PROFONDITA' :	01.20-01.60	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato Q5

LIMITI DI RITIRO

Modalità di prova: ASTM D 4943 / 2008

	1 ^a Prova	2 ^a Prova
Capsula di monel n.	R11	R32
Peso capsula (g)	28.301	25.302
volume capsula (cm ³)	20.150	19.310
Peso capsula + terreno rimescolato (g)	62.45	60.14
Peso capsula + terreno rimescolato secco (g)	50.29	48.2
Volume finale (cm ³)	11.75	11.25
CONTENUTO IN ACQUA (g)	12.16	11.94
PESO SECCO (g)	21.989	22.898
Contenuto d'acqua (%)	55.30037746	52.14429208
Volume vuoti (cm ³)	8.40	8.06
LIMITE DI RITIRO (LR) =	17.09945882	16.94471133
LIMITE DI RITIRO MEDIO (LR) =	17.02208507	

Limite di ritiro medio

(media delle due misure)

LR = 17.022 %

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81AQ9D843E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/5

Numero certificato: 31471	emesso il 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23
COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	
			Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

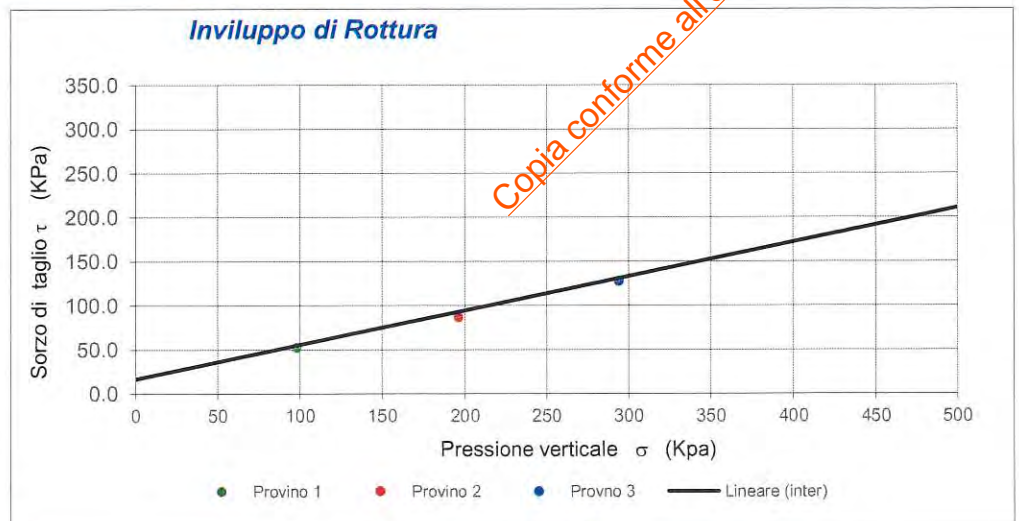
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

dati generali:		Provino n°1	Provino n°2	Provino n°3
Sezione provino	(cm ²)	36.00	36.00	36.00
Altezza iniziale	(mm)	23.00	23.00	23.00
Altezza finale	(mm)	22.00	21.75	22.25
Num tara 1		1.00	2.00	3.00
Peso tara 1	(g)	136.45	144.87	141.65
Tara + p. umido iniziale	(g)	298.82	306.65	303.85
Num tara 2		1.00	2.00	3.00
Peso tara 2	(g)	0.00	0.00	0.00
Tara + p. umido finale	(g)	167.60	165.11	166.76
Tara + p. provino secco	(g)	140.57	138.69	138.44
D Consolidazione 24 h	(mm)	1.00	1.25	2.22
Peso di volume iniziale	(KN/m ³)	$\gamma_{(i)}$ 19.23	19.16	19.21
Peso di volume finale	(KN/m ³)	$\gamma_{(f)}$ 20.75	20.68	20.41
Peso di volume secco	(KN/m ³)	$\gamma_{d(i)}$ 16.65	16.43	16.40
Contenuto acqua iniziale	(%)	$Wn_{(i)}$ 15.51	16.65	17.16
Contenuto acqua finale	(%)	$Wn_{(f)}$ 19.23	19.05	20.45
Saturazione iniziale	(%)	$Sr_{(i)}$ 71.09	73.61	75.53
Saturazione finale	(%)	$Sr_{(f)}$ 99.86	98.34	98.47
Indice dei vuoti iniziale		$e_{(i)}$ 0.59	0.61	0.61
Indice dei vuoti finale		$e_{(f)}$ 0.52	0.52	0.56
Peso vol. secco finale	(KN/m ³)	$\gamma_{d(f)}$ 17.40	17.37	16.95

Provino n°1
 $\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 51.92$ (Kpa)
 $S_h = 2.23$ (mm)

Provino n°2
 $\sigma = 196$ (Kpa)
 $\tau_r = 86.11$ (Kpa)
 $S_h = 2.95$ (mm)

Provino n°3
 $\sigma = 294$ (Kpa)
 $\tau_r = 127.50$ (Kpa)
 $S_h = 5.21$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Solo
ALGI



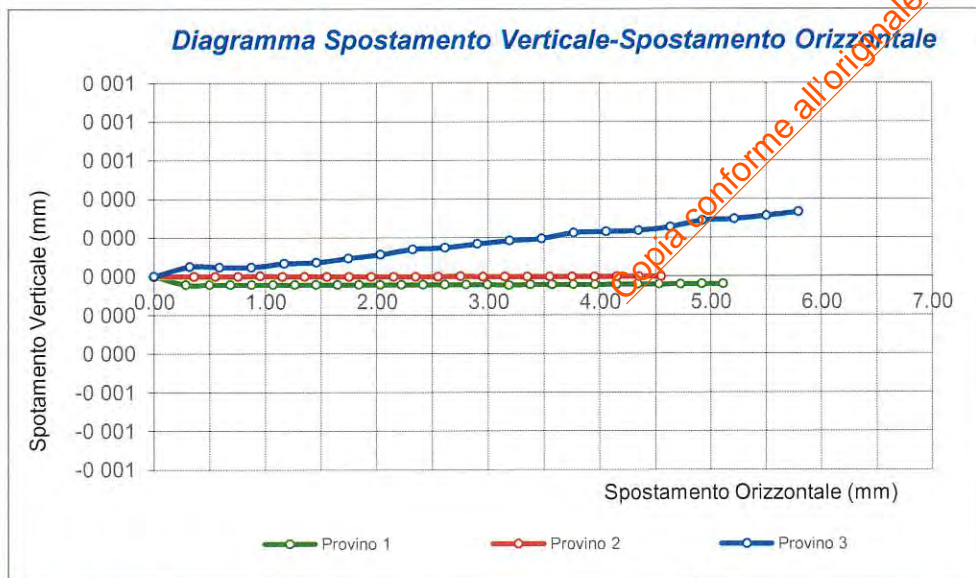
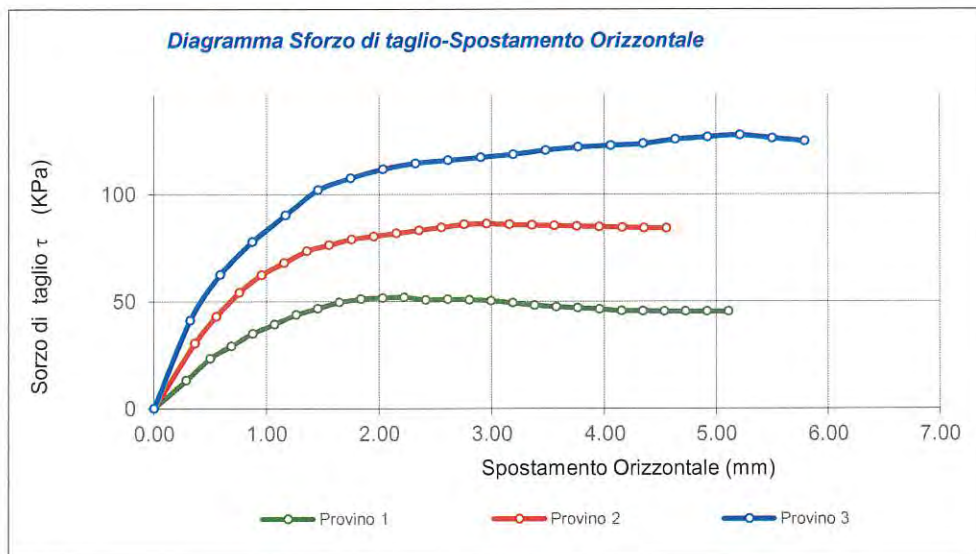
Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 2/5

Numero certificato: 31471	emesso il 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23
COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO 21/02/23	Qualità	
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA (Metallo)		
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE Indisturbato	Q5	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montasanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03.06.20.20.718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 3/5

Numero certificato: **31471** Data di emissione: **05/03/23**
VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/23**

INIZIO PROVA **15/03/23** FINE PROVA **22/03/23**

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubellini**
SITO : **Arcofiato**
LOCALITA': **Camerino**
SONDAGGIO : **S4** DATA PRELIEVO **21/02/23**
CAMPIONE : **C2** TIPO DI FUSTELLA (Metallo) Qualità
PROFONDITA' : **01.20-01.60** (m) TIPO DI CAMPIONE Indisturbato Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

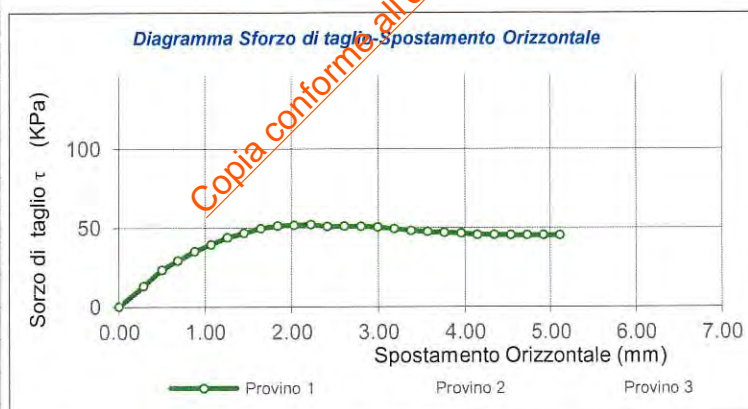
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: **Provino n°1** velocità di prova : **0.005 (mm/min)**

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.047	-0.044	0.287	13.125
3	0.084	-0.044	0.499	23.333
4	0.105	-0.044	0.685	29.167
5	0.126	-0.044	0.878	35.000
6	0.142	-0.044	1.070	39.375
7	0.158	-0.044	1.263	43.750
8	0.168	-0.044	1.455	46.667
9	0.179	-0.044	1.648	49.583
10	0.184	-0.044	1.840	51.042
11	0.186	-0.044	2.033	51.625
12	0.187	-0.044	2.225	51.917
13	0.183	-0.044	2.418	50.728
14	0.183	-0.044	2.610	50.935
15	0.183	-0.044	2.803	50.728
16	0.181	-0.044	2.995	50.212
17	0.177	-0.047	3.188	49.282
18	0.173	-0.044	3.380	48.145
19	0.171	-0.044	3.573	47.422
20	0.169	-0.044	3.765	46.905
21	0.167	-0.044	3.958	46.389
22	0.164	-0.043	4.150	45.521
23	0.164	-0.042	4.343	45.500
24	0.163	-0.042	4.535	45.208
25	0.163	-0.041	4.728	45.208
26	0.163	-0.041	4.920	45.208
27	0.163	-0.040	5.113	45.208

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)

$\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 51.917$ (Kpa)
 $S_h = 2.23$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e
dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 -
26/03/2010

- P.IVA 03 06 20 20 71
- C.F.
DCRLGU81A09D643E



mod. PQ 75-11/a Rev.01 del 01/2013



T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

Ministero

Soc

Sistema

Pag 5/5

Certificato n°: 31471	Data di emissione: 05/03/23	INIZIO PROVA		FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23		22/03/23
COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubellini				
SITO : Arcofiato				
LOCALITA': Camerino				
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO	21/02/23		
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato		Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

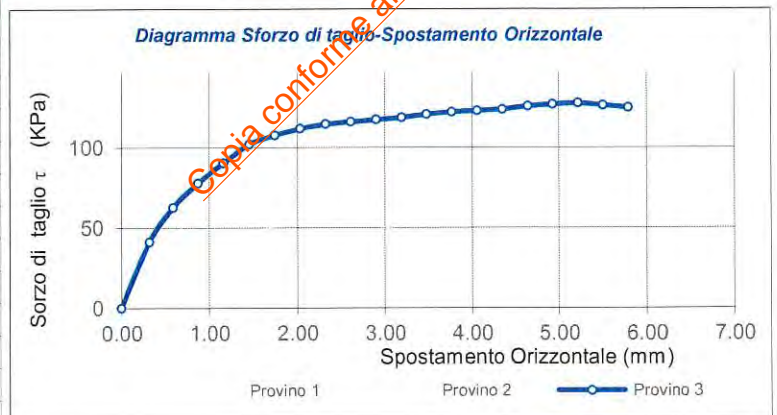
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Fase di Rottura: *Provino n°3* **velocità di prova :** 0.005 (mm/min)

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)
1		0.000		
2	0.148	0.049	0.320	41.111
3	0.225	0.047	0.588	62.500
4	0.280	0.047	0.874	77.778
5	0.325	0.066	1.168	90.278
6	0.367	0.071	1.457	101.944
7	0.387	0.093	1.746	107.500
8	0.402	0.112	2.035	111.667
9	0.412	0.140	2.324	114.444
10	0.417	0.148	2.613	115.833
11	0.422	0.167	2.902	117.222
12	0.427	0.183	3.191	118.611
13	0.434	0.194	3.480	120.556
14	0.439	0.225	3.769	121.944
15	0.442	0.230	4.058	122.778
16	0.445	0.236	4.347	123.611
17	0.452	0.255	4.636	125.556
18	0.456	0.288	4.925	126.667
19	0.459	0.296	5.214	127.500
20	0.454	0.312	5.503	126.111
21	0.449	0.331	5.792	124.722

letture n°	Forza (KN)	Sv (mm)	Sh (mm)	T (Kpa)

$\sigma = 290$ (Kpa)
 $\tau_r = 127.50$ (Kpa)
 $S_h = 5.21$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-11/bRev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Società
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/5

Certificato n°:	31472	ta di emissione:	05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE	1727	del	24/02/23	22/03/23	29/03/23

COMMITTENTE:	Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO :	Arcofiato				
LOCALITA' :	Camerino				
SONDAGGIO :	S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità	
CAMPIONE :	C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' :	01.20-01.60	(m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

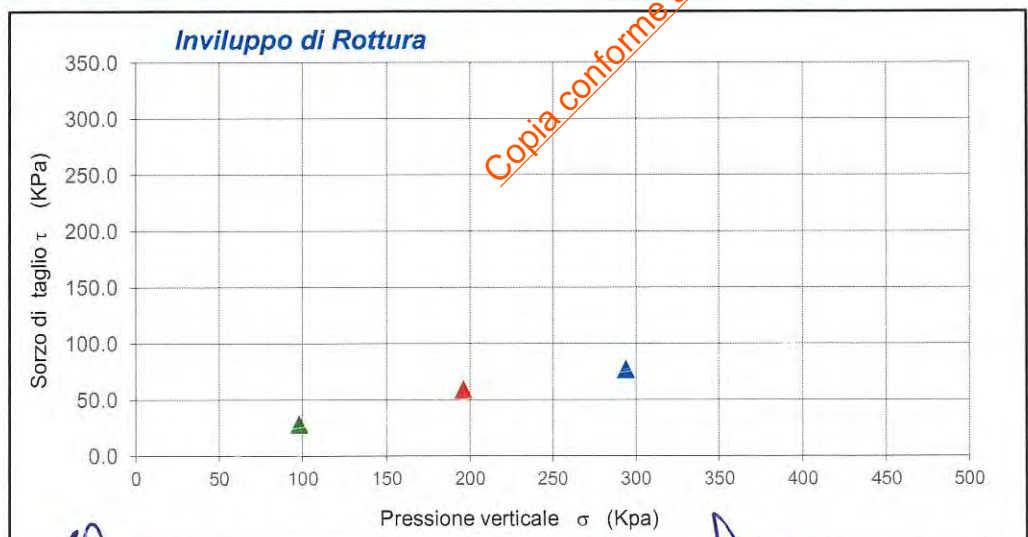
Modalità di prova: ASTM D 3080 / 2004

dati generali:		Provino n°1	Provino n°2	Provino n°3
Sezione provino	cm ²	36.00	36.00	36.00
Altezza iniziale	mm	23.00	23.00	23.00
Altezza finale	mm	22.00	21.75	22.25
Num tara 1		1.00	2.00	3.00
Peso tara 1	g	136.45	144.87	141.65
Tara + p. umido iniziale	g	298.82	306.65	303.85
Num tara 2		1.00	2.00	3.00
Peso tara 2	g	0.00	0.00	0.00
Tara + p. umido finale	g	167.60	165.11	166.76
Tara + p. provino secco	g	140.57	138.69	138.44
Peso specifico grani	KN/m ³			
Peso di volume iniziale	KN/m ³	19.23	19.16	19.21
Peso di volume finale	KN/m ³	20.75	20.68	20.41
Peso di volume secco	KN/m ³	16.65	16.43	16.40
Contenuto acqua iniziale	%	15.51	16.65	17.16
Contenuto acqua finale	%	19.23	19.05	20.45
Saturazione iniziale	%	71.09	73.61	75.53
Saturazione finale	%	99.86	98.34	98.47
Indice dei vuoti iniziale		0.59	0.61	0.61
Indice dei vuoti finale		0.52	0.52	0.56
Peso vol. secco finale	KN/m ³	17.40	17.37	16.95

Provino n°1
 $\sigma = 98$ (Kpa)
 $\tau_r = 28.02$ (Kpa)
 $S_h = 3.33$ (mm)

Provino n°2
 $\sigma = 196$ (Kpa)
 $\tau_r = 58.85$ (Kpa)
 $S_h = 4.25$ (mm)

Provino n°3
 $\sigma = 294$ (Kpa)
 $\tau_r = 77.07$ (Kpa)
 $S_h = 2.89$ (mm)



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-11/bRev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

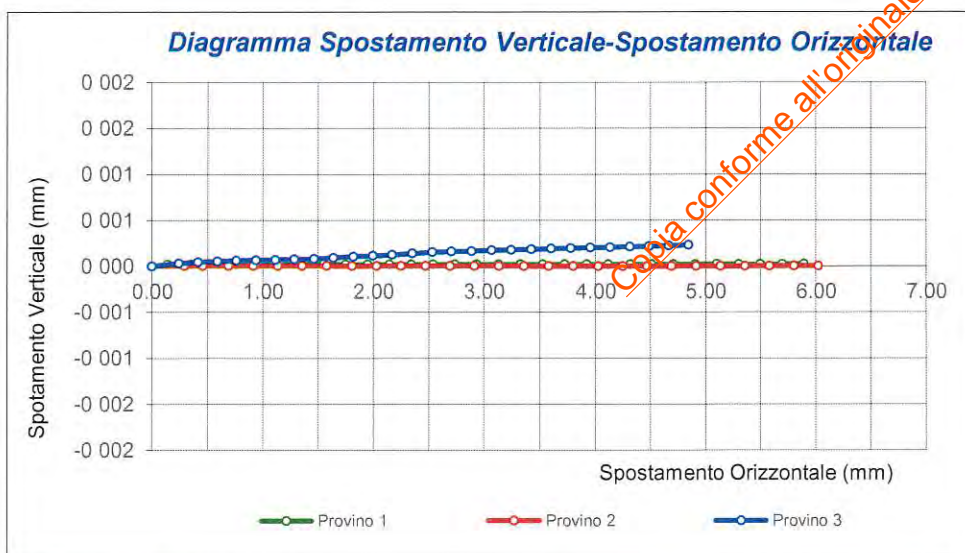
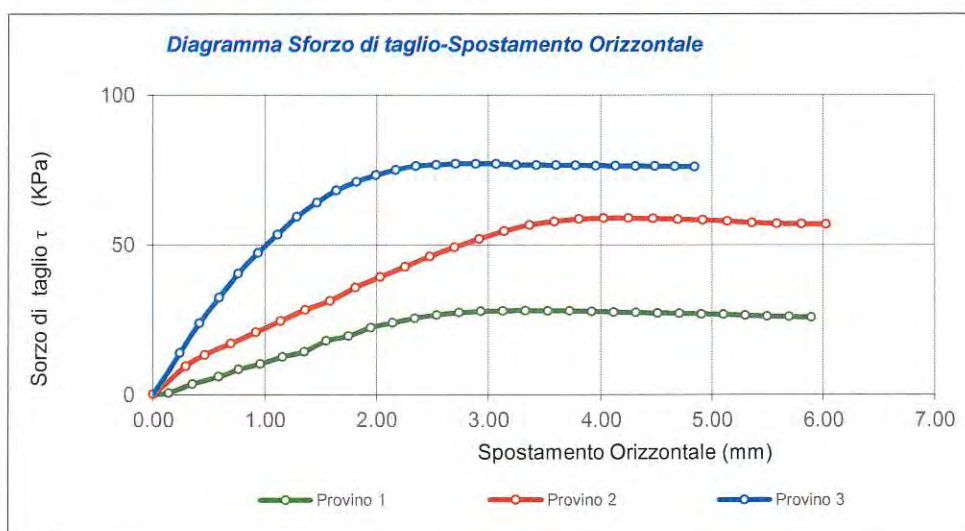
Pag 2/5

Certificato n°: 31472	ta di emissione: 05/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	22/03/23	29/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Modalità di prova: ASTM D 3080 / 2004



LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03062020712
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod.PQ 75-14 Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALISI



CERTIFIED
ISO
9001
www.esqcert.com
Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 1/2

Certificato n°: 31473	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA UU

Modalità di prova: UNI CEN ISO17892-8

Fase di rottura : P1		Fase di rottura : P2		Fase di rottura : P3	
ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$	ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$	ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$
%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.00	0.00				
0.40	106.58				
0.88	141.24				
1.39	161.13				
1.89	173.83				
2.35	182.49				
2.77	190.64				
3.29	198.06				
3.79	204.00				
4.32	208.79				
4.82	213.15				
5.34	216.75				
5.88	219.69				
6.36	222.27				
6.88	224.65				
7.40	227.25				
7.91	229.08				
8.42	230.64				
8.93	232.01				
9.44	233.19				
9.96	234.08				
10.47	235.20				
10.98	235.83				
11.49	236.42				
12.02	236.71				
12.51	237.01				
13.05	236.77				
13.55	237.03				
14.07	237.19				
14.58	237.28				
15.08	237.09				
15.61	236.53				
16.12	235.84				
16.64	235.04				
17.16	235.32				
17.67	235.09				
18.20	234.24				
18.70	234.67				
19.21	234.57				
19.75	234.21				
20.28	233.49				
20.79	232.77				
21.28	231.94				
21.81	230.87				
22.34	230.21				
22.84	229.05				

Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. Giovanni Turco

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. Luigi Di Carlo



GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03062020718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

mod. PQ 75-14 Rev.01 del 01/2013



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



SISTEMA
ALGSI



SISTEMA DI GESTIONE
QUALITÀ CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001:2015

Pag 2/2

Certificato n°: 31473	emesso il 04/03/23	INIZIO PROVA	FINE PROVA
VERBALE DI ACCETTAZIONE 1727	del 24/02/23	15/03/23	22/03/23

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli			
SITO : Arcofiato			
LOCALITA': Camerino			
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO 21/02/23	QZUALITA'	
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA (Metallo)		
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE Indisturbato	Q5	

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA UU

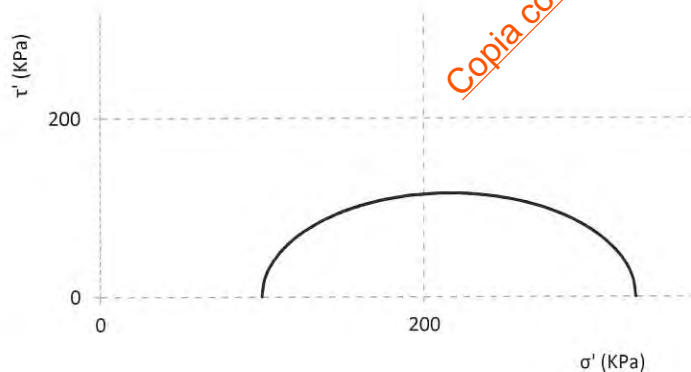
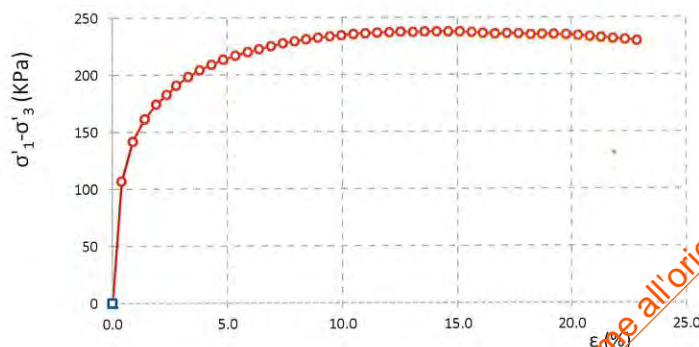
Modalità di prova: UNI CEN ISO17892-8

Fase di rottura

Provino	H0	Ao	γ_n KN/m ³	γ_d KN/m ³	W ₀ %
1	73.00	11.33	18.87	15.13	24.78
2					
3					

W _f %	S ₀ %	S _f %
24.51	89.24	95.67

Provino	σ_{1c} kPa	σ_{3c} kPa	σ'_{1c} kPa	ϵ %	$\sigma'_{1-\sigma'_{3}}$ kPa
1	100.00	100.00	0.00	8.93	232.01



Copia conforme all'originale

LO SPERIMENTATORE
Geom. *Giovanni Turco*

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Ing. *Luigi Di Carlo*

REGIONE MARCHE
COMUNE DI CAMERINO

Provincia di MACERATA

OGGETTO:

ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

VERBALE n°

1727

24/02/2023

LOCALITA' : **Camerino**

CANTIERE : **Arcofiato**

QUADRO RIASSUNTIVO

COMMITTENTE: Dott. Massimo Gubinelli

Campioni analizzati:

- 1 1727 S2 C1 m 01.00-01.40
- 2 1727 S4 C2 m 01.20-01.60

PRSE

682

DATA
ACCETTAZIONE

24/02/2023

DATA DI
EMISSIONE

05/04/2023

RQ

-

COMMITTENTE : Dott. Massimo Gubinelli
 DATA : 24/02/2023
 LOCALITA' : Camerino
 CANTIERE : Arcofiato

QUADRO SINTOTICO Prove di laboratorio

VERBALE n° 1727	Generali								Granulometrie					LIMITI di Atterberg			E.L.L.	Taglio Diretto		Taglio Residuo		UUU	Triass. CIU			Triass. CID			Edom	Edom						
	γ_s	γ	W	γ_{sat}	γ_d	e	n	Sr	G	S	L	A	Potenz.	LL	LP	IP	Cu	ϕ	c	ϕ_r	Cr	Cu	$\phi'u$	C'u	E _s	ϕ'	C'	E _s	Ed *	Ed**						
	KN/m ³	KN/m ³	%	KN/m ³	KN/m ³		%	%	%	%	%	%	Liquefaz.	%	%		KPa	°	KPa	°	KPa	KPa	°	KPa	Mpa	°	KPa	Mpa	Mpa	Mpa						
1	1727 S2 C1 m 01.00-01.40	26.349	18.846	21.354	19.556	15.530	0.697	41.062	82.353	6.00%	17.00%	47.00%	30.00%		51	27	23.3		20.52	13.82	16.48	1.05	127.16													
2	1727 S4 C2 m 01.20-01.60	26.441	18.923	24.468	19.371	15.203	0.739	42.501	89.252	4.00%	18.00%	56.00%	22.00%		54	25	28.8		21.24	16.54	14.19	0.29	117.92													

γ_s = Peso specifico dei grani (KN/m³)
 W = Contenuto in acqua naturale (%)
 γ_{sat} = Peso di volume saturo (KN/m³)
 γ_d = Peso secco (KN/m³)
 e = Indice dei pori
 n = Porosità (%)

Sr = Grado di saturazione (%)
 G = Ghiaia (%)
 S = Sabbia (%)
 L = Limo (%)
 A = Argilla (%)

LL = Limite LIQUIDO (%)
 LP = Limite Plastico (%)
 Ic = Indice di consistenza
 Cu = Coesione non drenata (KPa)
 c = Coesione drenata (KPa)
 ϕ = Angolo di attrito (°)

ϕ_r = Angolo di attrito residuo (°)
 Ed* = Modulo edometrico alla pressione di 200 KPa
 Ed** = Modulo edometrico alla pressione di 400 KPa
 ϕ_u = Angolo di attrito non drenato -TRX CU (°)
 Cu = Coesione non drenata - TRX CU (KPa)
 # = Materiale insufficiente

Cu = Coesione non drenata - TRX CU (KPa)
 E_s = Modulo elastico secante al 50 % del carico a rottura

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli

SITO : Arcofiato

LOCALITA': Camerino

SONDAGGIO : S2

DATA PRELIEVO

21/02/23

Qualità

CAMPIONE : C1

TIPO DI FUSTELLA

(Metallo)

PROFONDITA' : 01.00-01.40

(m)

TIPO DI CAMPIONE

Indisturbato

Q5

QUADRO RIASSUNTIVO ANALISI EFFETTUATE

Caratteristiche Generali

γ_s	=	26.349	KN/m ³
γ	=	18.846	KN/m ³
Wn	=	21.354	%
γ_{sat}	=	19.556	KN/m ³
γ_d	=	15.530	KN/m ³
e	=	0.697	
n	=	41.062	%
Sr	=	82.353	%

FOTOGRAFIA



Limiti di consistenza

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	51	%
LIMITE PLASTICO	(LP) =	27	%
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	23.3	
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.25	
LIMITE RITIRO	(LR) =	18	%

Caratteristiche Meccaniche

Espansione laterale libera

σ = kPa

C_u = kPa

Taglio Diretto

c' = 13.82 kPa

Φ' = 20.52 °

Taglio Residuo

c' = 1.05 kPa

Φ' = 16.48 °

Torsionale

kPa

°

Caratteristiche granulometriche

ARGILLA	30.00%
LIMO	47.00%
SABBIA	17.00%
GHIAIA	6.00%

Sostanze organiche

S.O. %

Contenuto di carbonati

CaCo₃ %

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso

Compressione Edometrica

σ_v	e	M	Cv
kPa		Mpa	cm ² /s

UU Compressione triassiale

C_u = 127.16 kPa

C_{cu} = kPa C'_{cu} = kPa

Φ_{cu} = ° Φ'_{cu} = °

CD $C'd$ = kPa Φ'_{cd} = °

Permeabilità

k = m/s

Proctor

Caratteristiche All'ottimo

Y = (KN/m³)

Yd = (KN/m³)

W = %

INTERPRETAZIONE

Pag 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/23**

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**

SITO : **Arcofiato**

LOCALITA': **Camerino**

SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	Qualità
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

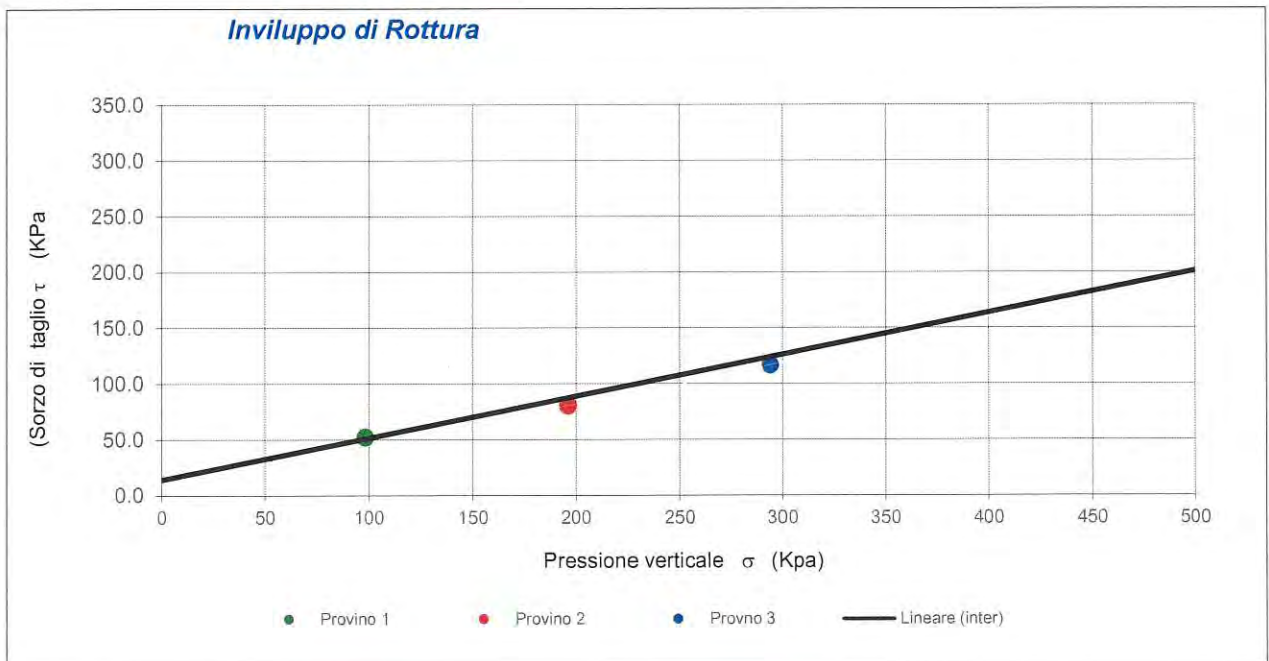
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Caratteristiche dei provini:

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n KN/m ³	γ _d KN/m ³	Sr ⁽ⁱ⁾ %	Sr ^(f) %	Wn ⁽ⁱ⁾ %	Wn ^(f) %
1	23.00	36.00	19.41	15.97	89.07	97.91	21.53	22.52
2	23.00	36.00	19.80	16.02	95.22	99.34	22.19	21.58
3	23.00	36.00	19.67	16.02	95.03	99.40	21.88	21.88

Provino	Velocità mm/min	σ normale [kPa]	τ picco [kPa]	S _h mm
1	0.005	98.06	52.03	1.891667
2	0.005	196.10	80.28	3.155
3	0.005	294.02	116.45	2.424

Inviluppo di Rottura



c' = 13.82 (Kpa) φ' = 20.52 °

INTERPRETAZIONE

Pag 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/23**

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**

SITO : **Arcofiato**

LOCALITA': **Camerino**

SONDAGGIO : S2	DATA PRELIEVO	21/02/23	
CAMPIONE : C1	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)	Qualità
PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato	Q5

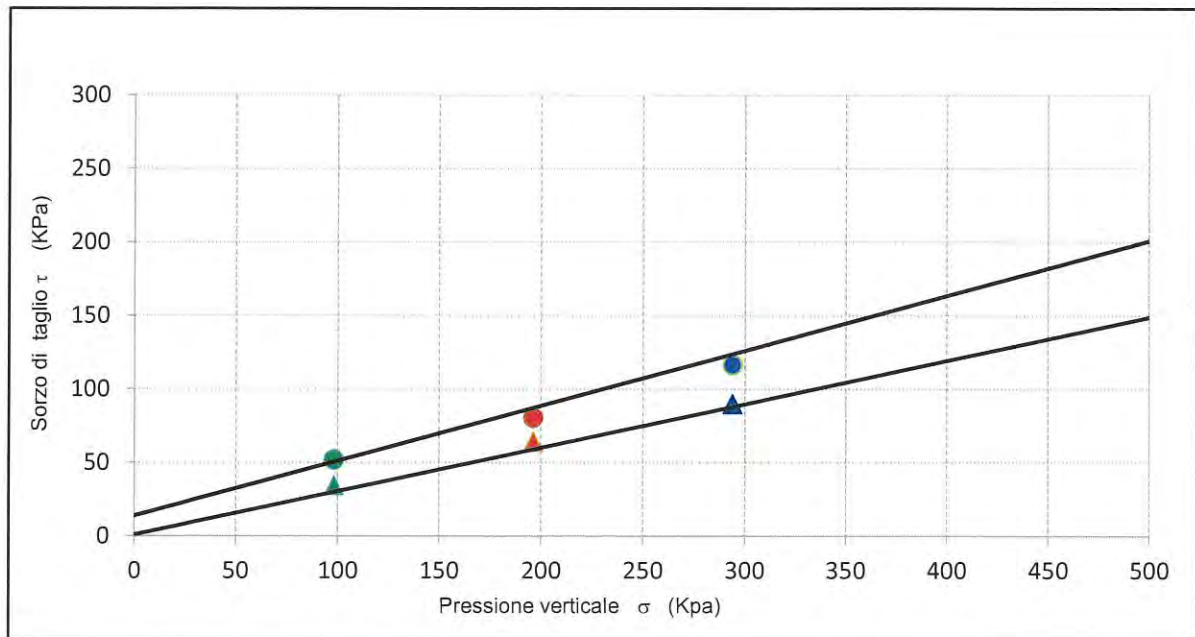
PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Caratteristiche dei provini:

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n KN/m ³	γ _d KN/m ³	Sr ⁽ⁱ⁾ %	Sr ^(f) %	Wn ⁽ⁱ⁾ %	Wn ^(f) %
1	23.00	36.00	19.41	15.97	89.07	97.91	21.53	22.52
2	23.00	36.00	19.80	16.02	95.22	99.34	22.19	21.58
3	23.00	36.00	19.67	16.02	95.03	99.40	21.88	21.88

Provino	Velocità mm/min	σ normale [kPa]	τ picco [kPa]	S _n mm
1	0.005	200.00	34.49	3.094
2	0.005	300.00	64.02	3.094
3	0.005	400.00	89.73	5.2654



c' = 1.05 (Kpa) φ = 16.48 °

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli

SITO : Arcofiato

LOCALITA': Camerino

SONDAGGIO : S2

CAMPIONE : C1

PROFONDITA' : 01.00-01.40 (m)

DATA PRELIEVO

21/02/23

TIPO DI FUSTELLA

(Metallo)

Qualità

TIPO DI CAMPIONE

Indisturbato

Q5

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA UU

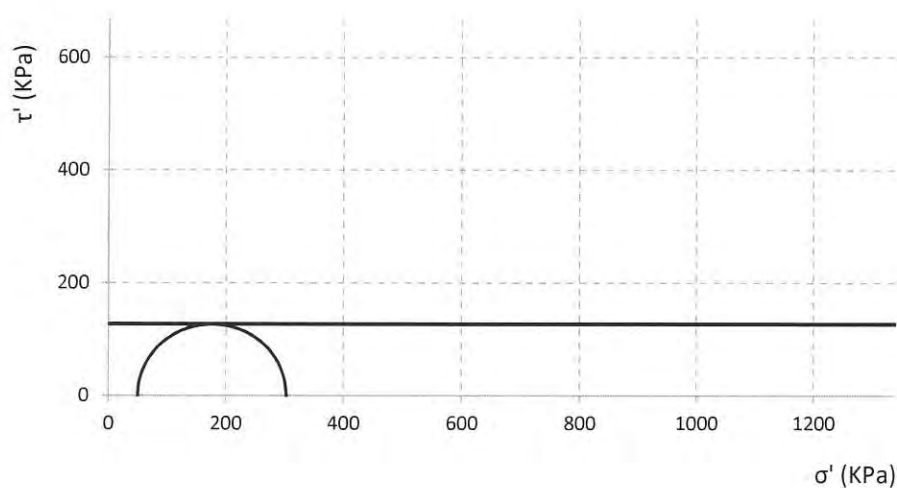
Modalità di prova: #RIF!

Fase di rottura

Provino	H0	Ao	γ_n KN/m ³	γ_d KN/m ³	W ₀ %
1	73.00	11.33	19.85	16.48	20.45

W _f %	S ₀ %	S _f %
20.57	91.70	99.52

Provino	σ_{1c} kPa	σ_{3c} kPa	σ'_{1c} kPa	ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa
1	50.00	50.00	0.00	8.77	253.24



Risultati elaborazione fase di Rottura

Cu 127.16 Kpa

 φ' 0.00 °

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli

SITO : Arcofiato

LOCALITA': Camerino

SONDAGGIO : S4

DATA PRELIEVO

21/02/23

CAMPIONE : C2

TIPO DI FUSTELLA

(Metallo)

Qualità

PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)

TIPO DI CAMPIONE

Indisturbato

Q5

QUADRO RIASSUNTIVO ANALISI EFFETTUATE**Caratteristiche Generali**

γ_s	=	26.441	KN/m ³
γ	=	18.923	KN/m ³
Wn	=	24.468	%
γ_{sat}	=	19.371	KN/m ³
γ_d	=	15.203	KN/m ³
e	=	0.739	
n	=	42.501	%
Sr	=	89.252	%

FOTOGRAFIA**Limiti di consistenza**

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	54	%
LIMITE PLASTICO	(LP) =	25	%
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	28.8	
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.01	
LIMITE RITIRO	(LR) =	17	%

Caratteristiche Meccaniche**Espansione laterale libera** σ = kPa

Cu = kPa

Taglio Diretto c' = 16.54 kPa Φ' = 21.24 °**Taglio Residuo** c' = 0.29 kPa Φ' = 14.19 °**Torsionale**

kPa

°

Caratteristiche granulometriche

ARGILLA	22.00%
LIMO	56.00%
SABBIA	18.00%
GHIAIA	4.00%

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

Limo argilloso sabbioso

Sostanze organiche

S.O. %

Contenuto di carbonatiCaCo₃ %**Compressione triassiale**

UU Cu = 117.92 kPa

CU c_{cu} = kPa c'_{cu} = kPa Φ_{cu} = ° Φ'_{cu} = °CD $C'd$ = kPa Φ'_{cd} = °**Compressione Edometrica**

σ_v	e	M	Cv
kPa		Mpa	cm ² /s

Permeabilità k = m/s**Proctor****Caratteristiche All'ottimo**Y = (KN/m³)Yd = (KN/m³)

W = %

INTERPRETAZIONE

VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/23**

Pag 1/1

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**

SITO : **Arcofiato**

LOCALITA': **Camerino**

SONDAGGIO : **S4**

CAMPIONE : **C2**

PROFONDITA' : **01.20-01.60**

(m)

DATA PRELIEVO

21/02/23

TIPO DI FUSTELLA

(Metallo)

Qualità

TIPO DI CAMPIONE

Indisturbato

Q5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

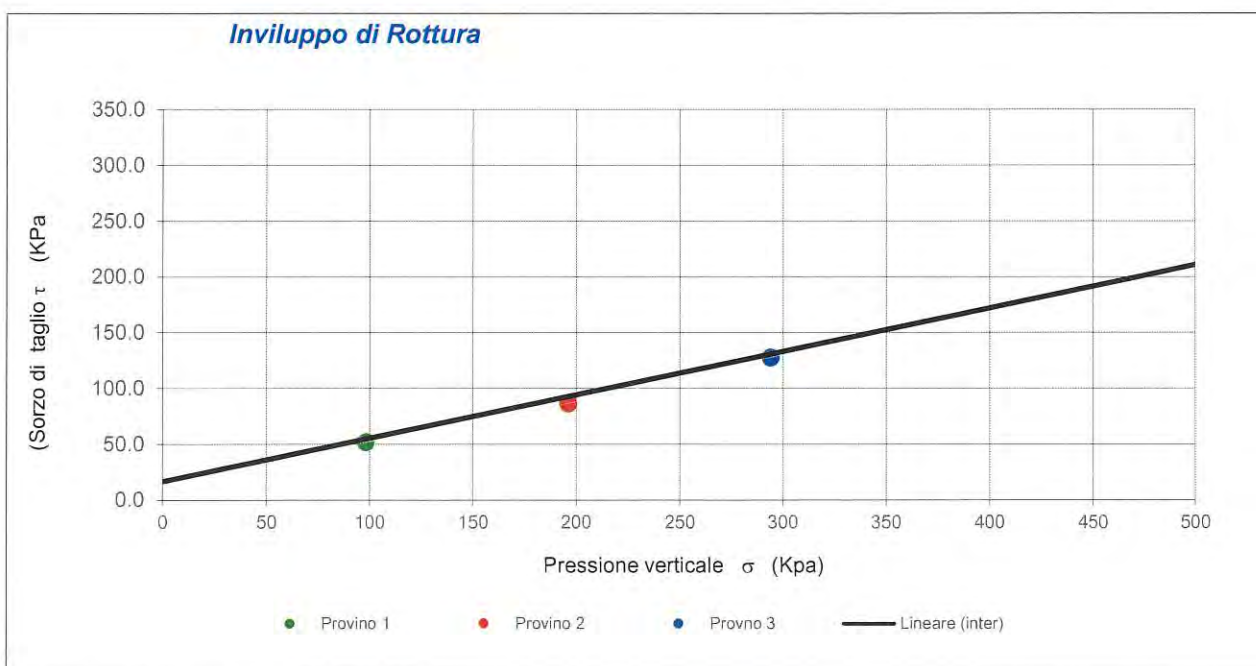
Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Caratteristiche dei provini:

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n KN/m ³	γ _d KN/m ³	Sr ⁽ⁱ⁾ %	Sr ^(f) %	Wn ⁽ⁱ⁾ %	Wn ^(f) %
1	23.00	36.00	19.23	16.65	71.09	99.86	15.51	19.23
2	23.00	36.00	19.16	16.40	73.61	98.34	16.65	19.05
3	23.00	36.00	19.21	16.40	75.53	98.47	20.45	20.45

Provino	Velocità mm/min	σ normale [kPa]	τ picco [kPa]	S _h mm
1	0.005	98.06	51.92	2.225
2	0.005	196.10	86.11	2.950667
3	0.005	294.02	127.50	5.214

Inviluppo di Rottura



c' = 16.54 (Kpa) φ' = 21.24 °

INTERPRETAZIONE

VERBALE DI ACCETTAZIONE **1727** del **24/02/23**

COMMITTENTE: Spett.le Dott. Massimo Gubinelli				
SITO : Arcofiato				
LOCALITA': Camerino				
SONDAGGIO : S4	DATA PRELIEVO	21/02/23	Qualità Q5	
CAMPIONE : C2	TIPO DI FUSTELLA	(Metallo)		
PROFONDITA' : 01.20-01.60 (m)	TIPO DI CAMPIONE	Indisturbato		

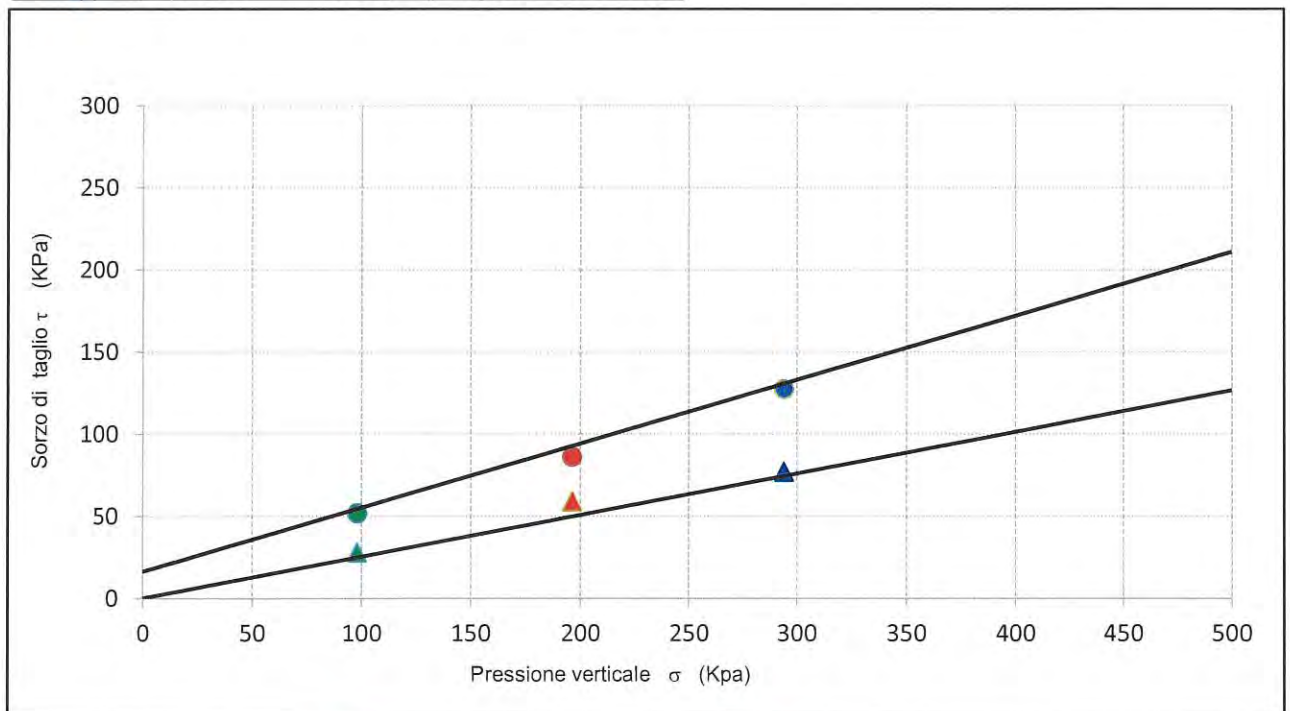
PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Modalità di prova: UNI EN ISO 17892-10

Caratteristiche dei provini:

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n KN/m ³	γ _d KN/m ³	Sr ⁽ⁱ⁾ %	Sr ^(f) %	Wn ⁽ⁱ⁾ %	Wn ^(f) %
1	23.00	36.00	19.23	16.65	71.09	99.86	15.51	19.23
2	23.00	36.00	19.16	16.40	73.61	98.34	16.65	19.05
3	23.00	36.00	19.21	16.40	75.53	98.47	20.45	20.45

Provino	Velocità mm/min	σ normale [kPa]	τ picco [kPa]	S _n mm
1	0.005	200.00	28.02	4.2455
2	0.005	300.00	58.85	4.2455
3	0.005	400.00	77.07	2.888906



$c' = 0.29$ (Kpa) $\phi = 14.19^\circ$

COMMITTENTE: **Spett.le Dott. Massimo Gubinelli**SITO : **Arcofiato**LOCALITA': **Camerino**SONDAGGIO : **S4**

DATA PRELIEVO

21/02/23CAMPIONE : **C2**

TIPO DI FUSTELLA

(Metallo)

Qualità

PROFONDITA' : **01.20-01.60**

(m)

TIPO DI CAMPIONE

Indisturbato

Q5

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA UU

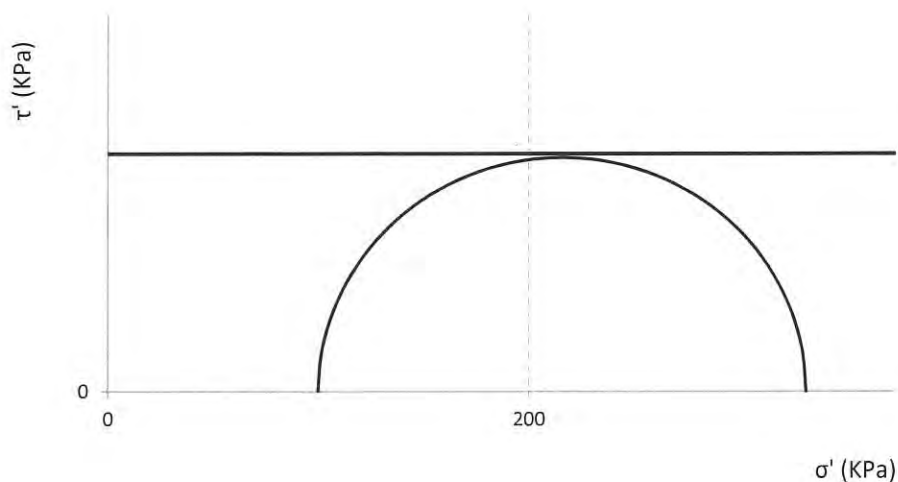
Modalità di prova: #RIF!

Fase di rottura

Provino	H0	Ao	γ_n KN/m ³	γ_d KN/m ³	W ₀ %
1	73.00	11.33	18.87	15.13	24.78

W _f %	S ₀ %	S _f %
24.51	89.24	95.67

Provino	σ_{1c} kPa	σ_{3c} kPa	σ'_{1c} kPa	ϵ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa
1	100.00	100.00	0.00	8.93	232.01



Risultati elaborazione fase di Rottura

Cu **117.92 Kpa** φ' **0.00 °**

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

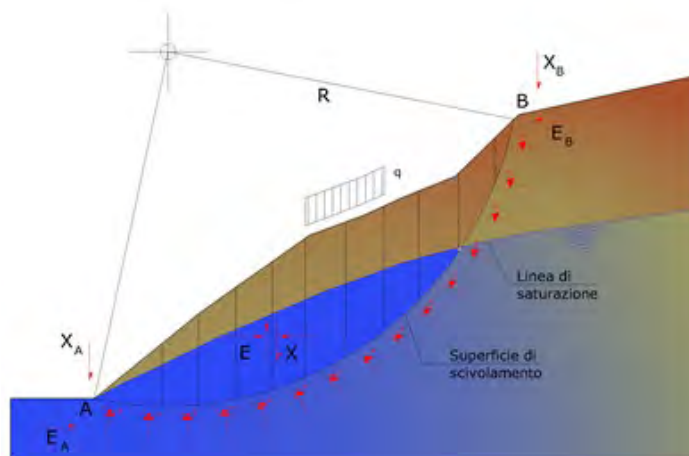
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

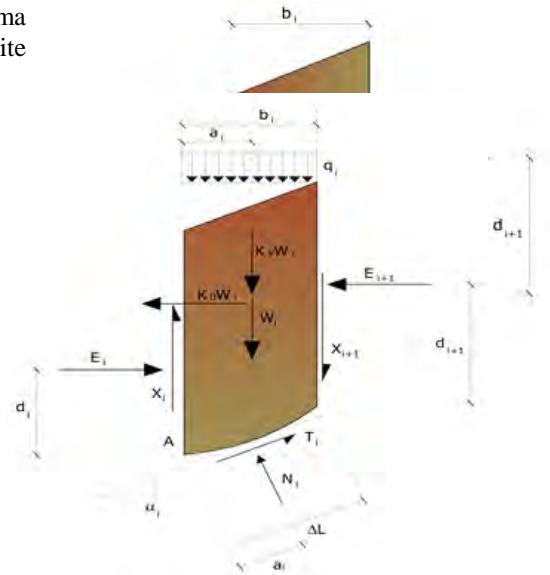
- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

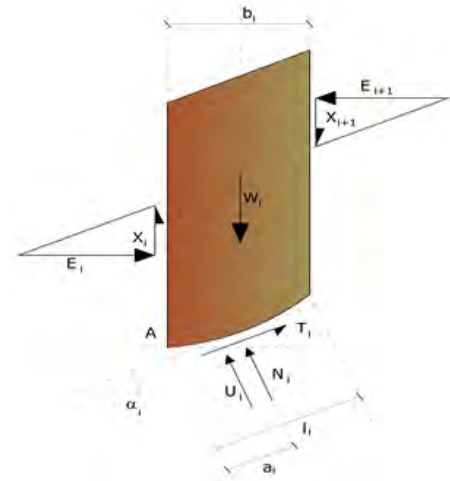
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

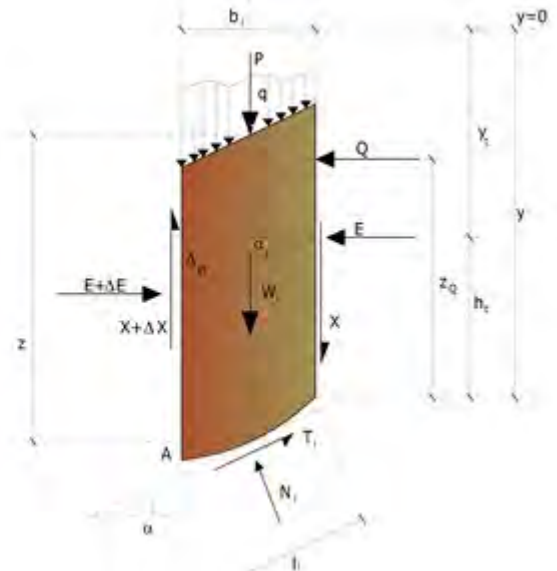
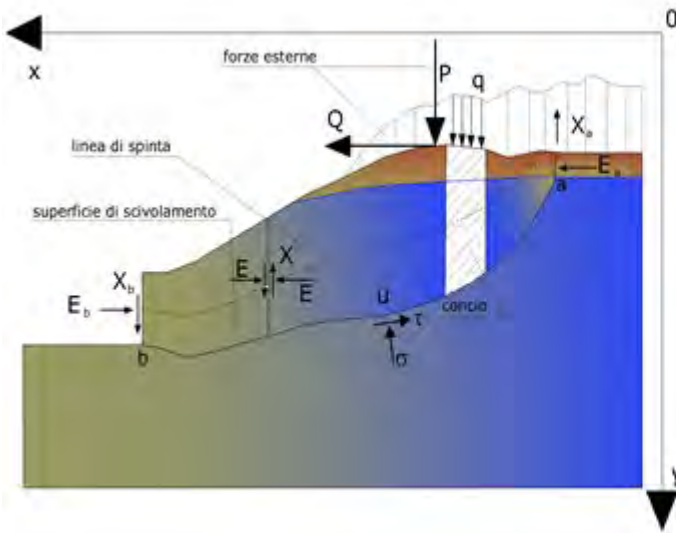
I valori di F e di DX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $DX = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

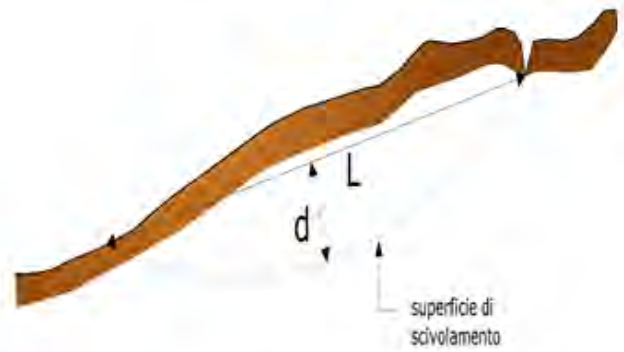
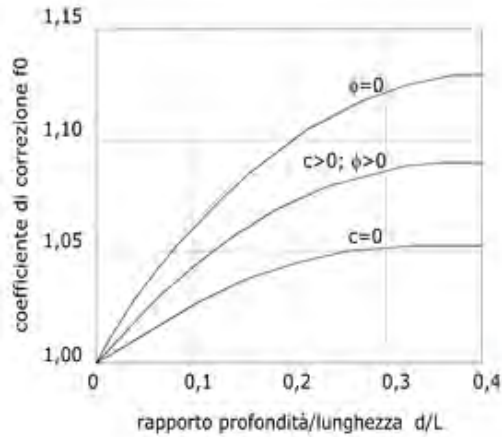


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $DX_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio s e t agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

f_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

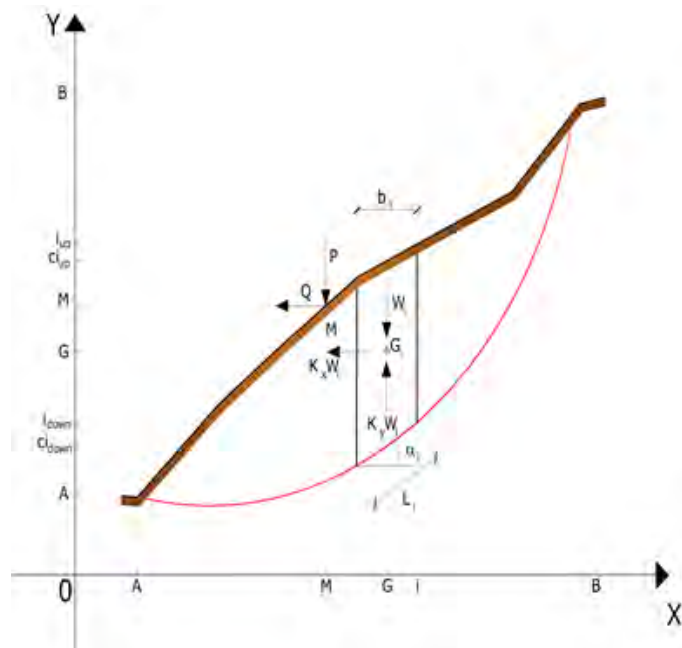
L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$



Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F, sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

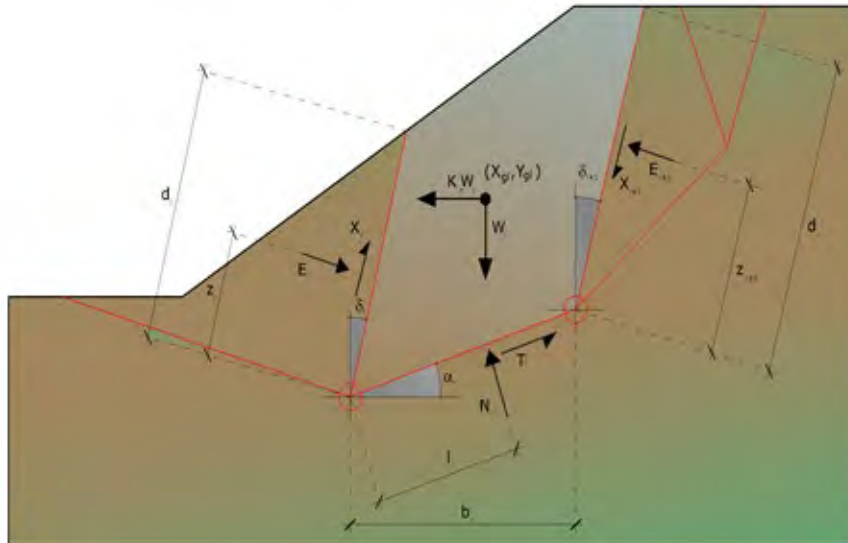
$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} S D E_i &= 0 \\ S D X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i.

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di Sarma la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi_i' - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi_i' - \alpha_i) + (x_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$\begin{aligned} K &= K_c && \text{Accelerazione critica se } F=1 \\ F &= F_s && \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K=0 \end{aligned}$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i-esima faccia del concio i, e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo q ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1, \dots, n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\text{tg} \alpha}{F_s} - W \text{sen} \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \text{tg} \varphi \text{tg}(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\begin{aligned} \sum (Q_i \cos \theta) &= 0 \\ \sum (Q_i \text{sen} \theta) &= 0 \end{aligned}$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

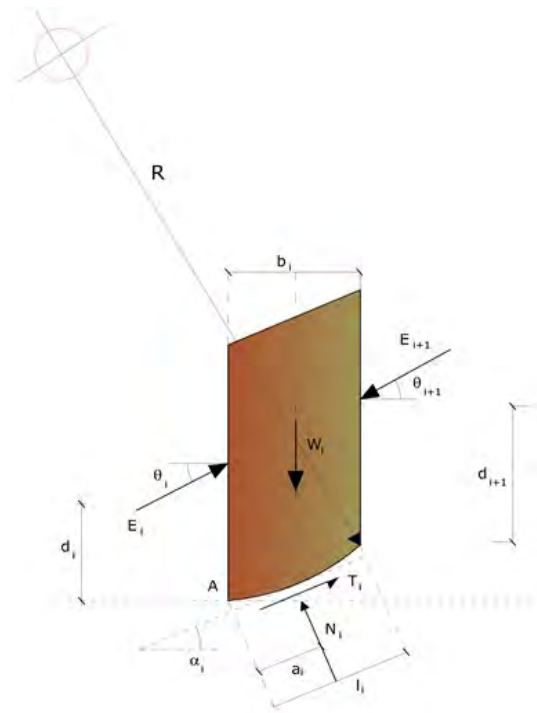
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

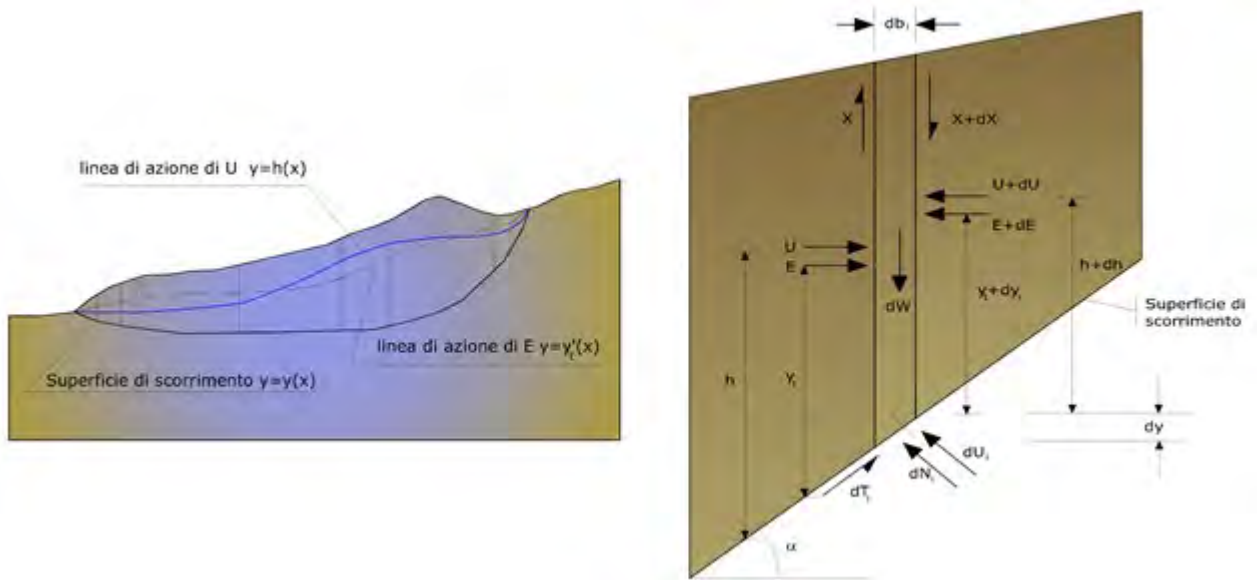
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$\begin{aligned} c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \text{tg} \varphi \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \text{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \text{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right) \end{aligned}$$





Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

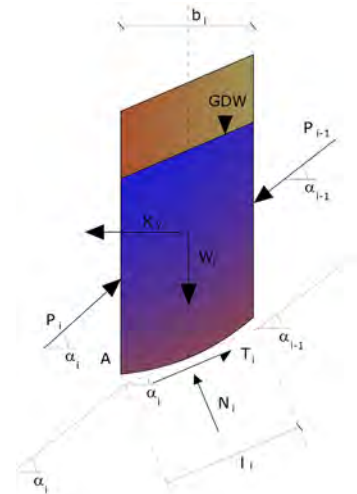
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

- K_y sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;
- Le forze (P_{i-1}) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (α_i), riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;



Il numero totale di incognite quindi è ridotto a $(3n)$, da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R , chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

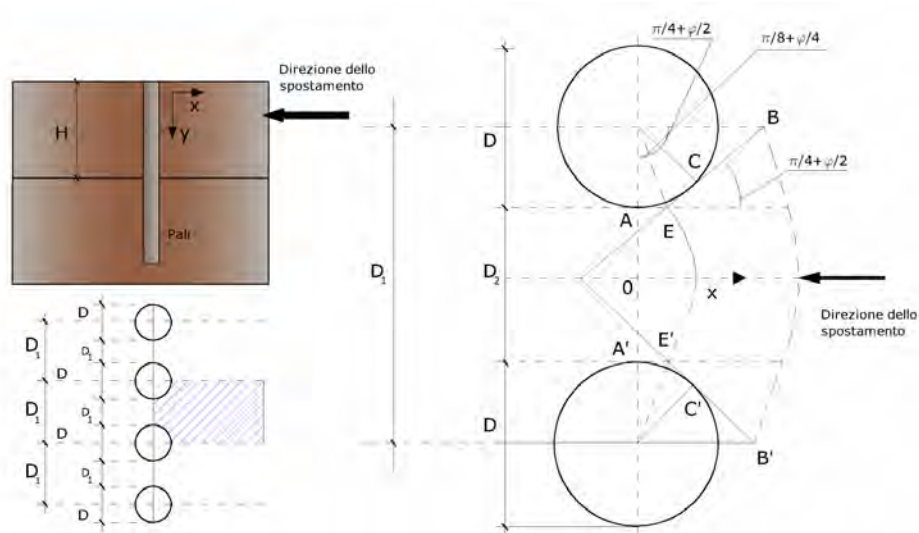
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra “sbarramento” e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo-terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinte attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidità a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[\frac{1}{(N_\varphi \tan \varphi)} \left(e^{k_2} - 2(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\varphi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D_1 = interasse tra i pali;

D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;

$N_\varphi = \tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1 / (N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0$ $P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1$ $P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

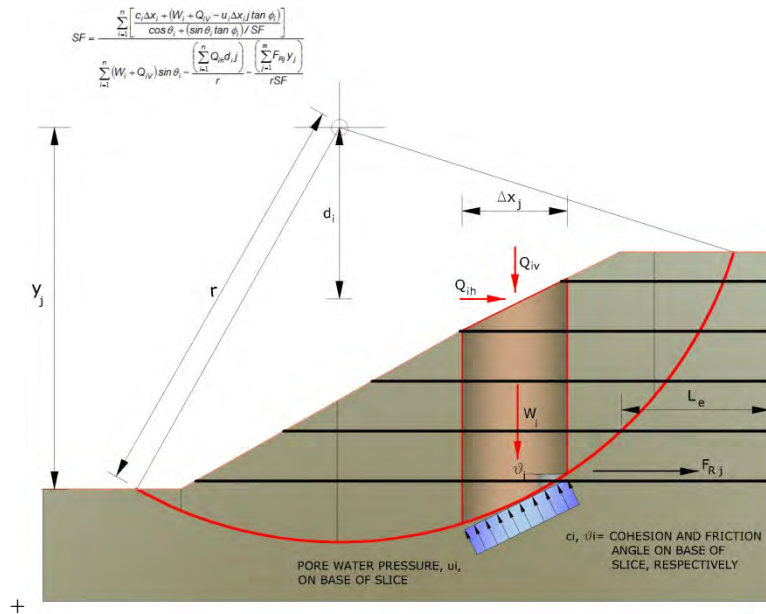
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (Momento di plasticizzazione).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento.

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (Pullout). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (Pullout) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

- δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;
- $T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;
- L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;
- f_b Coefficiente di Pullout;
- σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

Ancoraggi

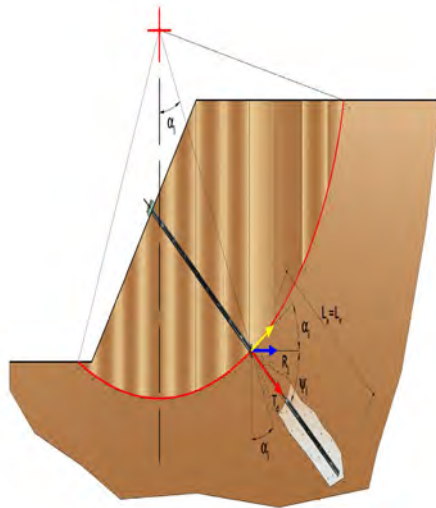
Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

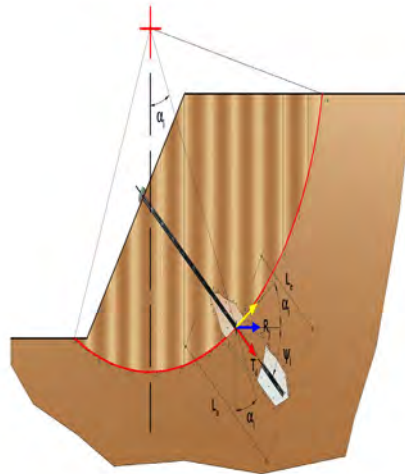
- testata: indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- fondazione: indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di tipo attivo, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di tipo passivo e per i chiodi, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;
 Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;
 i interasse;
 L_e lunghezza efficace;
 L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.

Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965) S

Lat./Long.	43.129261/13.083946 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-27.52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	87.1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	106.14 m
Ordinata vertice destro superiore ys	133.46 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.863	2.441	0.291
S.L.D.	101.0	1.079	2.437	0.301
S.L.V.	949.0	2.373	2.566	0.338
S.L.C.	1950.0	2.962	2.598	0.348

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.2945	0.2	0.0264	0.0132
S.L.D.	1.6185	0.24	0.0396	0.0198
S.L.V.	3.15	0.28	0.0899	0.045
S.L.C.	3.6407	0.28	0.104	0.052

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.09

Coefficiente azione sismica verticale 0.045

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	14.24	40.7
2	29.42	42.04
3	41.9	43.35
4	48.27	44.06
5	54.07	44.66
6	58.91	45.23
7	66.8	46.54
8	74.61	47.17
9	78.86	47.77
10	87.59	48.59
11	101.03	49.86
12	109.34	50.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	14.24	40.69
2	29.42	42.03
3	41.9	43.34
4	48.27	44.05
5	54.07	44.65
6	58.91	45.22
7	66.8	46.53
8	74.61	47.16

9	78.86	47.76
10	87.59	48.58
11	101.03	49.85
12	109.34	50.49

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	14.24	37.58
2	25.21	38.45
3	35.22	39.71
4	50.89	41.05
5	57.19	41.6
6	59.24	41.6
7	74.45	44.99
8	83.11	45.7
9	91.54	47.11
10	101.86	47.98
11	109.34	48.93

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	14.24	36.23
2	23.12	36.85
3	33.51	37.78
4	44.84	38.87
5	54.76	40.11
6	58.1	40.27
7	67.17	41.66
8	74.7	43.52
9	81.76	43.91
10	94.17	45.54
11	105.41	46.47
12	109.34	47.03

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia	
1	0.1		20	1800	1900	ML DEPOSITO ELUVIO COLLUVI ALI LIMOSO	
2	0.1		26	1800	1900	SFALS SUBSTRA TO ALTERAT O ARGILLE ALTERNA TE AD ARENARI E	
3	0.2		35	2100	2200	ALS SUBSTRA TO INTEGRO ARGILLE ALTERNA TE A ARENARI E	

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1.59
Ascissa centro superficie	52.68 m
Ordinata centro superficie	119.55 m
Raggio superficie	79.01 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali .

$$x_c = 52.678 \quad y_c = 119.551 \quad R_c = 79.015 \quad F_s = 1.587$$

$$\text{Lambda} = 0.00$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	7.17	-10.48	7.29	15327.83
2	3.36	-6.61	3.38	15821.3
3	3.01	-4.29	3.01	17906.9
4	5.8	-1.1	5.8	41990.93
5	4.85	2.77	4.85	39735.07
6	7.89	7.41	7.95	70239.18
7	4.79	12.07	4.9	40508.39
8	3.02	14.98	3.13	21994.19
9	4.24	17.73	4.46	25681.66
10	8.53	22.7	9.25	24848.32

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	662.24	7771.0	0.0	0.0	6034.36	4783.39	1083.35
2	1023.75	12013.03	662.24	7771.0	7486.04	3078.31	2440.09
3	1261.14	14798.71	1023.75	12013.03	8976.11	3166.16	3104.87
4	1628.59	19110.54	1261.14	14798.71	21446.51	8196.48	3800.67
5	1616.81	18972.26	1628.59	19110.54	20466.4	7476.53	4296.3
6	1327.77	15580.61	1616.81	18972.26	35219.53	12667.14	4602.09
7	734.63	8620.44	1327.77	15580.61	18932.96	7124.28	4249.87
8	255.57	2998.99	734.63	8620.44	9556.19	3927.41	3559.3
9	-246.71	-2894.95	255.57	2998.99	10711.16	4879.14	2879.37
10	-700.3	-8217.62	-246.71	-2894.95	9483.19	6400.12	1294.83

Relazione di calcolo VERIFICA STABILITA' SEZ D-D

Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43.129261/13.083946 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-37.29 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	90.3 m
Ascissa vertice destro superiore xs	106.12 m
Ordinata vertice destro superiore ys	130.29 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.863	2.441	0.291
S.L.D.	101.0	1.079	2.437	0.301
S.L.V.	949.0	2.373	2.566	0.338
S.L.C.	1950.0	2.962	2.598	0.348

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.2945	0.2	0.0264	0.0132
S.L.D.	1.6185	0.24	0.0396	0.0198
S.L.V.	3.15	0.28	0.0899	0.045
S.L.C.	3.6407	0.28	0.104	0.052

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.09

Coefficiente azione sismica verticale 0.045

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-16.27	53.16
2	-4.2	54.26
3	4.68	55.16
4	12.36	55.85
5	21.84	56.55
6	31.02	56.85
7	40.59	58.15
8	48.07	58.65
9	52.26	58.85
10	58.65	59.64
11	63.93	60.24
12	71.91	61.44
13	76.6	62.24
14	85.38	63.63
15	92.16	64.43
16	95.75	65.13

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-16.27	53.15
2	-4.2	54.25
3	4.68	55.15
4	12.36	55.84
5	21.84	56.54
6	31.02	56.84
7	40.59	58.14
8	48.07	58.64
9	52.26	58.84
10	58.65	59.63
11	63.93	60.23
12	71.91	61.43

13	76.6	62.23
14	85.38	63.62
15	92.16	64.42
16	95.75	65.12

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-16.27	50.55
2	-4.09	52.29
3	0.24	52.64
4	21.51	54.76
5	34.31	55.64
6	46.59	56.88
7	52.24	57.14
8	64.16	58.47
9	70.95	59.0
10	80.75	60.76
11	95.75	63.13

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-16.27	49.16
2	1.39	51.44
3	9.08	52.41
4	25.86	53.73
5	40.91	54.91
6	51.03	55.95
7	60.67	57.06
8	71.13	58.23
9	80.08	59.69
10	87.08	60.8
11	91.73	61.35
12	95.75	61.69

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia	
1	0.1		20	1800	1900	ML DEPOSITO ELUVIO COLLUVI ALI LIMOSO	
2	0.1		26	1800	1900	SFALS SUBSTRA TO ALTERAT O ARGILLE ALTERNA TE AD ARENARI E	
3	0.2		35	2100	2200	ALS SUBSTRA TO INTEGRO ARGILLE ALTERNA TE A ARENARI E	

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1.72
Ascissa centro superficie	70.27 m
Ordinata centro superficie	96.3 m
Raggio superficie	37.68 m

Numero di superfici esaminate....(141)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	-8.6	90.3	37.2	4.55
2	-1.4	92.3	40.7	2.26
3	5.7	90.3	37.4	2.55
4	12.9	92.3	39.2	2.63
5	20.1	90.3	42.1	2.84

6	27.2	92.3	37.8	2.79
7	34.4	90.3	35.3	2.48
8	41.6	92.3	36.8	2.45
9	48.8	90.3	34.3	2.43
10	55.9	92.3	41.1	2.44
11	63.1	90.3	32.6	1.87
12	70.3	92.3	33.6	1.73
13	77.4	90.3	30.3	1.85
14	84.6	92.3	29.1	6.38
15	-8.6	94.3	41.5	3.60
16	-1.4	96.3	44.5	2.30
17	5.7	94.3	42.1	2.49
18	12.9	96.3	43.2	2.63
19	20.1	94.3	45.1	2.87
20	27.2	96.3	41.8	2.73
21	34.4	94.3	39.3	2.49
22	41.6	96.3	40.8	2.42
23	48.8	94.3	38.3	2.37
24	55.9	96.3	39.8	2.35
25	63.1	94.3	36.1	1.98
26	70.3	96.3	37.7	1.72
27	77.4	94.3	34.1	1.88
28	84.6	96.3	32.9	9.91
29	-8.6	98.3	45.4	3.67
30	-1.4	100.3	48.3	2.32
31	5.7	98.3	45.9	2.35
32	12.9	100.3	47.2	2.63
33	20.1	98.3	49.1	2.93
34	27.2	100.3	45.8	2.72
35	34.4	98.3	43.3	2.49
36	41.6	100.3	44.8	2.42
37	48.8	98.3	42.3	2.31
38	55.9	100.3	43.7	2.24
39	63.1	98.3	40.7	1.78
40	70.3	100.3	41.2	1.76
41	77.4	98.3	37.6	1.97
42	84.6	100.3	36.7	18.30
43	-8.6	102.3	49.0	4.94
44	-1.4	104.3	52.2	2.36
45	5.7	102.3	49.7	2.41
46	12.9	104.3	51.2	2.64
47	20.1	102.3	49.0	2.86
48	27.2	104.3	49.7	2.69
49	34.4	102.3	47.3	2.53
50	41.6	104.3	48.8	2.39
51	48.8	102.3	46.3	2.28
52	55.9	104.3	47.3	2.04
53	63.1	102.3	44.2	1.91
54	70.3	104.3	45.2	1.76

55	77.4	102.3	41.2	2.23
56	84.6	104.3	40.6	21.14
57	-8.6	106.3	53.0	5.00
58	-1.4	108.3	56.1	2.41
59	5.7	106.3	53.6	2.47
60	12.9	108.3	55.2	2.64
61	20.1	106.3	53.0	2.81
62	27.2	108.3	53.7	2.65
63	34.4	106.3	51.3	2.54
64	41.6	108.3	52.7	2.36
65	48.8	106.3	50.3	2.24
66	55.9	108.3	51.0	2.14
67	63.1	106.3	48.6	1.75
68	70.3	108.3	49.2	1.74
69	77.4	106.3	44.8	2.56
70	-8.6	110.3	57.3	3.79
71	-1.4	112.3	60.5	2.27
72	5.7	110.3	57.4	2.48
73	12.9	112.3	59.2	2.62
74	20.1	110.3	62.1	2.72
75	27.2	112.3	57.7	2.62
76	34.4	110.3	55.2	2.55
77	41.6	112.3	56.7	2.35
78	48.8	110.3	54.2	2.20
79	55.9	112.3	55.6	2.20
80	63.1	110.3	52.2	1.83
81	70.3	112.3	53.2	1.75
82	77.4	110.3	48.3	3.44
83	-8.6	114.3	61.3	3.83
84	-1.4	116.3	63.9	2.49
85	5.7	114.3	61.3	2.54
86	12.9	116.3	63.2	2.60
87	20.1	114.3	61.0	2.76
88	27.2	116.3	61.7	2.62
89	34.4	114.3	59.2	2.54
90	41.6	116.3	60.7	2.35
91	48.8	114.3	65.9	2.13
92	55.9	116.3	59.3	1.95
93	63.1	114.3	56.5	1.75
94	70.3	116.3	56.5	1.90
95	77.4	114.3	52.3	3.50
96	-8.6	118.3	65.2	3.85
97	-1.4	120.3	68.3	2.30
98	5.7	118.3	65.9	2.36
99	12.9	120.3	67.2	2.62
100	20.1	118.3	69.1	2.77
101	27.2	120.3	65.7	2.62
102	34.4	118.3	63.2	2.54
103	41.6	120.3	70.7	2.30

104	48.8	118.3	67.2	2.15
105	55.9	120.3	62.9	2.03
106	63.1	118.3	60.1	1.84
107	70.3	120.3	60.1	2.08
108	77.4	118.3	55.9	4.99
109	-8.6	122.3	69.2	3.85
110	-1.4	124.3	72.2	2.32
111	5.7	122.3	69.8	2.40
112	12.9	124.3	71.1	2.63
113	20.1	122.3	73.1	2.70
114	27.2	124.3	69.7	2.62
115	34.4	122.3	72.9	2.50
116	41.6	124.3	68.7	2.30
117	48.8	122.3	72.8	2.05
118	55.9	124.3	66.6	2.13
119	63.1	122.3	64.2	1.77
120	70.3	124.3	63.8	2.29
121	77.4	122.3	59.9	5.02
122	-8.6	126.3	72.9	5.12
123	-1.4	128.3	75.6	2.52
124	5.7	126.3	73.6	2.44
125	12.9	128.3	75.0	2.67
126	20.1	126.3	77.1	2.74
127	27.2	128.3	73.7	2.61
128	34.4	126.3	76.9	2.40
129	41.6	128.3	79.9	2.19
130	48.8	126.3	73.9	2.20
131	55.9	128.3	71.1	1.93
132	63.1	126.3	68.4	1.74
133	70.3	128.3	67.8	2.27
134	77.4	126.3	63.6	7.52
135	-8.6	130.3	76.9	5.11
136	5.7	130.3	77.5	2.47
137	20.1	130.3	82.1	2.63
138	34.4	130.3	80.9	2.39
139	48.8	130.3	78.3	2.18
140	63.1	130.3	72.0	1.80
141	77.4	130.3	67.5	9.67

VERIFICHE DI STABILITA' POST OPERA SEZ C-C

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

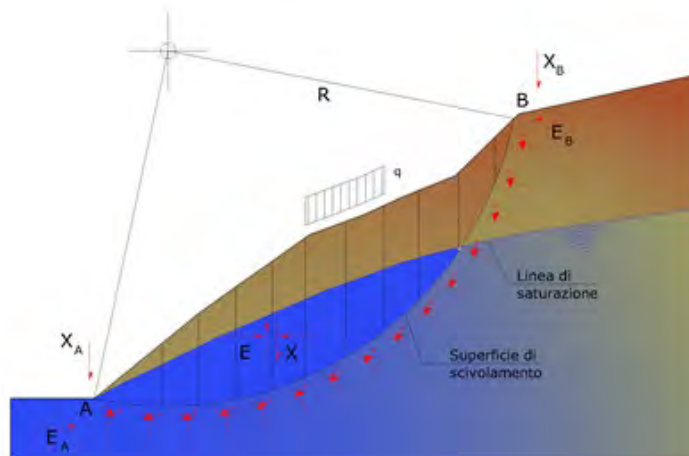
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a_i che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

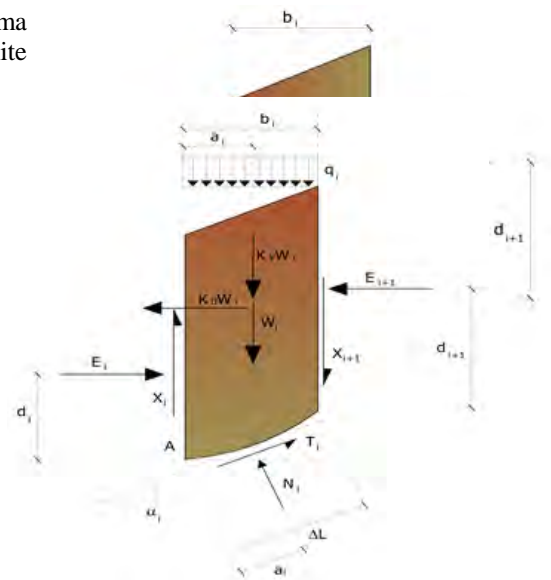
- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

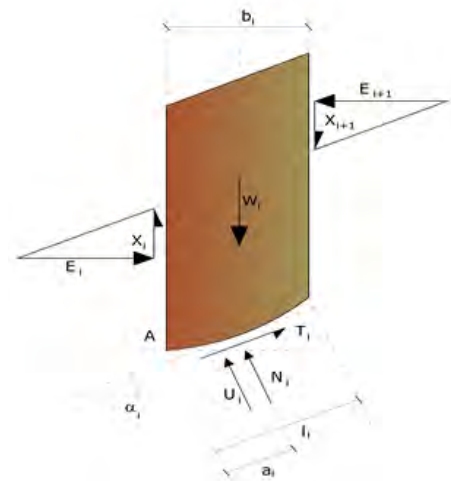
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

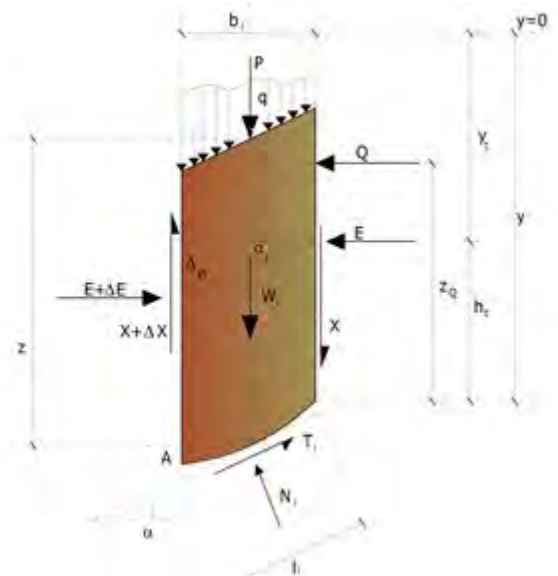
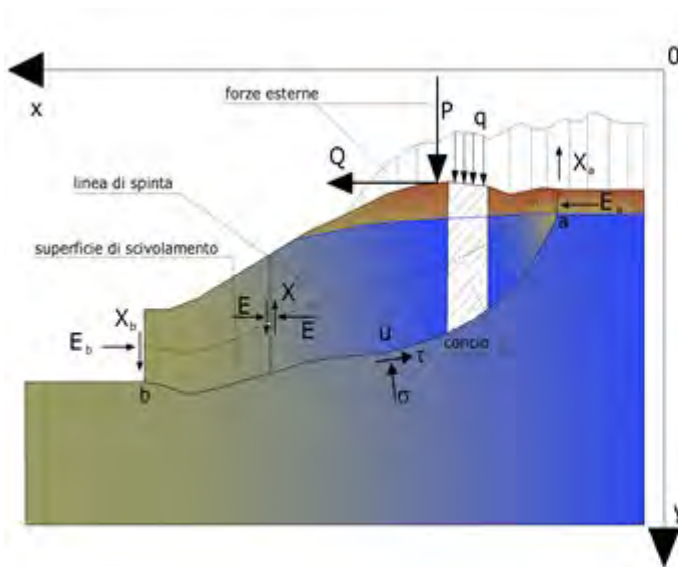
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

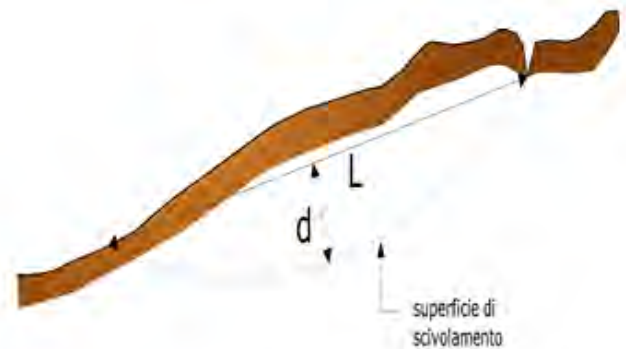
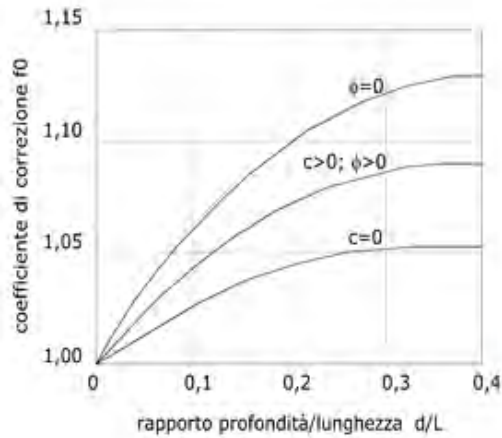


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo ΔX_i = 0 si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

Φ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

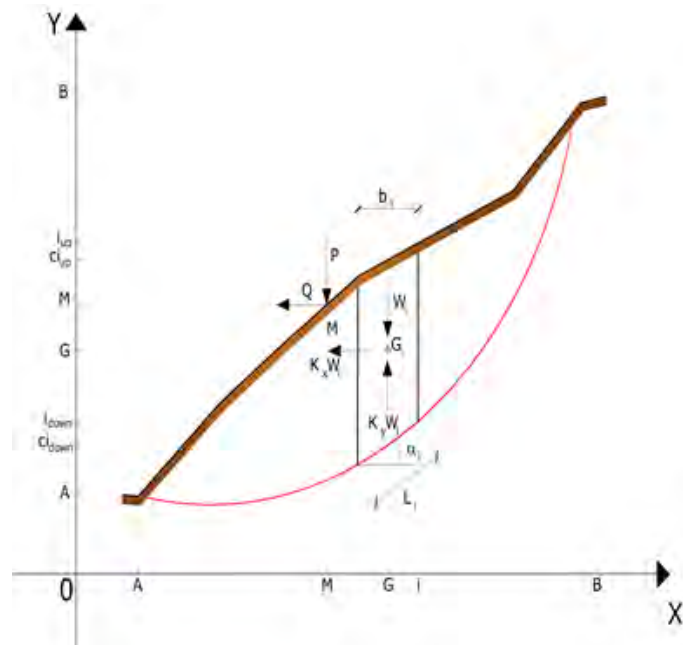
L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$



in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci}$$

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F, sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

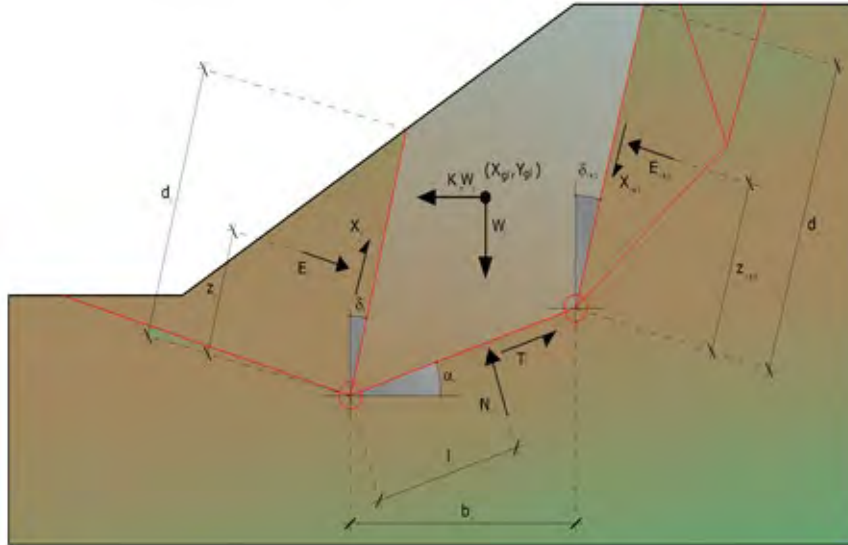
$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta E_i &= 0 \\ \Sigma \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i.

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi_i' - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi_i' - \alpha_i) + (x_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di \mathbf{K} (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione \mathbf{K} corrispondente al fattore di sicurezza $\mathbf{F} = 1$, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$\begin{aligned} K &= K_c & \text{Accelerazione critica se } F &= 1 \\ F &= F_s & \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K &= 0 \end{aligned}$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli concetti sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i = 1, \dots, n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\text{tg} \alpha}{F_s} - W \text{sen} \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \text{tg} \phi \text{tg}(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\begin{aligned} \sum (Q_i \cos \theta) &= 0 \\ \sum (Q_i \text{sen} \theta) &= 0 \end{aligned}$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

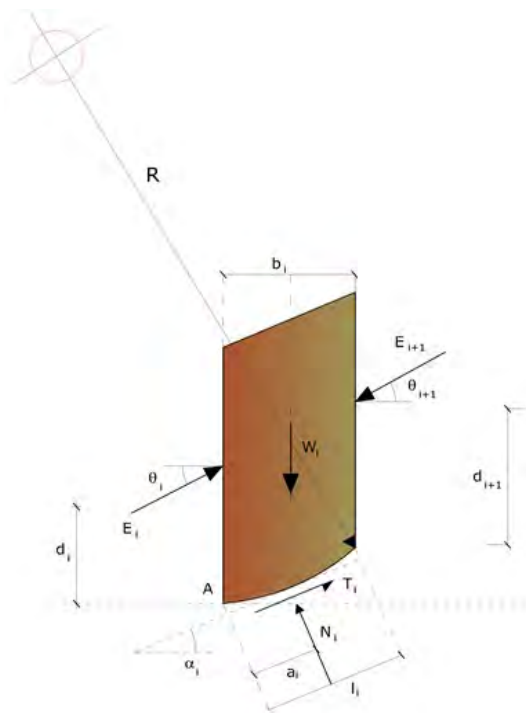
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

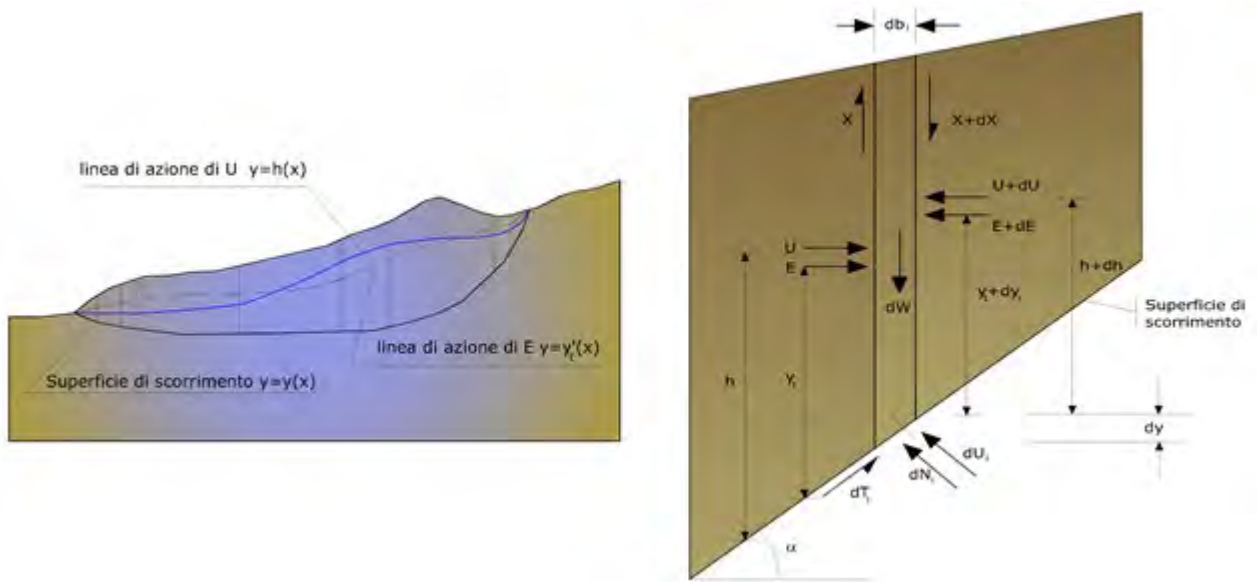
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$\begin{aligned} c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \text{tg} \phi \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \text{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) &= \\ &= \frac{dE}{dx} - \text{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right) \end{aligned}$$





Azioni sul concio *i*-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

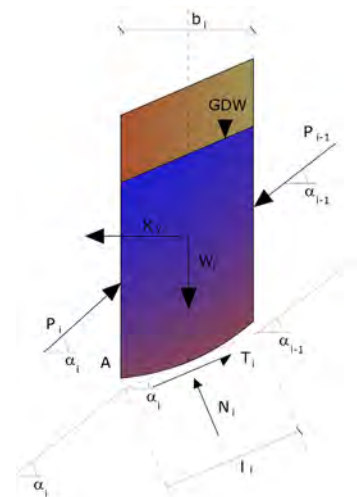
queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei *i* pali (*s/d*) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:



-*K_y* sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;

-Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;

-La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;

-Le forze (P_{i-1}) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia

(α_i) , riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;

-Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a $(3n)$, da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R , chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

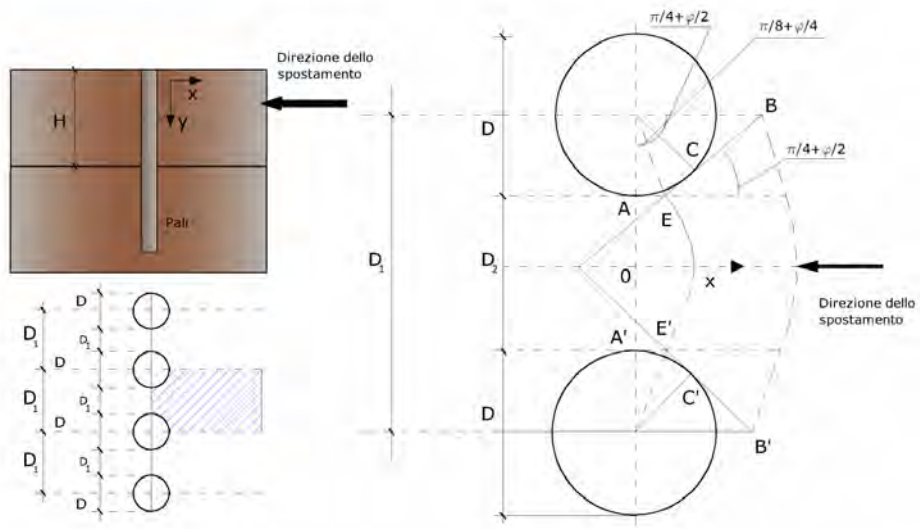
Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo-terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima

consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinte attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[\frac{1}{N_\varphi \tan \varphi} \left(e^{k_2} - 2(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\varphi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

- C = coesione terreno;
- φ = angolo di attrito terreno;
- γ = peso specifico terreno;
- D_1 = interasse tra i pali;
- D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;
- $N_\varphi = \tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1 / (N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \operatorname{tag} \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \operatorname{tag} \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0$ $P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1$ $P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

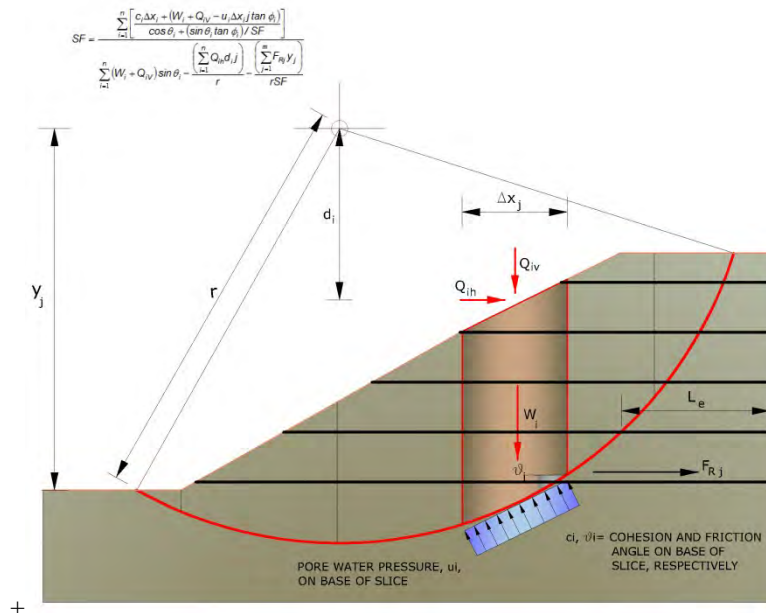
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento.

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

$T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T .

Ancoraggi

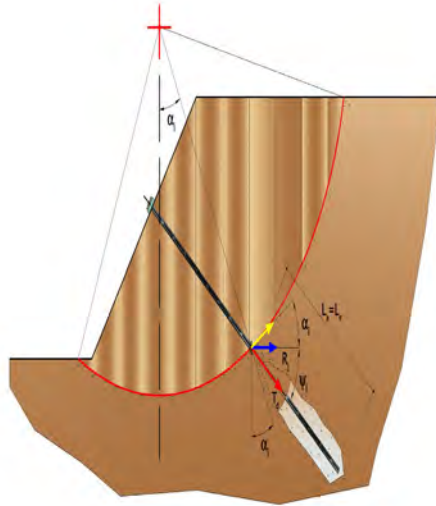
Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

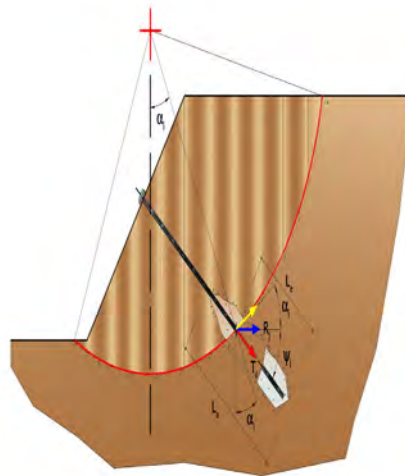
- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo e per i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

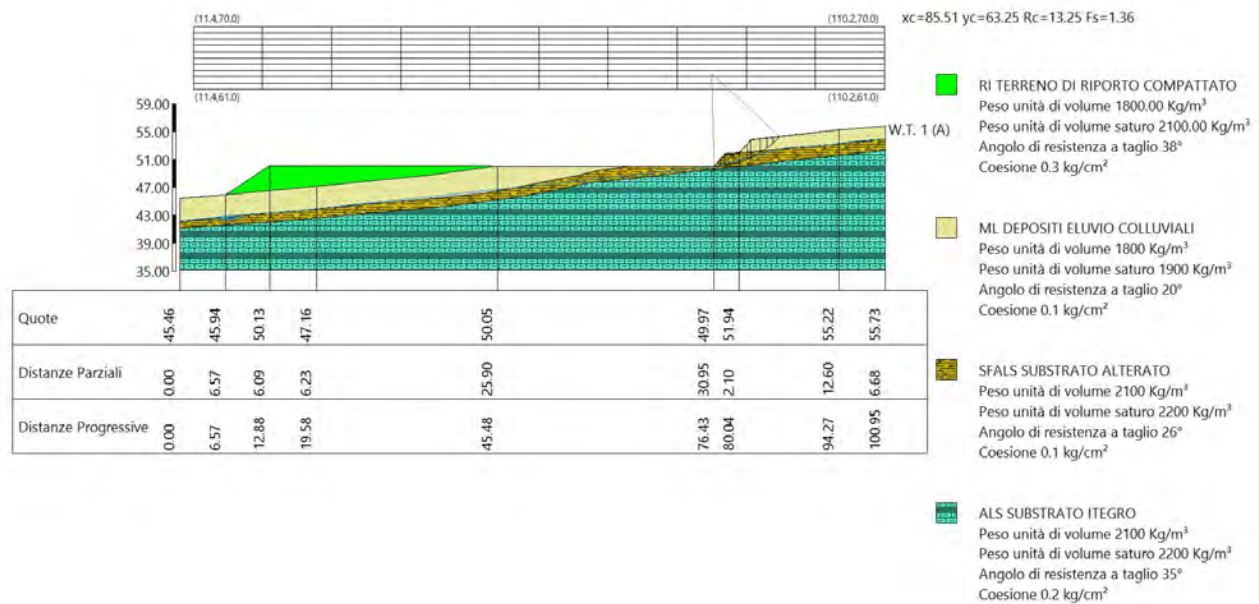
Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.



Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43.129261/13.083946 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	61.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	110.22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	69.98 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.863	2.441	0.291
S.L.D.	101.0	1.079	2.437	0.301
S.L.V.	949.0	2.373	2.566	0.338
S.L.C.	1950.0	2.962	2.598	0.348

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.2945	0.18	0.0238	0.0119
S.L.D.	1.6185	0.24	0.0396	0.0198
S.L.V.	3.15	0.31	0.0996	0.0498
S.L.C.	3.6407	0.31	0.1151	0.0575

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0996
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0498

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	9.41	45.46
2	15.98	45.94
3	22.29	50.13
4	85.83	49.97
5	87.34	51.79
6	89.45	51.94
7	91.08	53.78
8	103.68	55.22
9	110.35	55.73

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	9.61	42.17
2	16.19	42.92

	3	24.93	43.52
	4	85.83	49.96
	5	87.9	50.53
	6	96.13	52.65
	7	100.79	52.93
	8	106.3	53.61
	9	110.46	53.94

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)	
	1	9.41	45.46
	2	11.53	45.59
	3	15.93	45.94
	4	28.99	47.16
	5	44.99	48.72
	6	54.88	50.05
	7	85.83	49.97
	8	87.38	51.77
	9	89.47	51.92
	10	91.12	53.82
	11	103.68	55.22
	12	110.35	55.73

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)	
	1	9.41	42.11
	2	28.77	43.92
	3	41.54	45.03
	4	52.91	46.14
	5	59.96	47.48
	6	65.83	48.59
	7	69.24	49.41
	8	73.56	49.98
	9	80.38	50.0
	10	85.91	50.01
	11	87.3	51.68
	12	110.35	53.91

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)	
	1	9.41	41.19
	2	22.76	42.04
	3	35.54	43.22
	4	48.53	44.39
	5	54.48	45.15
	6	61.59	46.26
	7	67.81	47.64

8	73.27	48.19
9	78.93	48.81
10	87.78	49.85
11	94.89	50.61
12	110.35	52.3

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.3		38	1800.00	2100.00	RI TERRENO DI RIPORTO COMPATT ATO	
2	0.1		20	1800	1900	ML DEPOSITI ELUVIO COLLUVI ALI	
3	0.1		26	2100	2200	SFALS SUBSTRA TO ALTERAT O	
4	0.2		35	2100	2200	ALS SUBSTRA TO ITEGRO	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.36
Ascissa centro superficie	85.51 m
Ordinata centro superficie	63.25 m
Raggio superficie	13.25 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali .

$x_c = 85.512$ $y_c = 63.25$ $R_c = 13.245$ $F_s = 1.364$
 $\text{Lambda} = 0.00$

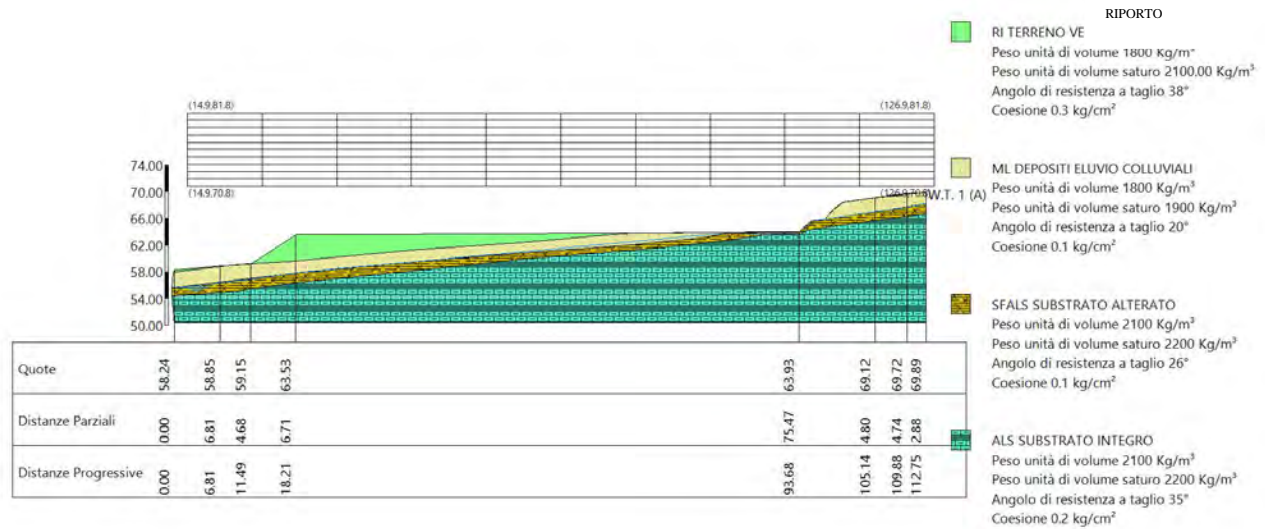
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.94	3.55	0.94	1060.7
2	0.54	6.77	0.55	1561.12
3	1.33	10.88	1.36	4472.79
4	0.77	15.55	0.8	2316.48
5	1.1	19.81	1.17	3940.8
6	0.53	23.6	0.58	2406.51
7	1.35	28.15	1.53	5769.63
8	0.94	33.89	1.13	2928.22
9	0.94	38.94	1.2	1944.41
10	0.94	44.38	1.31	721.39

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
-----	------------	------------	--------------	--------------	-------------	------------	------------

1	419.52	754.42	0.0	0.0	663.77	740.58	73.61
2	782.91	1407.9	419.52	754.42	1212.26	667.24	206.87
3	1035.58	1862.28	782.91	1407.9	3950.13	1925.46	305.71
4	1176.85	2116.32	1035.58	1862.28	1966.08	1031.53	308.83
5	1081.98	1945.71	1176.85	2116.32	3494.98	1687.98	251.96
6	1063.77	1912.98	1081.98	1945.71	2143.96	951.5	136.67
7	433.65	779.84	1063.77	1912.98	5090.56	2351.64	0.0
8	58.0	104.3	433.65	779.84	2324.22	1158.34	0.0
9	-138.91	-249.79	58.0	104.3	1396.52	1004.8	0.0
10	0.49	0.88	-138.91	-249.79	566.69	890.03	0.0

VERIFICA DI STABILITA' POST OPERA SEZ D-D



Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43.129261/13.083946 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	14.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	70.81 m
Ascissa vertice destro superiore xs	126.89 m
Ordinata vertice destro superiore ys	81.77 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.863	2.441	0.291
S.L.D.	101.0	1.079	2.437	0.301
S.L.V.	949.0	2.373	2.566	0.338
S.L.C.	1950.0	2.962	2.598	0.348

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.2945	0.18	0.0238	0.0119
S.L.D.	1.6185	0.24	0.0396	0.0198
S.L.V.	3.15	0.31	0.0996	0.0498
S.L.C.	3.6407	0.31	0.1151	0.0575

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0996
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0498

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	12.91	58.24
2	19.72	58.85
3	24.4	59.15
4	31.12	63.53
5	106.59	63.93
6	108.52	65.66
7	110.28	65.64
8	111.85	67.39
9	113.24	68.41
10	118.05	69.12
11	122.79	69.72
12	125.66	69.89

Falda

Nr.	X	y
-----	---	---

	(m)	(m)
1	12.61	55.61
2	16.21	55.88
3	24.56	56.9
4	32.09	57.95
5	95.73	63.8
6	106.75	63.53
7	108.52	65.65
8	110.89	65.9
9	113.35	66.29
10	119.71	67.25
11	123.11	67.7
12	125.66	68.21

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	12.54	55.53
2	12.73	57.92
3	22.19	59.07
4	30.4	59.54
5	48.75	61.26
6	65.37	62.41
7	78.46	63.56
8	81.04	63.75
9	107.21	64.03
10	108.42	65.57
11	110.47	65.85
12	111.82	67.44
13	113.26	68.45
14	118.17	69.12
15	125.37	69.87
16	125.66	69.89
17	125.66	69.89

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	12.54	55.53
2	12.54	55.59
3	31.15	57.8
4	46.97	59.29
5	61.72	60.56
6	80.4	61.94
7	92.18	63.11
8	95.79	63.75
9	106.68	63.96
10	108.32	65.55
11	118.4	67.04

12	125.66	68.18
----	--------	-------

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	12.54	54.39
2	21.7	55.04
3	30.83	56.32
4	41.34	57.38
5	52.7	58.54
6	65.65	59.92
7	84.96	61.52
8	96.53	62.79
9	101.52	63.53
10	106.51	63.43
11	107.89	64.28
12	118.72	65.76
13	125.66	66.66

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturato (Kg/m ³)	Litologia
1	0.3		38	1800	2100.00	RI TERRENO VEGETAL E
2	0.1		20	1800	1900	ML DEPOSITI ELUVIO COLLUVI ALI
3	0.1		26	2100	2200	SFALS

						SUBSTRATO ALTERATO	
4	0.2		35	2100	2200	ALS SUBSTRATO INTEGRO	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.34
Ascissa centro superficie	110.08 m
Ordinata centro superficie	74.64 m
Raggio superficie	9.9 m

Numero di superfici esaminate....(107)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	20.5	71.4	13.0	5.56
2	26.1	70.8	14.1	1.76
3	31.7	71.4	14.6	2.17
4	37.3	70.8	13.8	4.92
5	42.9	71.4	15.4	8.77
6	98.9	71.4	14.3	4.11
7	104.5	70.8	10.8	2.67
8	110.1	71.4	6.4	1.39
9	115.7	70.8	9.1	3.10
10	121.3	71.4	3.7	4.79
11	20.5	72.4	14.0	5.61
12	26.1	71.9	15.1	1.76
13	31.7	72.4	15.7	2.14
14	37.3	71.9	14.9	4.40
15	42.9	72.4	16.5	8.00
16	93.3	71.9	16.3	7.00
17	98.9	72.4	15.4	4.71
18	104.5	71.9	11.9	2.68
19	110.1	72.4	7.2	1.46
20	115.7	71.9	6.2	2.84
21	121.3	72.4	4.4	4.69
22	20.5	73.5	15.0	5.10
23	26.1	73.0	16.2	1.77
24	31.7	73.5	16.8	2.12
25	37.3	73.0	15.9	4.18
26	42.9	73.5	17.6	7.46

27	93.3	73.0	17.4	6.13
28	98.9	73.5	16.5	3.70
29	104.5	73.0	15.9	2.34
30	110.1	73.5	8.0	1.50
31	115.7	73.0	7.5	2.49
32	121.3	73.5	4.7	6.43
33	20.5	74.6	17.0	2.43
34	26.1	74.1	17.3	1.82
35	31.7	74.6	17.9	2.10
36	37.3	74.1	17.0	4.01
37	42.9	74.6	18.7	7.03
38	93.3	74.1	17.1	6.62
39	98.9	74.6	19.0	2.91
40	104.5	74.1	15.5	2.32
41	110.1	74.6	9.9	1.34
42	115.7	74.1	8.0	2.63
43	121.3	74.6	5.8	6.06
44	20.5	75.7	17.0	25.37
45	26.1	75.2	18.4	1.83
46	31.7	75.7	19.0	2.09
47	37.3	75.2	18.0	3.88
48	42.9	75.7	19.7	6.70
49	93.3	75.2	19.6	4.87
50	98.9	75.7	18.7	3.00
51	104.5	75.2	15.2	2.24
52	110.1	75.7	10.5	1.46
53	115.7	75.2	9.5	2.26
54	20.5	76.8	19.1	2.36
55	26.1	76.3	19.5	1.85
56	31.7	76.8	20.1	2.09
57	37.3	76.3	19.1	3.77
58	42.9	76.8	20.8	6.42
59	93.3	76.3	19.3	5.46
60	98.9	76.8	19.8	2.81
61	104.5	76.3	14.8	2.15
62	110.1	76.8	11.2	1.47
63	115.7	76.3	10.1	2.47
64	26.1	77.4	20.6	1.86
65	31.7	77.9	21.2	2.09
66	37.3	77.4	20.2	3.68
67	42.9	77.9	21.9	6.19
68	93.3	77.4	20.4	4.99
69	98.9	77.9	22.3	2.44
70	104.5	77.4	15.6	2.10
71	110.1	77.9	12.8	1.46
72	115.7	77.4	11.6	2.18
73	20.5	79.0	21.1	2.35
74	26.1	78.5	21.6	1.88

75	31.7	79.0	22.3	2.09
76	37.3	78.5	21.2	3.60
77	42.9	79.0	23.0	5.99
78	93.3	78.5	22.9	4.04
79	98.9	79.0	23.4	2.33
80	104.5	78.5	20.2	1.86
81	110.1	79.0	14.4	1.59
82	115.7	78.5	11.5	2.69
83	20.5	80.1	22.2	2.34
84	26.1	79.6	22.6	1.83
85	31.7	80.1	23.4	2.09
86	37.3	79.6	22.3	3.54
87	42.9	80.1	24.0	5.82
88	93.3	79.6	24.0	3.73
89	98.9	80.1	23.1	2.44
90	104.5	79.6	15.9	1.72
91	110.1	80.1	15.1	1.47
92	115.7	79.6	13.0	2.48
93	20.5	81.2	23.2	2.63
94	26.1	80.7	24.8	1.79
95	31.7	81.2	24.5	2.09
96	37.3	80.7	23.3	3.49
97	42.9	81.2	23.3	6.25
98	93.3	80.7	23.7	4.14
99	98.9	81.2	22.8	2.56
100	104.5	80.7	16.7	1.54
101	110.1	81.2	15.8	1.63
102	115.7	80.7	13.0	3.56
103	26.1	81.8	25.8	1.78
104	37.3	81.8	24.4	3.45
105	93.3	81.8	26.2	3.21
106	104.5	81.8	17.6	1.45
107	115.7	81.8	13.8	4.36