

Comune di Cavaglià, località Gerbido (BI)
Impianto per la produzione di energia elettrica e termica mediante
combustione di rifiuti speciali non pericolosi
PAUR ai sensi dell'art. 27-bis D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Relazione geotecnica-sismica

Marzo 2024

Titolo progetto <i>Project title</i>	Comune di Cavaglià, località Gerbido (BI) Impianto per la produzione di energia elettrica e termica mediante combustione di rifiuti speciali non pericolosi PAUR ai sensi dell'art. 27-bis D.Lgs. 152/06 e s.m.i.
Titolo documento <i>Document title</i>	Relazione geotecnica-sismica
Livello del documento <i>Document Level of Detail</i>	Autorizzazione
Codice documento A2A <i>A2A Document code</i>	CAVA06-V02-F14-GN-10-000-C-E-002-R00
Derivato da <i>Drawn by</i>	

Progettazione			Codice documento progettista <i>Designer Document code</i>				
	Il Progettista <i>Designer</i>  		-				
Rev	Liv	Scopo <i>Scope</i>	Data <i>Date</i>	Descrizione <i>Description</i>	Redatto <i>Edited</i>	Verificato <i>Revised</i>	Approvato <i>Approved</i>
00	AU	-	Marzo 2024	Revisione per richiesta chiarimenti/integrazioni, ai sensi D. Lgs. 152/06 ss.mm.ii. Art. 27 bis comma 5	M. Bont	M. Sala	G. Anselmi

A2A Ambiente	A2A Ambiente S.p.A.	
Data <i>Date</i>	Verificato <i>Revisited</i>	Approvato <i>Approved</i>
Marzo 2024	M. Paravidino	G. Anselmi

Cliente/Committente	A2A Ambiente S.p.A.	
Data <i>Date</i>	Validato <i>Validated</i>	
Marzo 2024	F. Roncari	

INDICE

1	PREMESSA	8
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	10
4	INQUADRAMENTO COROGRAFICO.....	11
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	12
	5.1 GEOLOGIA LOCALE	14
	5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	15
	5.3 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE	17
6	CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA.....	18
7	MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE DELLE MISURE IN SITO	20
	7.1 PROVE PENETROMETRICHE SPT	20
	7.1.1 Densità relativa (DR) da SPT.....	20
	7.1.2 Modulo elastico (E) da SPT.....	20
	7.1.3 Angolo di attrito (Φ^{\wedge}) da SPT	20
8	RISULTATI DELLE PROVE IN SITO	21
	8.1 RISULTATI DELLE PROVE – CAMPAGNA D’INDAGINE 2022	21
	8.1.1 Risultati delle prove penetrometriche SPT.....	21
	8.1.1.1 Numero di colpi SPT.....	21
	8.1.1.2 Densità relativa (DR) da SPT	22
	8.1.1.3 Modulo elastico (E) da SPT.....	25
	8.1.1.4 Angolo d’attrito (ϕ) da SPT.....	27
9	RISULTATI DELLE PROVE IN LABORATORIO	29
10	STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO	30
11	SISMICITA’	31
	11.1 ZONA SISMICA.....	31
	11.2 CPTI15-DBMI15 V 2.0.....	39
	11.3 INDAGINI SISMICHE.....	43
	11.3.1 Prove sismiche MASW.....	43
	11.3.1.1 Risultati dell’indagine sismica.....	45
	11.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	55
	11.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	56
	11.6 PERICOLOSITÀ SISMICA.....	57
	11.6.1 Vita nominale, classi d’uso e periodo di riferimento	57

11.6.2	Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno	58
11.6.3	Definizione della pericolosità sismica di base	59
11.6.4	Pericolosità sismica di sito.....	64
11.6.4.1	<i>Coefficienti sismici</i>	64
11.6.4.2	<i>Stabilità dei pendii e fondazioni</i>	64
11.6.4.3	<i>Pericolosità sismica</i>	65
12	LIQUEFAZIONE.....	71
13	PARAMETRI GEOTECNICI MEDI.....	73
14	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	74
15	VERIFICA DI STABILITA' DELLA COLLINA DI MITIGAZIONE	75
15.1	SOFTWARE DI CALCOLO.....	76
15.2	METODO BISHOP	76
15.3	VERIFICHE DI STABILITÀ E FATTORI DI SICUREZZA.....	79
15.4	PARAMETRI GEOTECNICI E CARICHI	81
15.4.1	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	81
15.5	SEZIONI DI VERIFICHE DI STABILITÀ	82
15.6	TERRE ARMATE – FASE COSTRUTTIVE.....	84
15.7	SCHEDA TECNICA DELLE BANDELLE	87
15.8	SCHEMA DI CALCOLO.....	90
15.9	VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONE STATICA	92
15.9.1	Verifica globale - terre armate.....	92
15.9.2	Verifica locale 1 - terre armate	93
15.9.3	Verifica locale 2 - terre armate	94
15.9.4	Verifica globale - strada	95
15.9.5	Verifica globale – strada - cava	96
15.10	VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONE SISMICA.....	98
15.10.1	Verifica globale - terre armate.....	98
15.10.2	Verifica locale 1 - terre armate	99
15.10.3	Verifica locale 2 - terre armate	100
15.10.4	Verifica globale - strada	101
15.10.5	Verifica globale – strada - cava	102
16	CONCLUSIONI.....	104
	ALLEGATO – CAMPAGNA D’INDAGINE 2022	105
	ALLEGATO - CERTIFICATI DI LABORATORIO	108

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica - sismica è stata redatta per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica e termica mediante combustione di rifiuti speciali non pericolosi sito nel Comune di Cavaglià (BI) nell'area della ex Zincocelere. In particolare, l'oggetto di questa relazione è caratterizzazione geotecnica, sismica del terreno oggetto del progetto.

Le modifiche apportate alla presente relazione, revisionata in azzurro, rispondono alla richiesta di integrazioni della Provincia di Biella, nell'ambito del procedimento di PAUR per l'impianto in questione e nello specifico alla questione n. 33 punto E, ovvero contenuti relativi all'analisi geotecnica della "collina di mitigazione" (capitolo 15).



Figura 1: area di studio evidenziata in rosso ex Zincocelere.

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.G.R. 3 febbraio 2012, n. 7-3340: Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011.
- D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084: D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.
- D.G.R. 18 febbraio 2011, n. 8-1517: Modifica del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese come approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale.
- O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006 (G.U. 11.5.2006 n.108) -Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105). Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019.
- D.M.17/01/2018 Contenente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC 2018)
- Regolamento regionale 28 dicembre 2007 n. 12/R e s.m.i.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- “Polo Tecnologico per lo smaltimento dei Rifiuti da realizzare nel Comune di Cavaglià-Località Gerbido – Relazione geologica e Geotecnica” Dott. Geol. Elio Vanoni – Dott. Geol. Guido Bruno – Febbraio 1999
- “Discarica Rifiuti Località Gerbido – Comune di Cavaglià – Studio per l’ubicazione dei pozzi di spurgo e la realizzazione della rete di monitoraggio” Dott. Geol. Domenico De Luca - Marzo 1999 – Maggio 2000;
- “Ecodeco S.p.A. – Comune di Cavaglià – Nuovo impianto trattamento rifiuti – Indagine Geognostica – Prove di laboratorio” RCT (Radaelli Castellotti) - Marzo 2001
- “Ecodeco- Cavaglià (Biella) – Nuovo impianto di smaltimento rifiuti – Relazione Geotecnica” Ingegneri Consulenti associati – Ing. Pietro Romani – Giugno 2001- “Cavaglià S.p.A. - Fase di completamento e ripristino ambientale discarica 2B –
- Relazione Idrogeologica” Dott. Geol. Fulvio Epifani – Aprile 2002;
- “D.M. 25.10.1999 n° 471 - Cavaglià S.p.A. - Fase di completamento e ripristino ambientale- Discarica 2B – Relazione Idrogeologica” Dott. Geol. Fulvio Epifani – Maggio 2002;
- Progetto di ampliamento discariche ASRAB SpA e A2A Ambiente SpA in loc. Gerbido - Cavaglià (BI) - Relazione geologica idrogeologica e geotecnica – Dott.Geol Paolo Bottani – Febbraio 2016
- Valutazioni idrogeologiche riguardo l’ampliamento delle discariche A.S.R.A.B. e A2A Ambiente in Comune di Cavaglià (BI) – TETHYS – Prof. Francani – Gennaio 2018
- Report tecnico – Indagine sismica – Loc. Via della Mandria, Cavaglià (BI) – S.G.M Geologia e Ambiente s.r.l. – Novembre 2020
- BDTRE Regione Piemonte.
- Carta geologica scala 1:100.000-Foglio Biella n.43

4 INQUADRAMENTO COROGRAFICO

Il sito oggetto d'interesse si trova in un settore a sud nel Comune di Cavaglià (BI) in via Bertone in località Gerbido, a sud dell'abitato, nell'area dell'ex Zincocelere, in prossimità dei confini amministrativi dei Comuni di Santhià (VC) ed Alice Castello (VC). L'area dista circa 800 m dalla SS 143 che collega Biella a Santhià. Di seguito viene riportata l'inquadratura dell'area su base BDTRE Regione Piemonte.

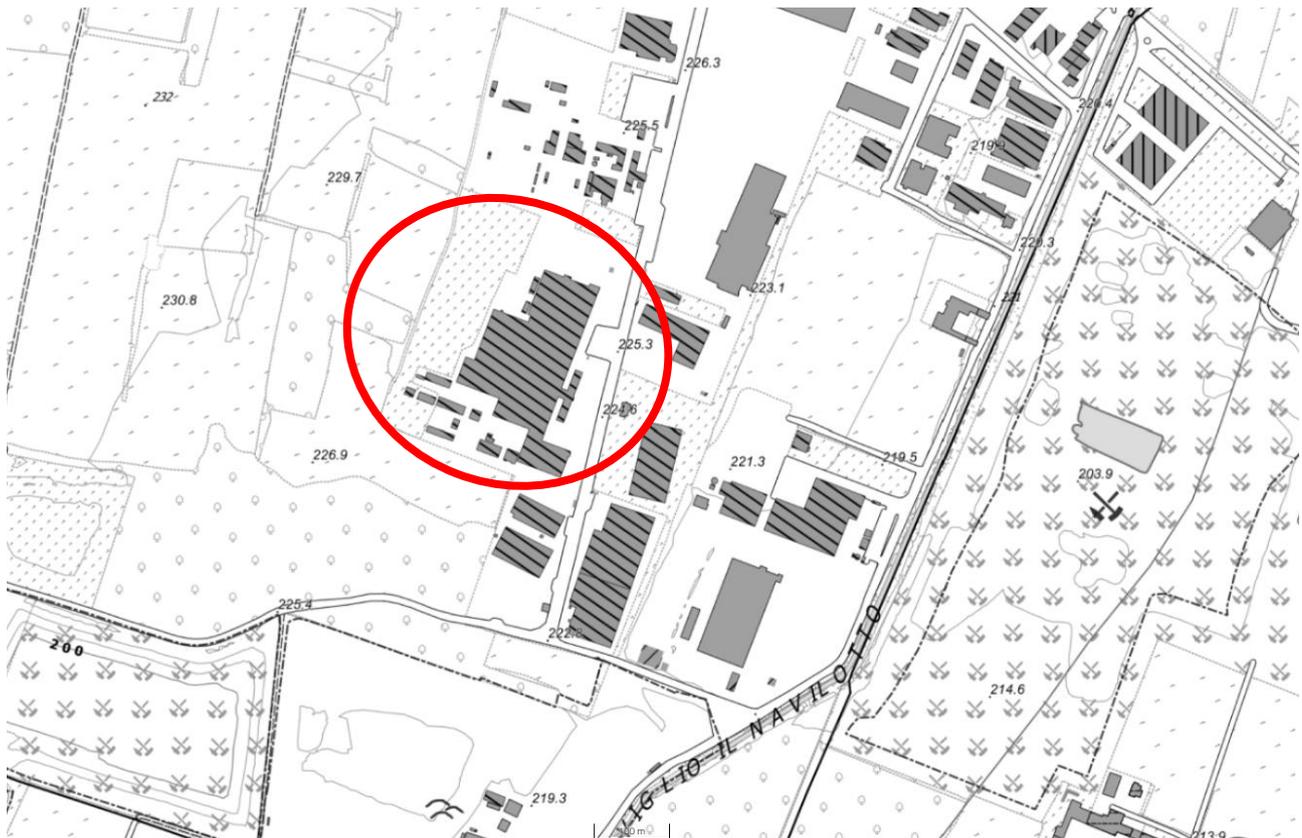


Figura 2: Area d'intervento su CTR della Regione Piemonte in scala 1:10.000 (BDTRE Regione Piemonte). In rosso l'area d'interesse

L'area d'interesse si trova a una quota compresa tra 225 e 228 m s.l.m.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'analisi della struttura geologica e geomorfologica del territorio è stata condotta utilizzando le informazioni contenute nella cartografia tecnica regionale a scala 1:10.000, nella cartografia a scala 1:25.000, e nella cartografia tematica dell'I.G.M. (Carta Geologica Biella, Foglio n° 43) ove sono stati analizzati inoltre la cartografia tematica provinciale, gli studi allegati ai PRG integrati da sopralluoghi e rilevamenti in situ.

A grande scala, la morfologia del territorio è il risultato del modellamento, avvenuto nel corso di più fasi di espansione e ritiro dei ghiacciai quaternari e dei fenomeni connessi, tra gli sbocchi in pianura della Dora Baltea e del Torrente Elvo.

L'area oggetto di studio ricade interamente a S della Linea dei Canavese, nel settore di pianura a ridosso di rilievi deposizionali di origine glaciale rappresentati dalla Serra d'Ivrea e dal gruppo di colline moreniche che circondano il Lago di Viverone.

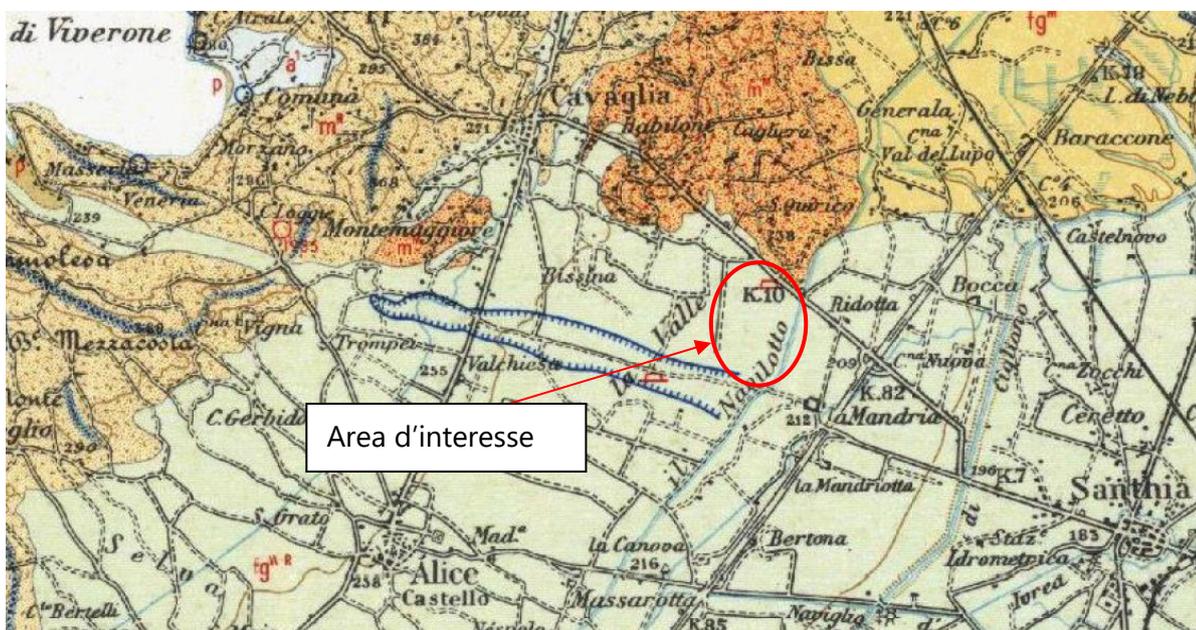


Figura 3: Carta geologica scala 1:100.000-Foglio Biella n.43

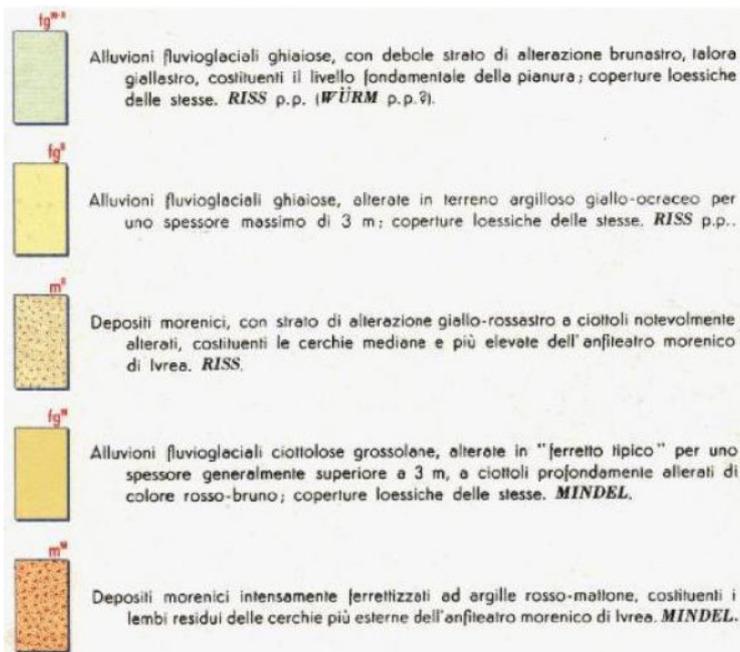


Figura 4: Legenda Carta geologica scala 1:100.000-Foglio Biella n.43

Le formazioni presenti nell'area sono di seguito descritte in modo sintetico

I - Depositi morenici mindeliani (m^M)

Sono formati da materiali angolosi di dimensioni variabili inglobati in una matrice fine abbondante. Localmente è presente un paleosuolo "ferrettizzato" costituito da argille rosso-brune con ciottoli di rocce silicatiche. Compiono solo circa 1 Km a NE della località in esame.

II - Depositi fluvioglaciali mindeliani (fg^M)

La litologia predominante è costituita da livelli ghiaioso-sabbiosi, intervallati da livelli sabbioso-argillosi. Localmente è possibile osservare la presenza di un paleosuolo di spessore variabile tra 2 e 3 m., costituito da argille brunastre con rari ciottoli. Sono presenti solo molto più a NE.

III - Depositi morenici rissiani (m^R)

Il litotipo predominante è rappresentato da ciottoli inglobati in una matrice sabbioso-ghiaiosa in cui sono dispersi blocchi lapidei di dimensioni superiori. Si può osservare, localmente, la presenza di un paleosuolo argilloso il cui spessore può raggiungere i 3 m. Anch'essi non interessano direttamente l'area.

IV - Depositi fluvioglaciali würmiano-rissiani (fg^{WR})

La litologia preminente è costituita da alternanze di livelli ghiaiosi con livelli sabbioso-argillosi. I livelli sabbioso-ghiaiosi sono stati e sono spesso tuttora oggetto di attività estrattiva. In particolare, la conformazione del bacino locale esame (Loc. La Valle) ha determinato una concentrazione dei litotipi granulari e sabbiosi puliti e sani, oggetto di coltivazione estesa ed intensa.



Figura 6: Legenda carta geologica

5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

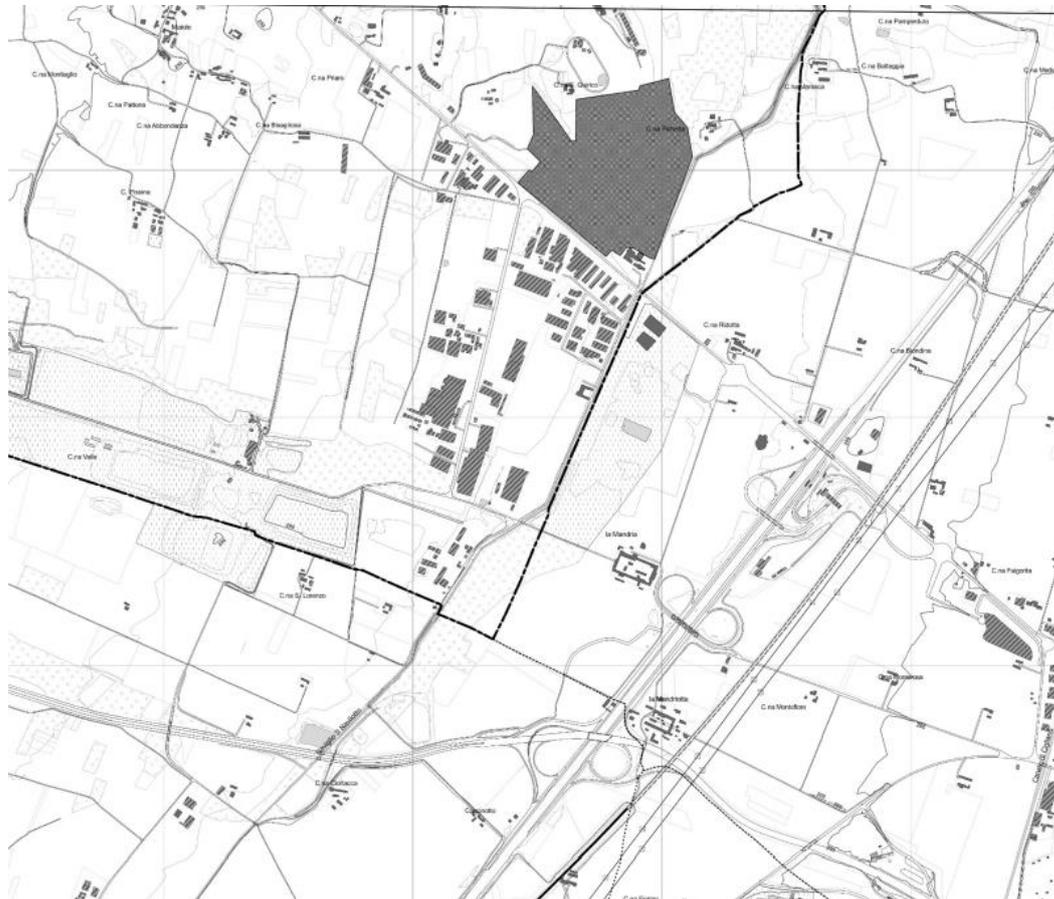
L'area in oggetto è collocata in pianura, al limite meridionale dell'apparato morenico di Ivrea e appartiene alla zona di transizione fluvio-glaciale rissiano-würmiana, originatasi da una serie di scaricatori le cui attività si sono succedute nei vari stadi della glaciazione rissiana protraendosi per un lasso di tempo relativamente lungo. Il paleosuolo di questi depositi fluvio-glaciali è caratterizzato dalla presenza superficiale di un debole strato d'alterazione bruno-giallastro che in superficie, per la profondità di alcuni decimetri, è stato profondamente modificato nella composizione e nelle caratteristiche fisico-chimiche dalle colture agrarie.

La pianura è delimitata verso Nord dai bassi rilievi mindeliani, costituenti le cerchie moreniche più esterne dell'anfiteatro eporediese, formati da depositi eterogenei caratterizzati da una coltre superficiale di argille rosse, "ferretto", e da sottostanti ciottoli di gneiss e di rocce granitiche molto alterate. Più ad Ovest sono presenti i terreni morenici rissiani, più recenti rispetto ai primi e quindi meno alterati; formano il corpo interno dell'apparato morenico (Serra d'Ivrea) con paleosuolo decisamente meno potente di quello mindeliano e generalmente asportato dall'erosione.

Nell'area non sono presenti corsi d'acqua naturali, di grosse dimensioni, ma il sito è piuttosto caratterizzato, a causa dell'intenso uso agricolo del suolo, da una fitta rete di canali irrigui dei quali il più importante è il Navilotto. Il Navilotto deriva dal Naviglio d'Ivrea che a sua volta prende origine dallo sbarramento d'Ivrea del Fiume Dora Baltea.

5.3 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE

Di seguito si riporta la tavola 136 NW Santhià "Carta della pericolosità da alluvione" secondo la direttiva 2007/60CE – d.lgs. 49/2010 nella quale non si segnalano rischi di esondabilità.



SCENARI DI ALLUVIONE

- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 20/50) (H-Frequente)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200) (M-Poco frequente)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500) (L-Rara)
- Limiti comunali

Figura 7: tavola 136 NW Santhià "Carta della pericolosità da alluvione" secondo la direttiva 2007/60CE – d.lgs. 49/2010

6 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

Nel 2022 è stata effettuata una campagna di indagine al fine della caratterizzazione geologica e geotecnica, composta dalle seguenti indagini:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT in foro spinto fino a -40 m da p.c. attuale (ZC1)
- n.2 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT in foro spinti fino a -20 m da p.c. attuale (ZC2 e ZC3)
- Analisi granulometriche in laboratorio (setacciatura-sedimentazione)



Figura 8: Ubicazione delle prove in situ nell'area di studio

Per la definizione dal punto di vista sismico dell'area oggetto di studio, vista l'omogeneità dei depositi presenti sono state prese di riferimento n.2 indagini sismiche MASW eseguite nel 2021 sempre da A2A Ambiente S.p.a. in un'area che dista circa 450 metri dall'area oggetto del presente studio.

Queste indagini erano state condotte in occasione della precedente istanza autorizzativa per la costruzione dello stesso impianto, localizzato però nei terreni adiacenti quelli degli esistenti impianti di A2A.

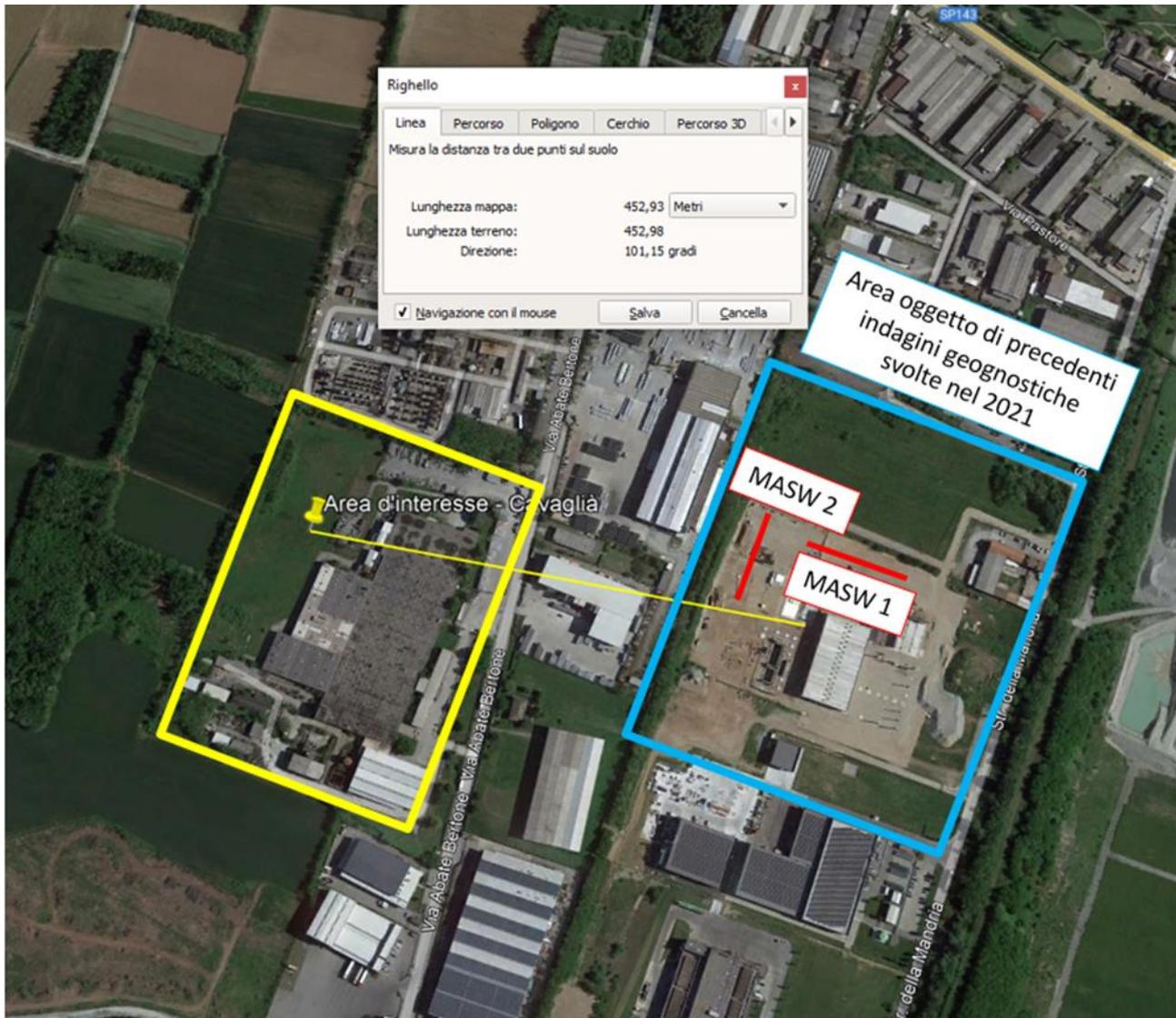


Figura 9: Stralcio Google Earth con distanza MASW di riferimento

7 MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE DELLE MISURE IN SITO

7.1 PROVE PENETROMETRICHE SPT

I risultati ottenuti in campo sono stati corretti con le formulazioni di Gibbs e Holtz, che tengono conto degli effetti della pressione, del diametro di perforazione e della lunghezza delle aste di perforazione. La relazione è la seguente:

$$\text{For } N < 15 \quad N' = \text{NSPT}$$

$$\text{For } N \geq 15 \quad N' = 15 + 1/2(\text{NSPT} - 15)$$

È necessario tenere in conto anche dell'efficienza del dispositivo di perforazione, riducendo il valore di NSPT con la seguente correlazione:

$$N1(60) = C_n \text{ NSPT}$$

Dove:

$$C_n = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{100}}$$

L'efficienza del sistema di battitura è stata assunta pari al 60%.

7.1.1 Densità relativa (DR) da SPT

Partendo dai valori di NSPT è possibile valutare i valori di densità relativa con la seguente formula:

$$D_r = \sqrt{\frac{C_n \cdot N_{SPT}}{60}} \quad (\text{Skempton, 1986})$$

7.1.2 Modulo elastico (E) da SPT

Utilizzando i parametri valutati precedentemente, è stato calcolato il modulo elastico utilizzando le seguenti formule:

$$E_{25r} = (52,5 - 35 \cdot D_R) \cdot N_{SPT} \rightarrow \text{in kg/cm}^2 \rightarrow \text{Jamiołkowski et al. 1988 per terreni OC}$$

7.1.3 Angolo di attrito (ϕ') da SPT

Utilizzando i parametri valutati precedentemente, l'angolo di resistenza al taglio ϕ' di picco del terreno è stato calcolato utilizzando le seguenti formule:

$$\phi' = 15 + [20 \cdot N1(60)]^{0.5} \quad \text{Owasaki e Iwasaki}$$

8 RISULTATI DELLE PROVE IN SITO

8.1 RISULTATI DELLE PROVE – CAMPAGNA D’INDAGINE 2022

Di seguito vengono riportate le elaborazioni dei dati di sito delle prove geognostiche eseguite nell’area di interesse.

8.1.1 Risultati delle prove penetrometriche SPT

Di seguito, si riporta i risultati ottenuti dalle prove SPT realizzate nei sondaggi ZC1 ,ZC2 e ZC3.

8.1.1.1 Numero di colpi SPT

Sondaggio	Profondità [m]	NSPT	N'	σ'_{vo} [kPa]	Cn	N1(60)
ZC1	3	100	57,5	57	1,2	116,7
	6	39	27	114	1,0	37,3
	9	100	57,5	171	0,8	80,9
	12	63	39	228	0,7	44,2
	15	60	38	285	0,6	37,1
	18	68	41,5	342	0,6	37,6
	21	100	57,5	399	0,5	50,1
	24	53	34	456	0,5	24,2
	27	53	34	513	0,4	22,3
	30	87	51	570	0,4	33,9
	33	78	46,5	627	0,4	28,3
	36	74	44,5	684	0,3	25,1
	39	76	45,5	711	0,3	25,0
ZC2	3	100	57,5	57	1,2	116,7
	6	100	57,5	114	1,0	95,5
	9	100	57,5	171	0,8	80,9
	12	100	57,5	228	0,7	70,1
	15	100	57,5	285	0,6	61,9
	18	65	40	342	0,6	36,0
ZC3	3	51	33	57	1,2	59,5

	6	74	44,5	114	1,0	70,7
	9	100	57,5	171	0,8	80,9
	12	100	57,5	228	0,7	70,1
	15	76	45,5	285	0,6	47,0
	18	75	45	342	0,6	41,5

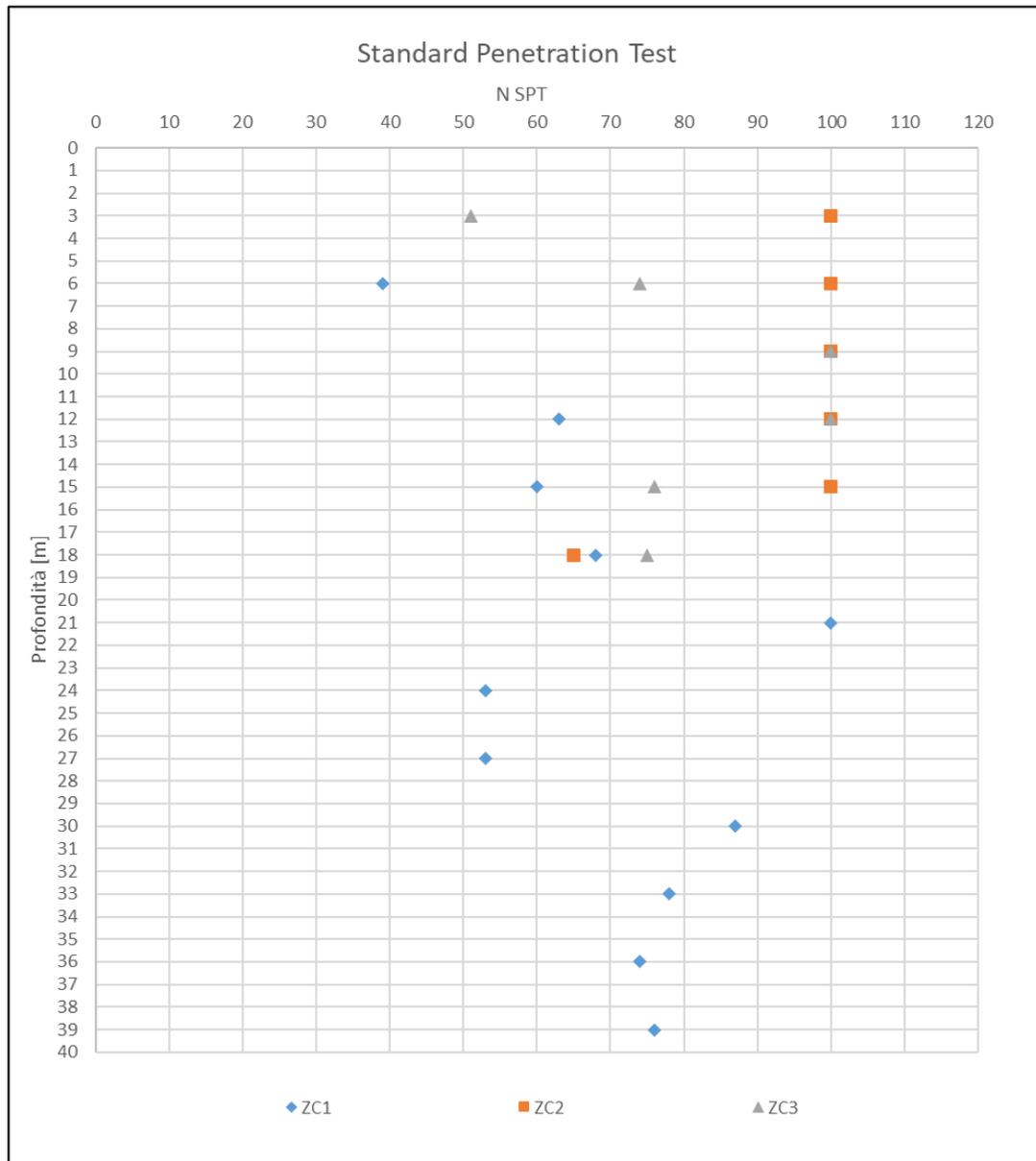


Figura 10: Grafico Nspt

8.1.1.2 Densità relativa (DR) da SPT

Sondaggio	Profondità [m]	N ₁₍₆₀₎	Dr [%]
ZC1	3	116,7	100%
	6	37,3	79%
	9	80,9	100%
	12	44,2	86%
	15	37,1	79%
	18	37,6	79%
	21	50,1	91%
	24	24,2	64%
	27	22,3	61%
	30	33,9	75%
	33	28,3	69%
	36	25,1	65%
	39	25,0	65%
ZC2	3	116,7	100%
	6	95,5	100%
	9	80,9	100%
	12	70,1	100%
	15	61,9	100%
	18	36,0	77%
ZC3	3	59,5	100%
	6	70,7	100%
	9	80,9	100%
	12	70,1	100%
	15	47,0	89%
	18	41,5	83%

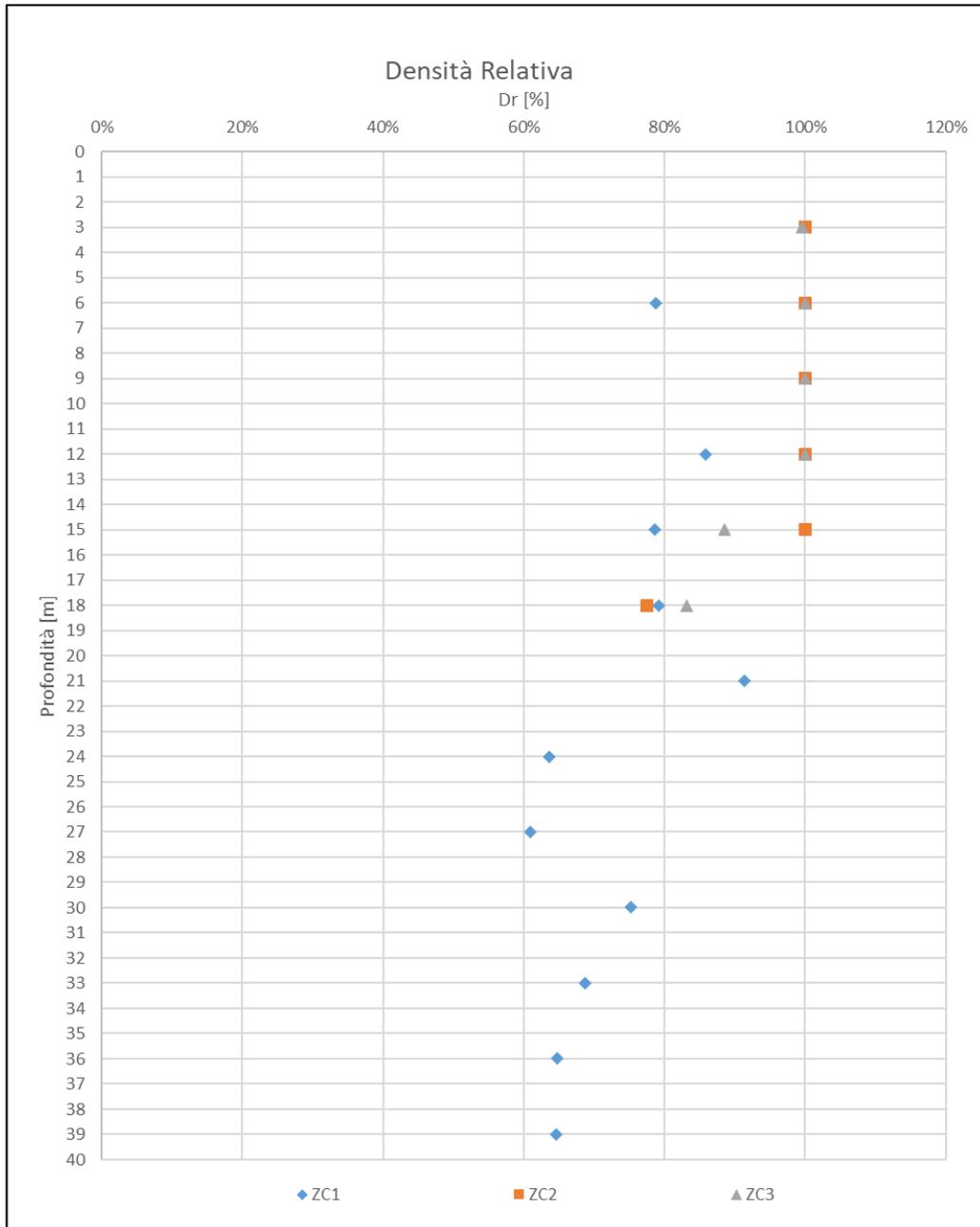


Figura 11: Grafico Dr

8.1.1.3 Modulo elastico (E) da SPT

Sondaggio	Profondità [m]	N _{SPT}	N ₁₍₆₀₎	Dr [%]	E' [kg/cm ²] (Jamiolkowski)
ZC1	3	100	116,7	100%	1047
	6	39	37,3	79%	408
	9	100	80,9	100%	1047
	12	63	44,2	86%	660
	15	60	37,1	79%	628
	18	68	37,6	79%	712
	21	100	50,1	91%	1047
	24	53	24,2	64%	555
	27	53	22,3	61%	555
	30	87	33,9	75%	911
	33	78	28,3	69%	817
	36	74	25,1	65%	775
39	76	25,0	65%	796	
ZC2	3	100	116,7	100%	1047
	6	100	95,5	100%	1047
	9	100	80,9	100%	1047
	12	100	70,1	100%	1047
	15	100	61,9	100%	1047
	18	65	36,0	77%	681
ZC3	3	51	59,5	100%	534
	6	74	70,7	100%	774
	9	100	80,9	100%	1047
	12	100	70,1	100%	1047
	15	76	47,0	89%	796
	18	75	41,5	83%	785

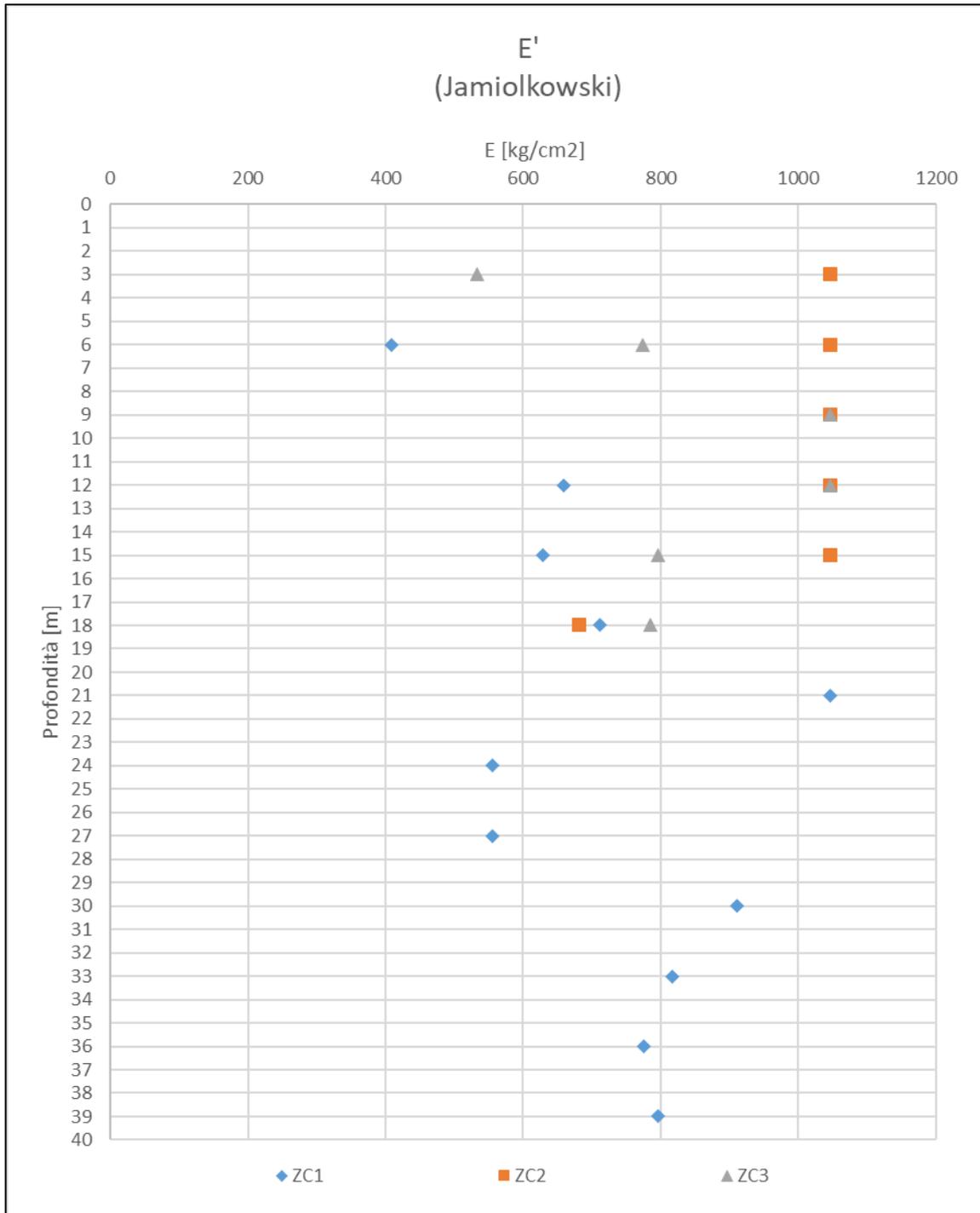


Figura 12: Grafico di Modulo elastico

8.1.1.4 Angolo d'attrito (ϕ) da SPT

Sondaggio	Profondità [m]	$N_{1(60)}$	ϕ' [°]
ZC1	3	116,7	63,32
	6	37,3	42,30
	9	80,9	55,22
	12	44,2	44,72
	15	37,1	42,24
	18	37,6	42,44
	21	50,1	46,65
	24	24,2	37,02
	27	22,3	36,12
	30	33,9	41,04
	33	28,3	38,79
	36	25,1	37,41
39	25,0	37,37	
ZC2	3	116,7	63,32
	6	95,5	58,71
	9	80,9	55,22
	12	70,1	52,44
	15	61,9	50,17
	18	36,0	41,82
ZC3	3	59,5	49,51
	6	70,7	52,60
	9	80,9	55,22
	12	70,1	52,44
	15	47,0	45,66
	18	41,5	43,81

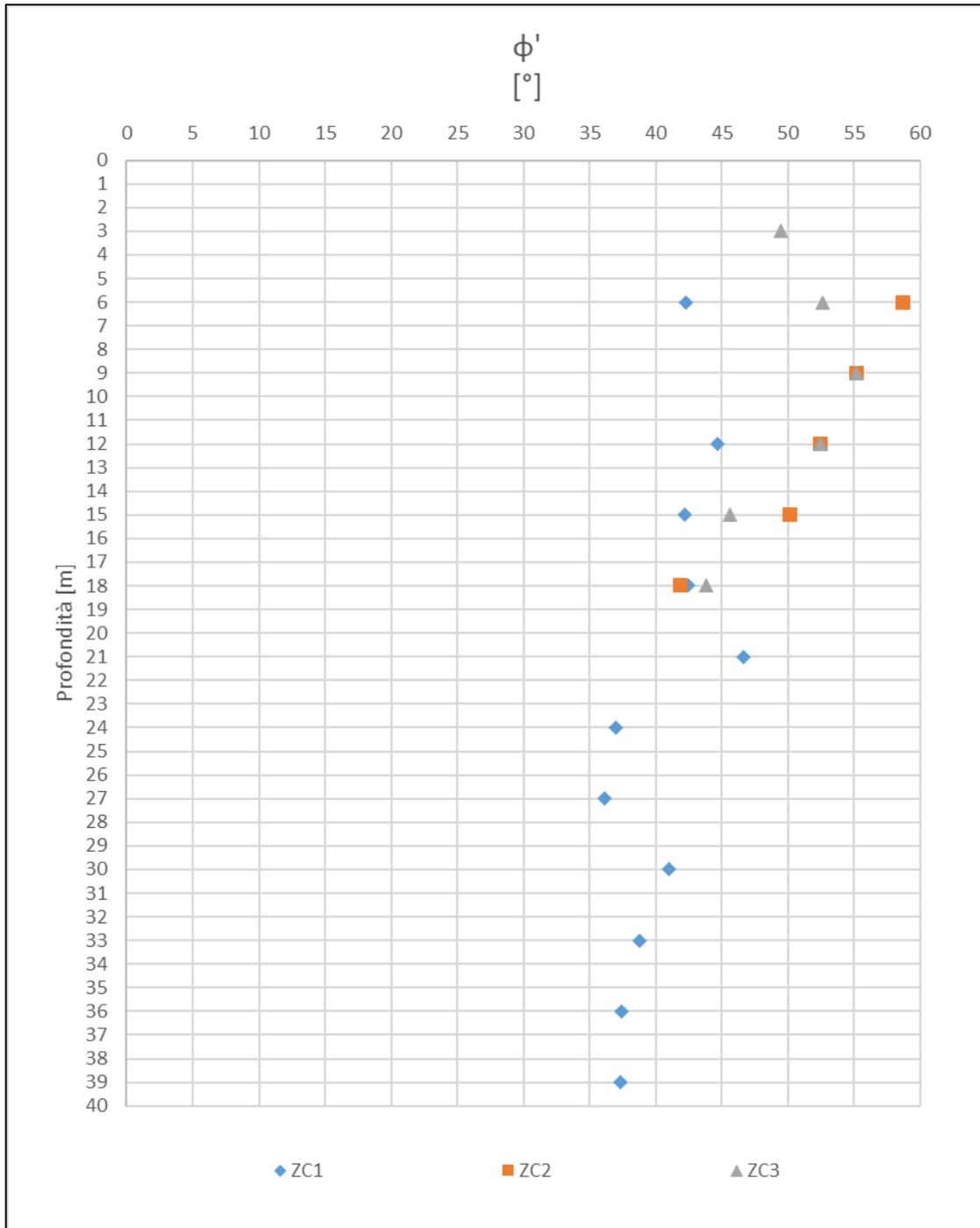


Figura 13: Grafico dell'angolo d'attrito

9 RISULTATI DELLE PROVE IN LABORATORIO

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle analisi granulometriche (ATM D 422-63) realizzate in laboratorio.

Sondaggio	Profondità [m]	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]	Massa setacciato	Massa terreno alla sedimentazione
						g	g
ZC1	3,00	58,9	31,2	6,0	3,9	606,8	25,4
	5,00	49,2	32,0	15,8	3,0	1011,65	49,77
	10,00	52,7	26,6	18,8	2,0	769,41	45,43
ZC2	3,00	54,3	32,5	11,2	2,0	662,03	41,87
	5,00	48,7	34,1	12,9	4,2	820,55	35,13
	10,00	55,1	32,9	9,9	2,1	573,11	31,15
ZC3	3,00	58,8	28	11,2	2	416,92	36,51
	5,00	46,6	31,6	17,4	4,5	594,94	29,48
	10,00	60,5	27,9	8,9	2,8	671,85	38,88

10 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Si riporta nella tabella seguente la stratigrafia di riferimento fino alle quote indagate dalla campagna geognostica.

Suolo	Profondità [m]
Ghiaia sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia	0m-40m

Tabella 1 – Stratigrafia di riferimento

La soggiacenza della falda è variabile tra 30 e 36 m da p.c.

11 SISMICITA'

11.1 ZONA SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la zona sismica per il territorio di Cavaglià, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019.

Zona sismica 4	Zona con pericolosità sismica molto bassa. E' la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse.
---------------------------------	---

Il comune di Cavaglià è classificato in **sottozona sismica 4**

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$ag > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

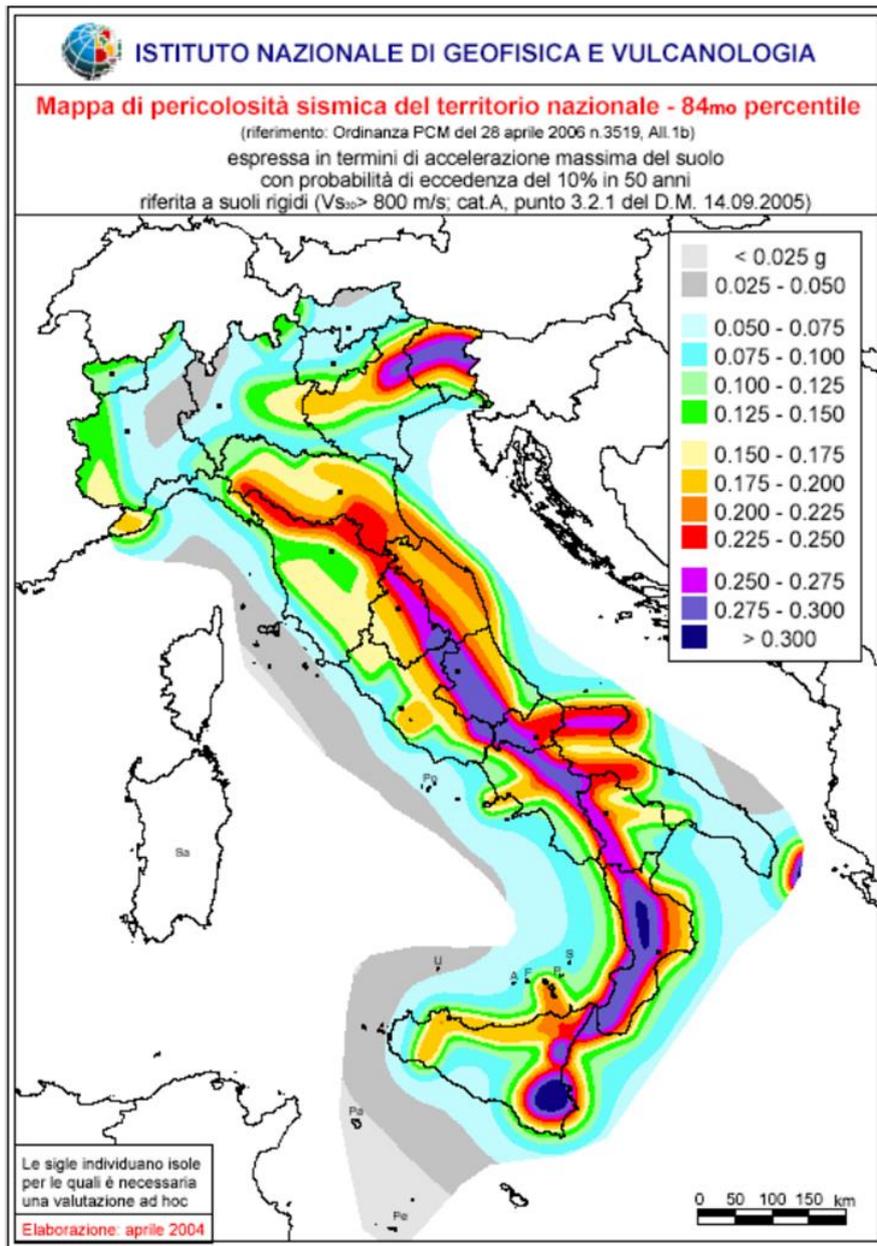


Figura 14: All.1b dell'Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l'accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

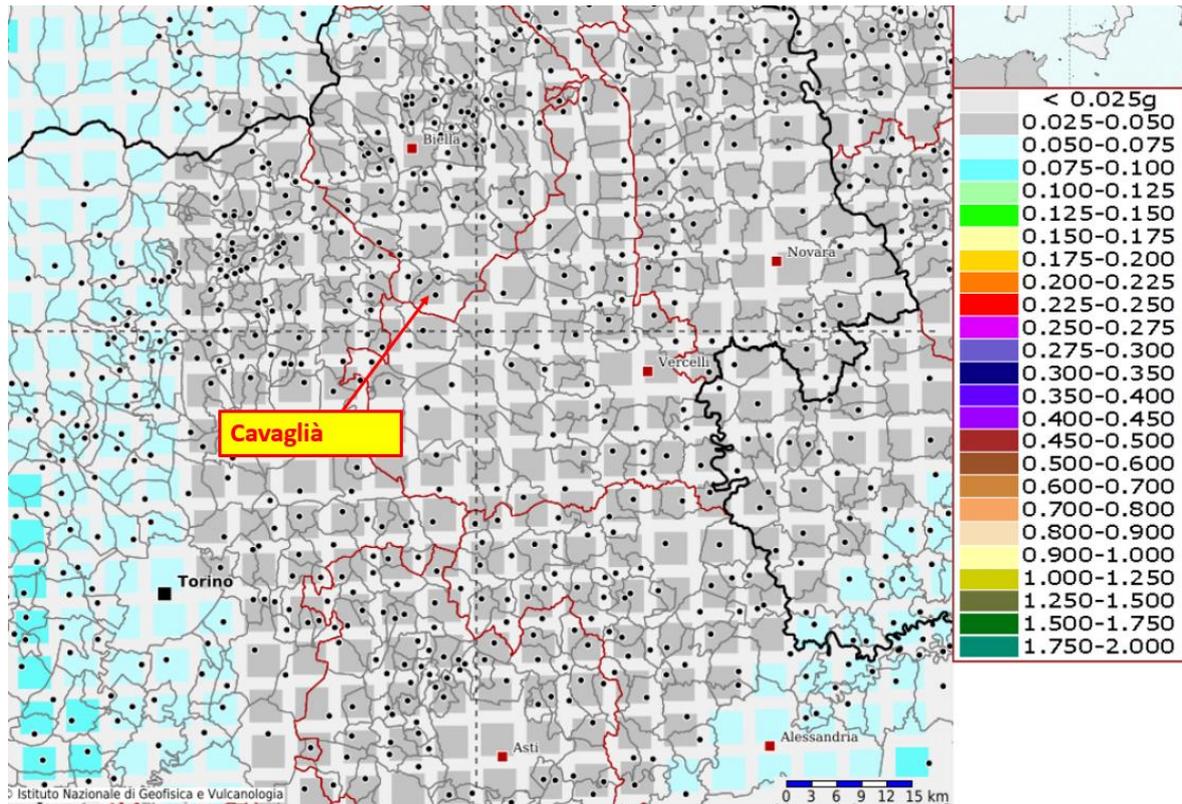


Figura 15: INGV - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Cavaglia

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s e $TR = 475$ anni).

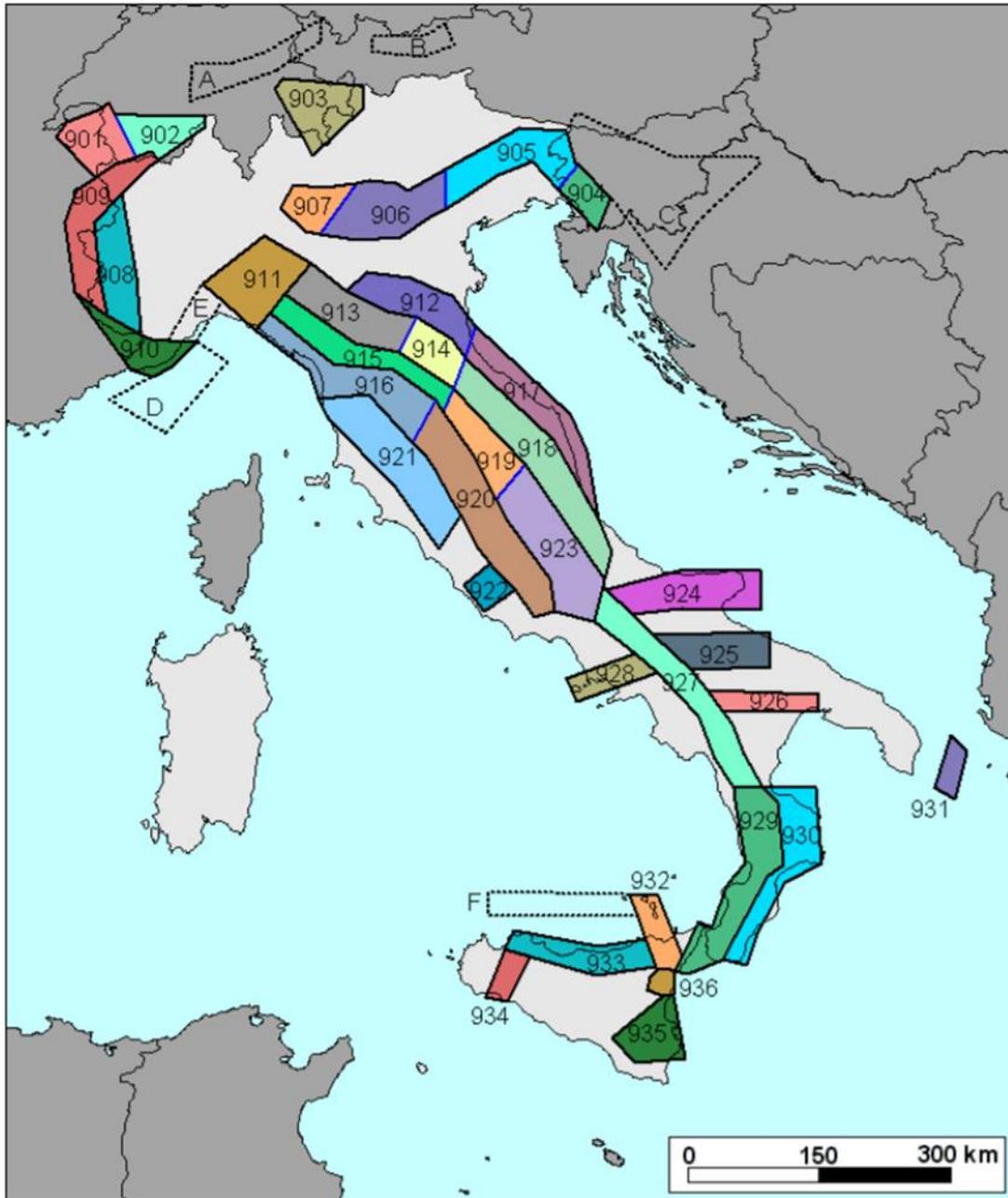


Figura 16: sismogenetica ZS9

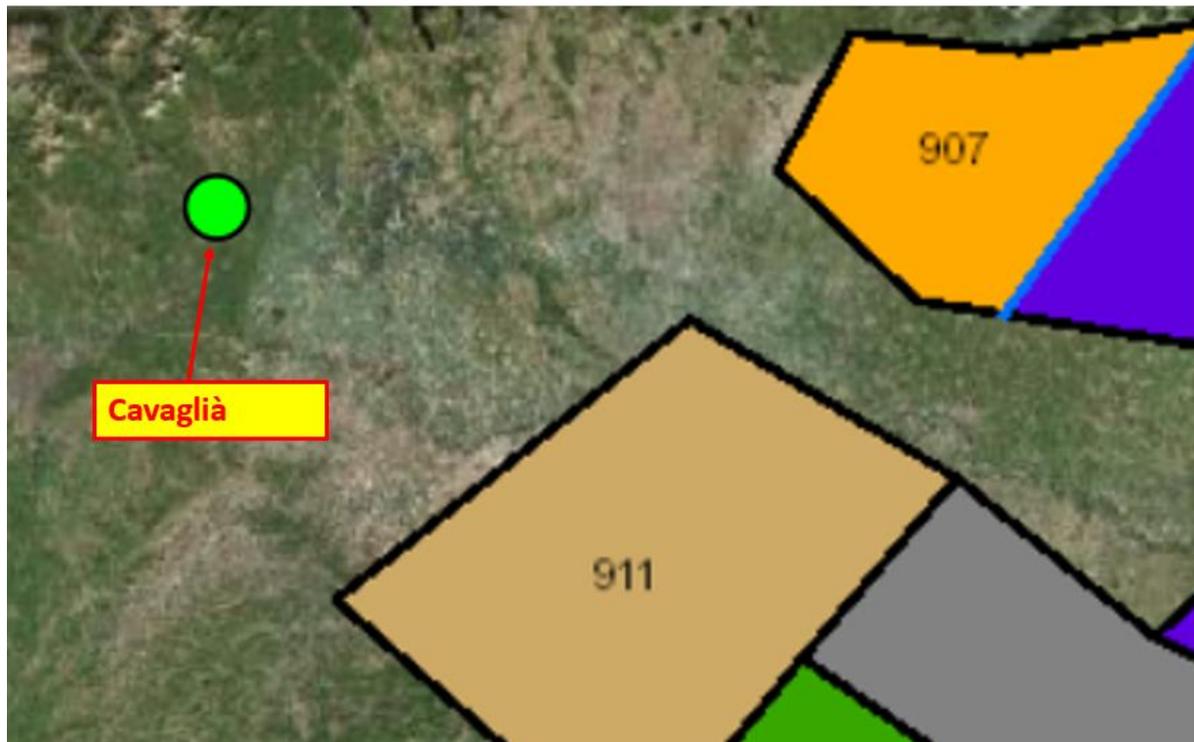


Figura 17: zonazione sismogenetica ZS9, dove l'area d'interesse è evidenziata da un cerchio verde.

Come è possibile vedere alla figura precedente, l'area oggetto d'interesse non ricade all'interno di alcuna zona della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04.

Le figure seguenti mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA (Peak Ground Acceleration) con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.

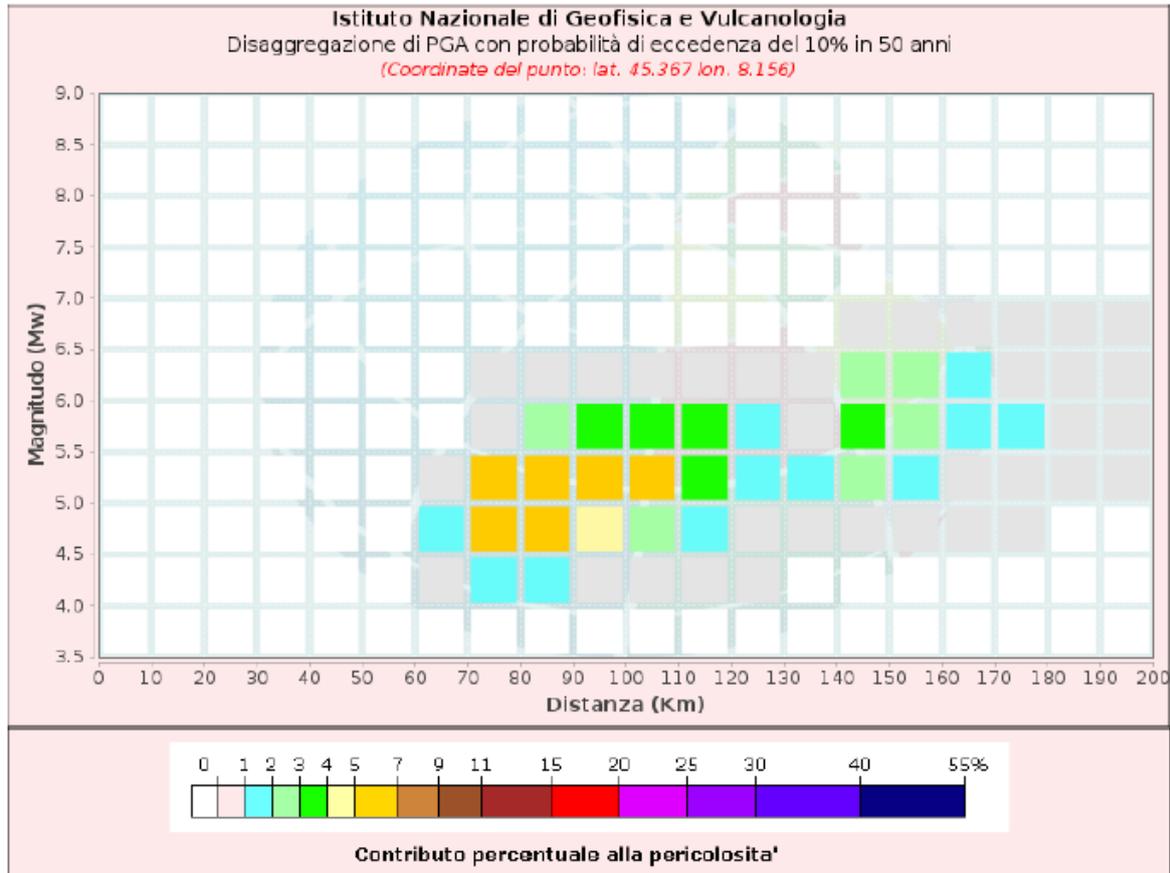


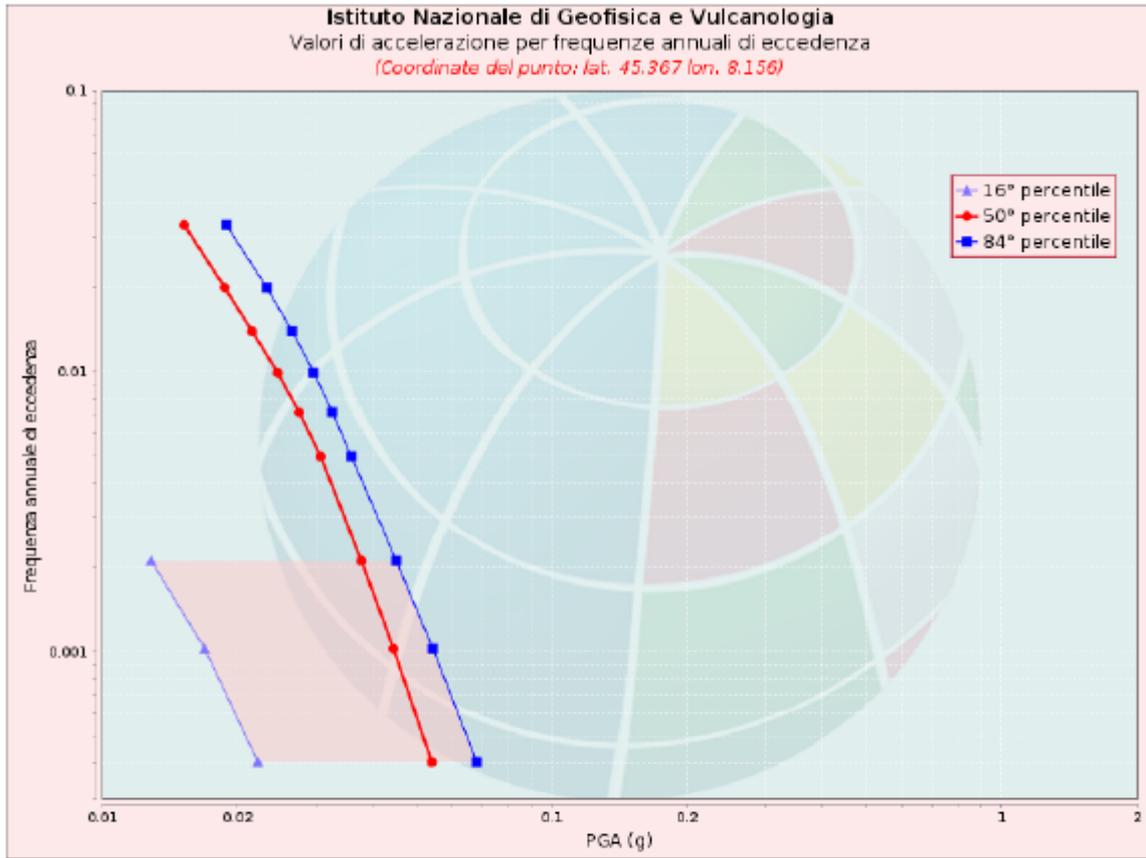
Figura 18: Disaggregazione del valore $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.4570	1.0900	0.7440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	1.9600	5.9000	5.1700	0.6640	0.1120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	1.3700	6.0600	6.9000	2.7700	0.4890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.5040	4.5600	6.5100	3.9800	0.7180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0702	2.6700	5.0600	3.7600	0.6830	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0247	1.4700	3.7000	3.0700	0.5380	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0038	0.5950	1.8400	1.2200	0.1610	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.2590	1.0600	0.6720	0.0799	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.3830	2.2200	3.4000	2.9100	0.0420	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.1390	1.4300	2.4900	2.1800	0.0436	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0287	0.7690	1.5600	1.3500	0.0505	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0018	0.4070	1.0200	0.8430	0.0538	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.1510	0.5070	0.3580	0.0543	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0698	0.3410	0.2660	0.0531	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

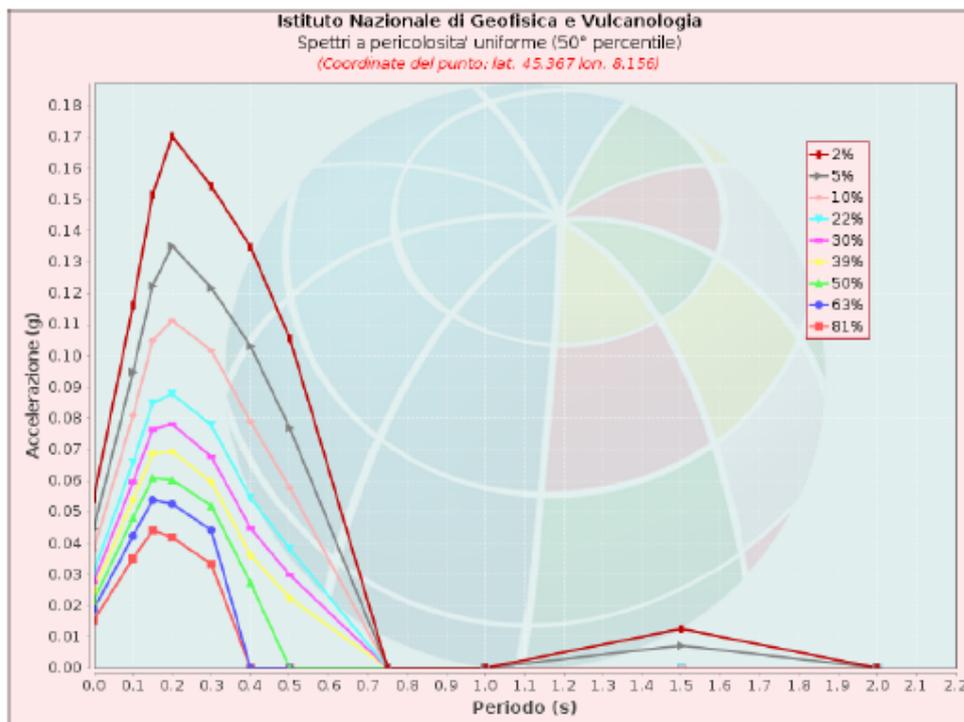
Valori Medi: magnitudo = 5.34 ; distanza = 109.0 ; epsilon = 2.02

Figura 19: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.022	0.054	0.068
0.0010	0.017	0.045	0.055
0.0021	0.013	0.038	0.045
0.0050	0.000	0.031	0.036
0.0071	0.000	0.027	0.033
0.0099	0.000	0.025	0.030
0.0139	0.000	0.022	0.027
0.0199	0.000	0.019	0.023
0.0332	0.000	0.015	0.019

Figura 20: Curve di pericolosità



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)

PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.054	0.116	0.152	0.170	0.154	0.135	0.106	0.000	0.000	0.013	0.000
5%	0.045	0.095	0.122	0.135	0.122	0.103	0.077	0.000	0.000	0.007	0.000
10%	0.038	0.081	0.105	0.111	0.102	0.079	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000
22%	0.031	0.066	0.085	0.088	0.078	0.054	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
30%	0.027	0.060	0.076	0.078	0.068	0.045	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
39%	0.025	0.054	0.069	0.069	0.060	0.036	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.022	0.048	0.061	0.060	0.052	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.019	0.042	0.054	0.053	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.015	0.035	0.044	0.042	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 21: Spettri a pericolosità uniforme

11.2CPTI15-DBMI15 V 2.0

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0

d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017. I dati macrosismici a supporto di CPTI15 costituiscono il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 release 2.0; Locati et al., 2019). CPTI15 è consultabile e all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15> e attraverso il "web service" dell'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) all'indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/services/>. I parametri derivano dall'analisi, dal trattamento e dall'armonizzazione, secondo le più avanzate procedure, di dati provenienti da 189 studi storico-macrosismici pubblicati fino a tutto il 2019 e da 48 cataloghi strumentali, sia italiani, sia internazionali (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)*).

Il Database Macrosismico Italiano (DBMI15) fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017.

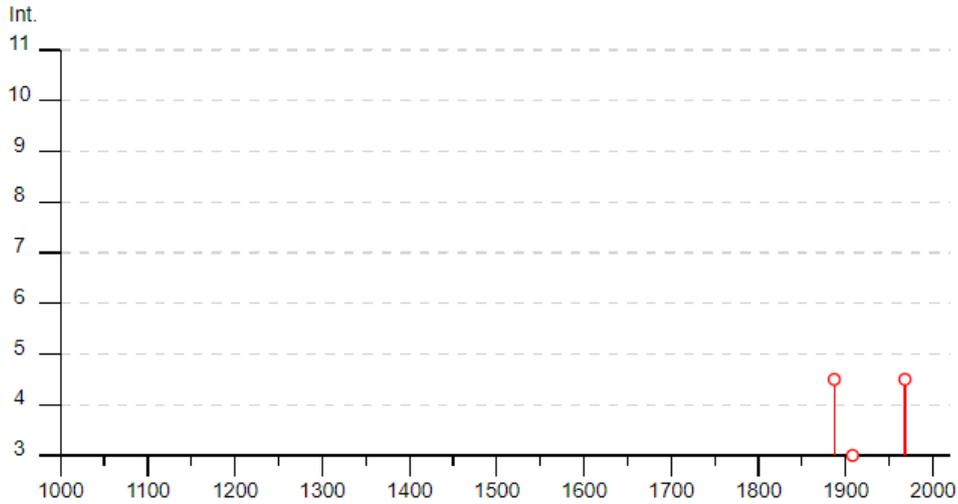
Il DBMI v2.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2017. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI).

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. Di seguito viene riportata la mappa del catalogo CPTI15 desunta dal sito https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/.

Cavaglià

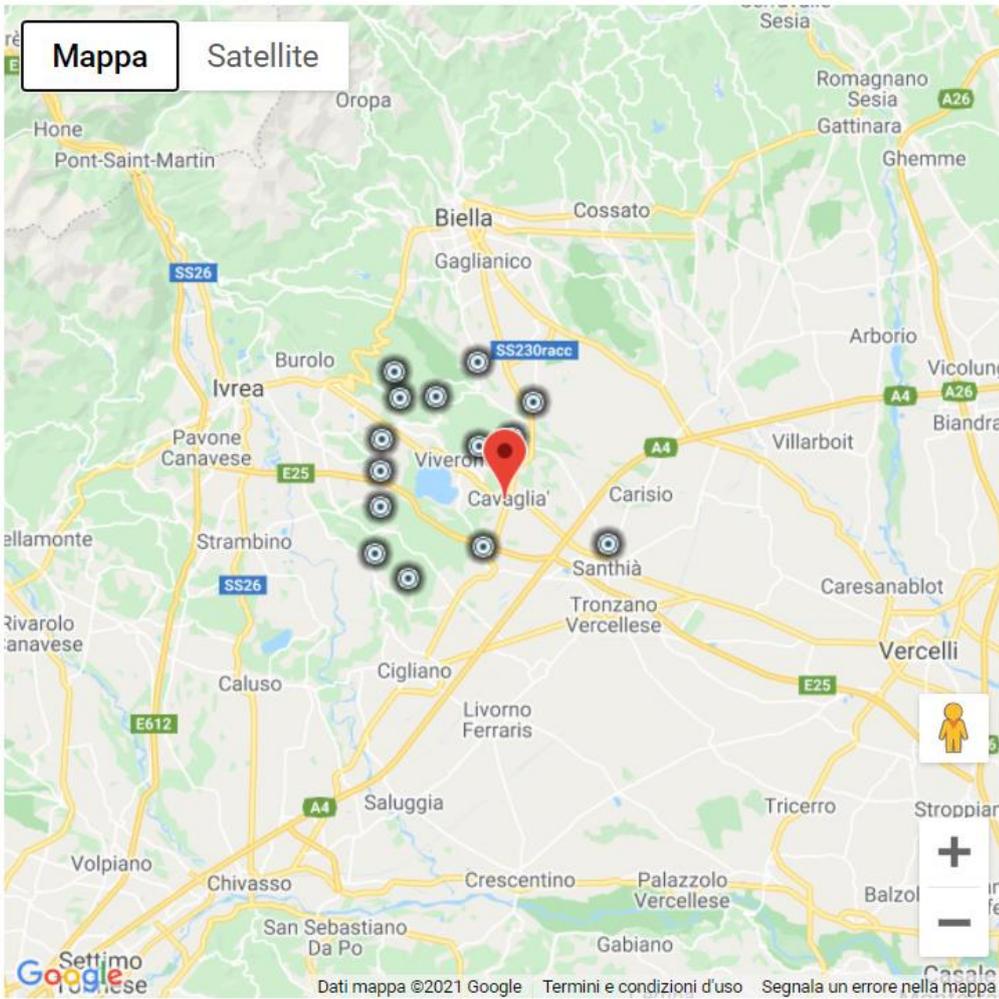
PlaceID	IT_02947
Coordinate (lat, lon)	45.404, 8.092
Comune (ISTAT 2015)	Cavaglià
Provincia	Biella
Regione	Piemonte
Numero di eventi riportati	5



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1908	05	24	08	37		Piemonte centro-settentrionale	36	4	4.10
2-3	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
4-5	1968	06	18	05	27		Valle d'Aosta	60	6	4.86
NF	2005	09	08	11	27	0	Massif du Mont-Blanc	281		4.44

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Dorzano	1	2
Roppolo	1	3
Alice Castello	2	5
Salussola	1	5
Zimone	1	7
Cerrione	2	7
Santhià	2	8
Settimo Rottaro	1	8
Cossano Canavese	2	8
Azeglio	6	8
Piverone	2	8
Maglione	3	9
Borgomasino	2	9
Magnano	3	9



[Visualizza Cavaglia in [Google Maps](#), [Bing Maps](#)]

Figura 22: Dati desunti dalla consultazione del CPTI15 e DBMI15 per l'area di Cavaglia

11.3 INDAGINI SISMICHE

Per la definizione dal punto di vista sismico dell'area oggetto di studio, vista l'omogeneità dei depositi presenti sono state prese di riferimento n.2 indagini sismiche MASW eseguite nel 2021 per un termovalorizzatore in un'area che dista circa 450 metri.

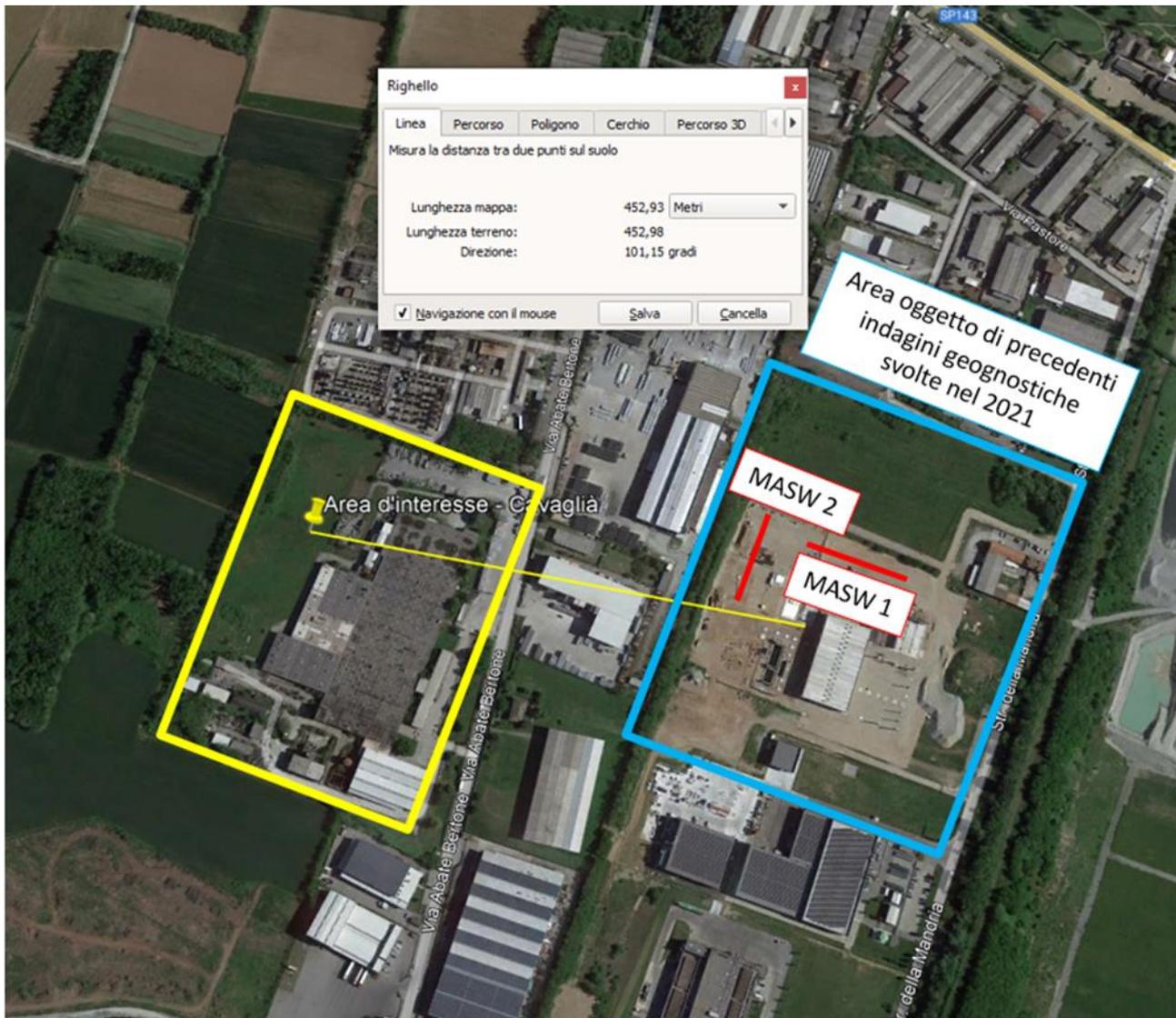


Figura 23: Stralcio Google Earth con distanza MASW di riferimento

11.3.1 Prove sismiche MASW

Lo studio è consistito nell'esecuzione di n°2 stendimenti sismici con metodologia MASW, per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore $V_{s,eq}$, necessario per la classificazione dei terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2018 "D.M. 17 del 17/01/2018".

L'acquisizione dei dati sismici è così avvenuta:

- **metodo attivo:** è stata effettuata 2 stese sismiche con passo intergeofonico di 3 metri e 16

geofoni utilizzando la tecnica dell'interlaccio, ottenendo un profilo sismico equivalente ad una stesa di 32 geofoni e passo 1,5 metri ubicata come dalla planimetria riportata di seguito.

Si sono acquisiti vari shot ad entrambi gli estremi del profilo in modo da avere un maggior set di dati e poter scegliere quelli più adatti alla successiva elaborazione. La frequenza propria dei sensori è la classica e raccomandata per tale tipologia di indagini (4,5 Hz).

- **metodo passivo:** sulle stesse stese utilizzate per il metodo attivo si sono realizzate 2 acquisizioni di sismica passiva, di 1 minuto ciascuna, concatenate, in fase di pre-processing, in un unico file di 2 minuti, in modo da colmare il "vuoto" alle basse frequenze della sismica attiva.

L'indagine sismica, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di -30,00 metri da p.c., ha permesso la determinazione della velocità delle V_{seq} , ricavata dalla formula riportata nel D.M. 17 del 17 Gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni":

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove h_i e $V_{S,i}$ rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio attraverso lo strato i -esimo entro 30 metri di profondità. H rappresenta la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

11.3.1.1 Risultati dell'indagine sismica

Risultati MASW 1:

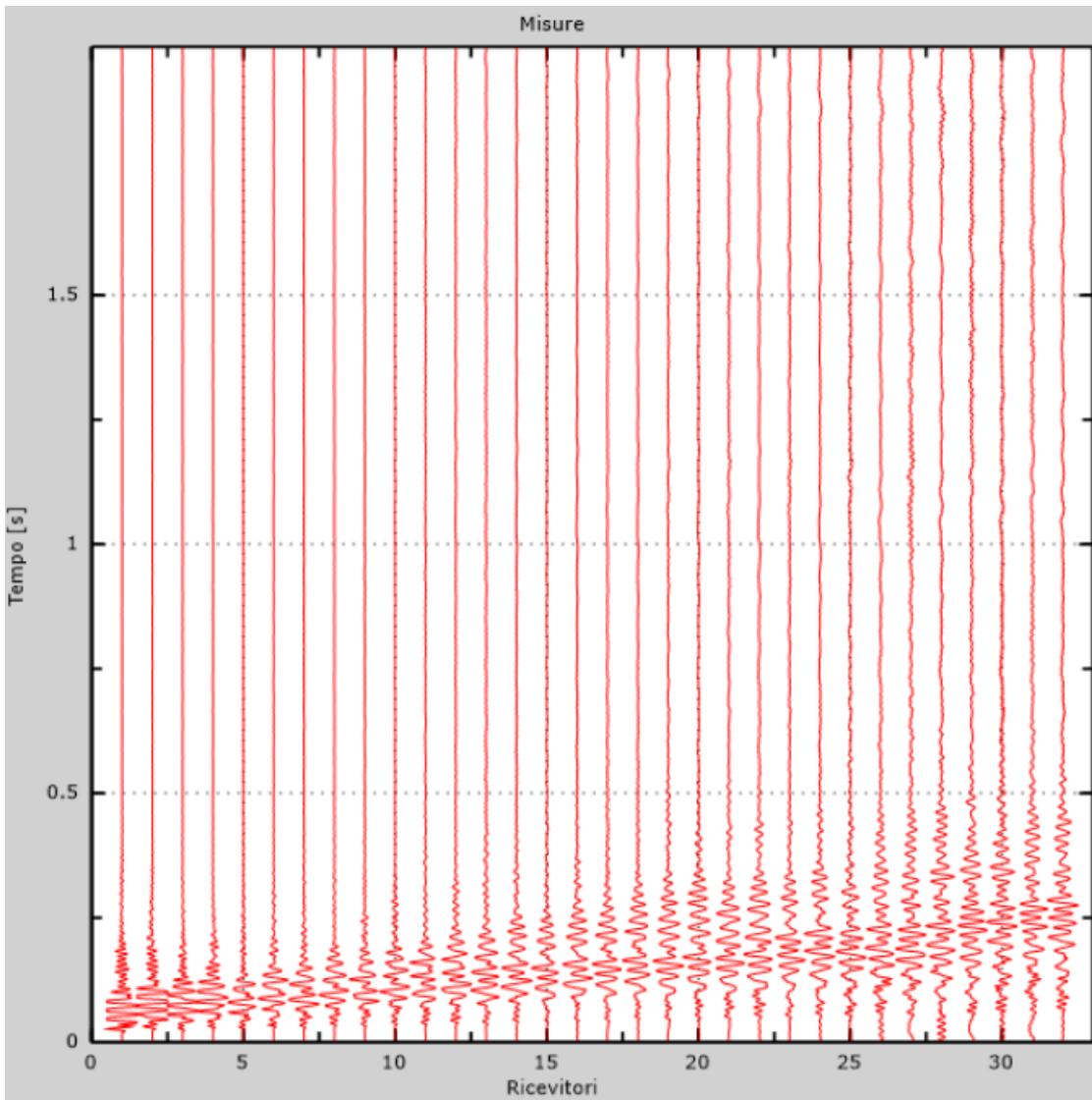


Figura 24: Tracce sperimentali indagine attiva

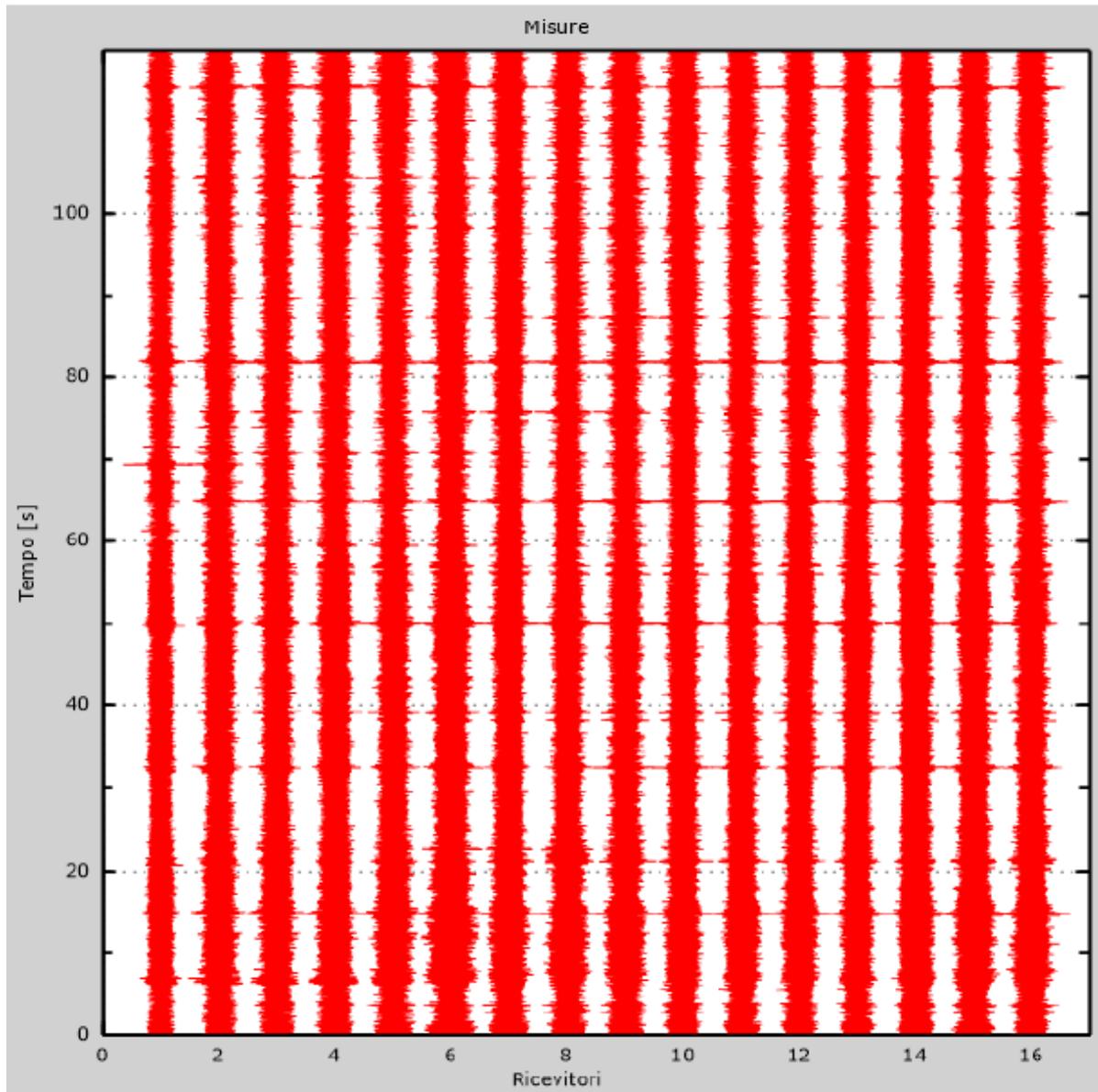


Figura 25: Tracce sperimentali indagine passiva

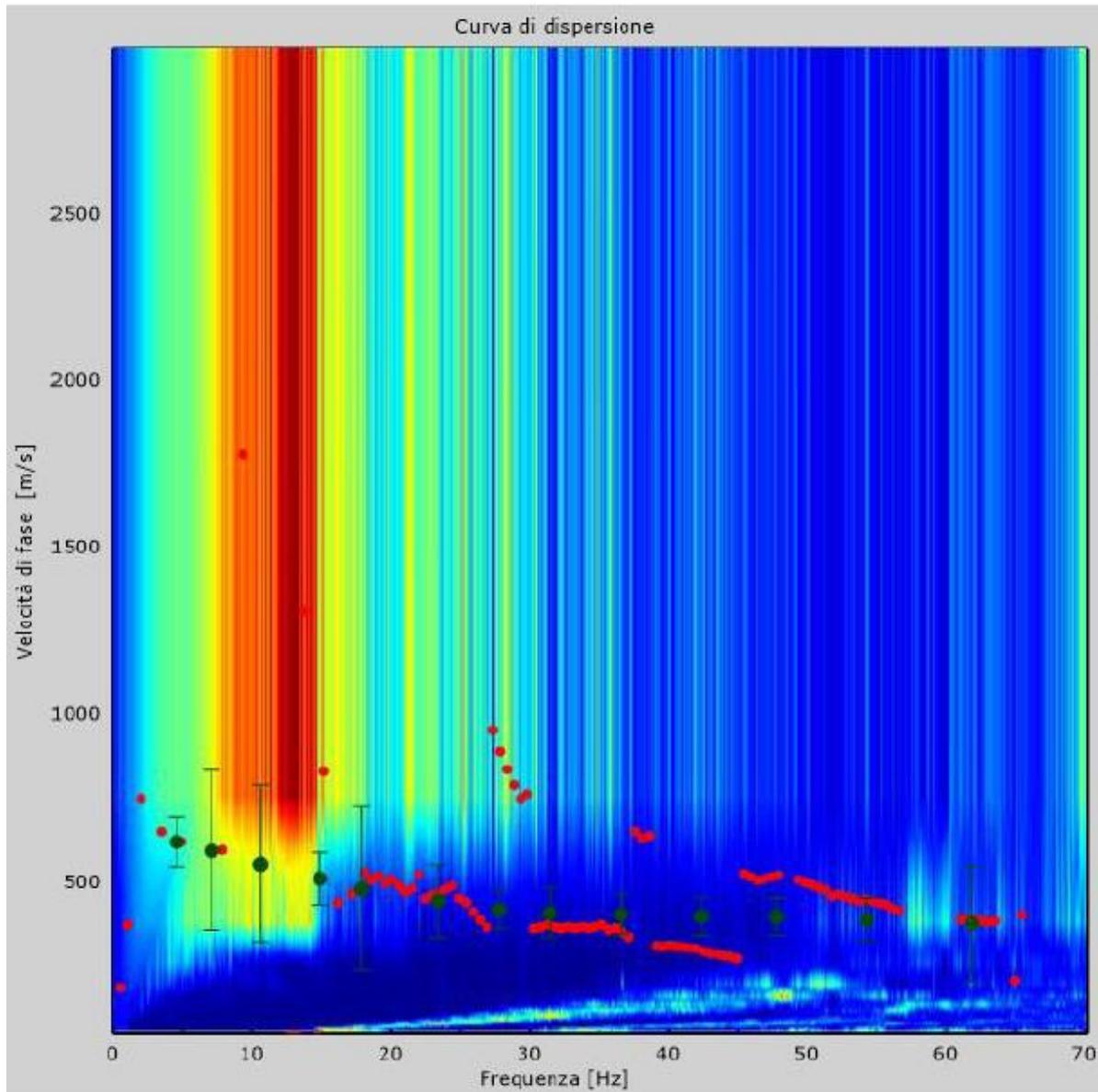


Figura 40: Curva di dispersione sperimentale

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]
Strato 1	2,0	-2,0	425
Strato 2	3,0	-5,0	404
Strato 3	3,0	-8,0	459
Strato 4	4,0	-12,0	536
Strato 5	4,0	-16,0	591
Strato 6	10,0	-26,0	623
Strato 7	6,0	-32,0	665
Strato 8	/	-∞	702

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

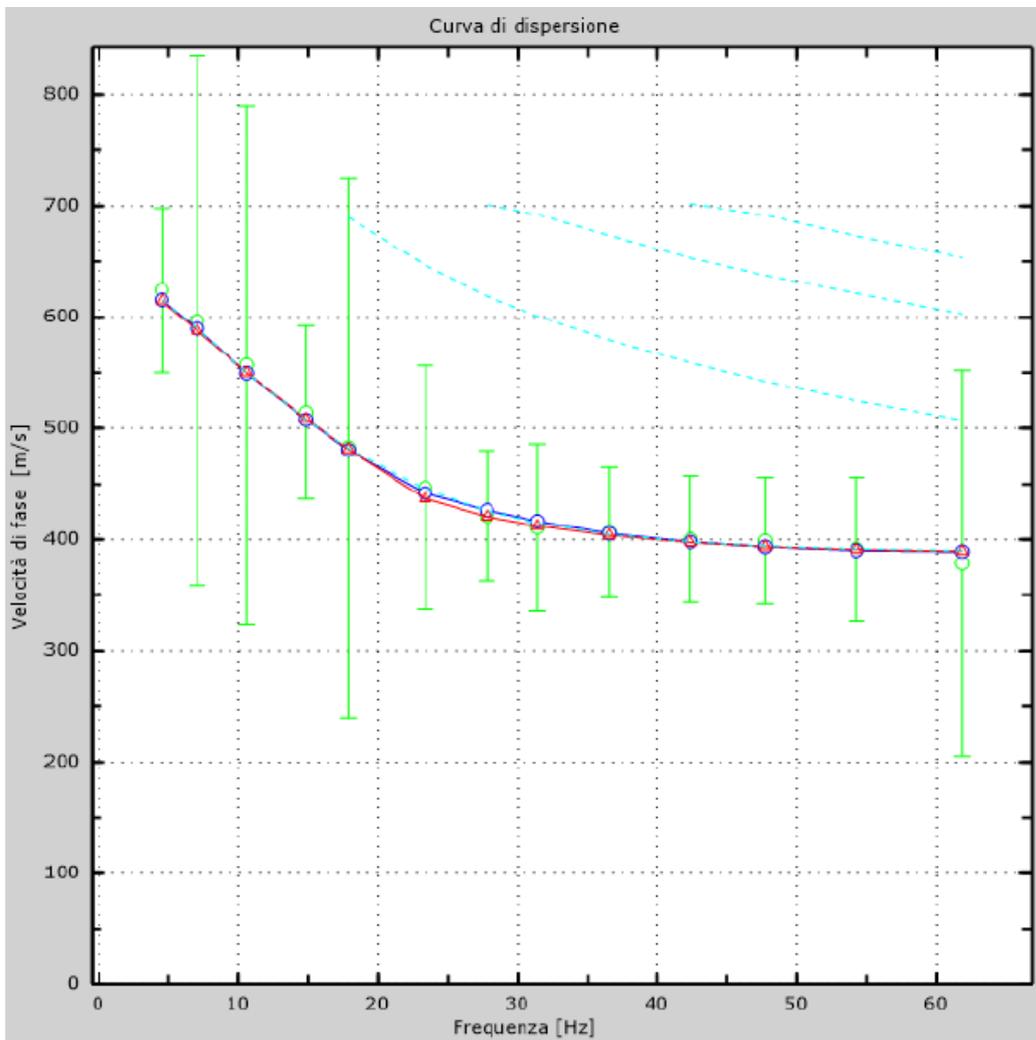


Figura 26: Velocità numeriche (Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigh - ciano, curva apparente - blu, curva numerica - rosso)

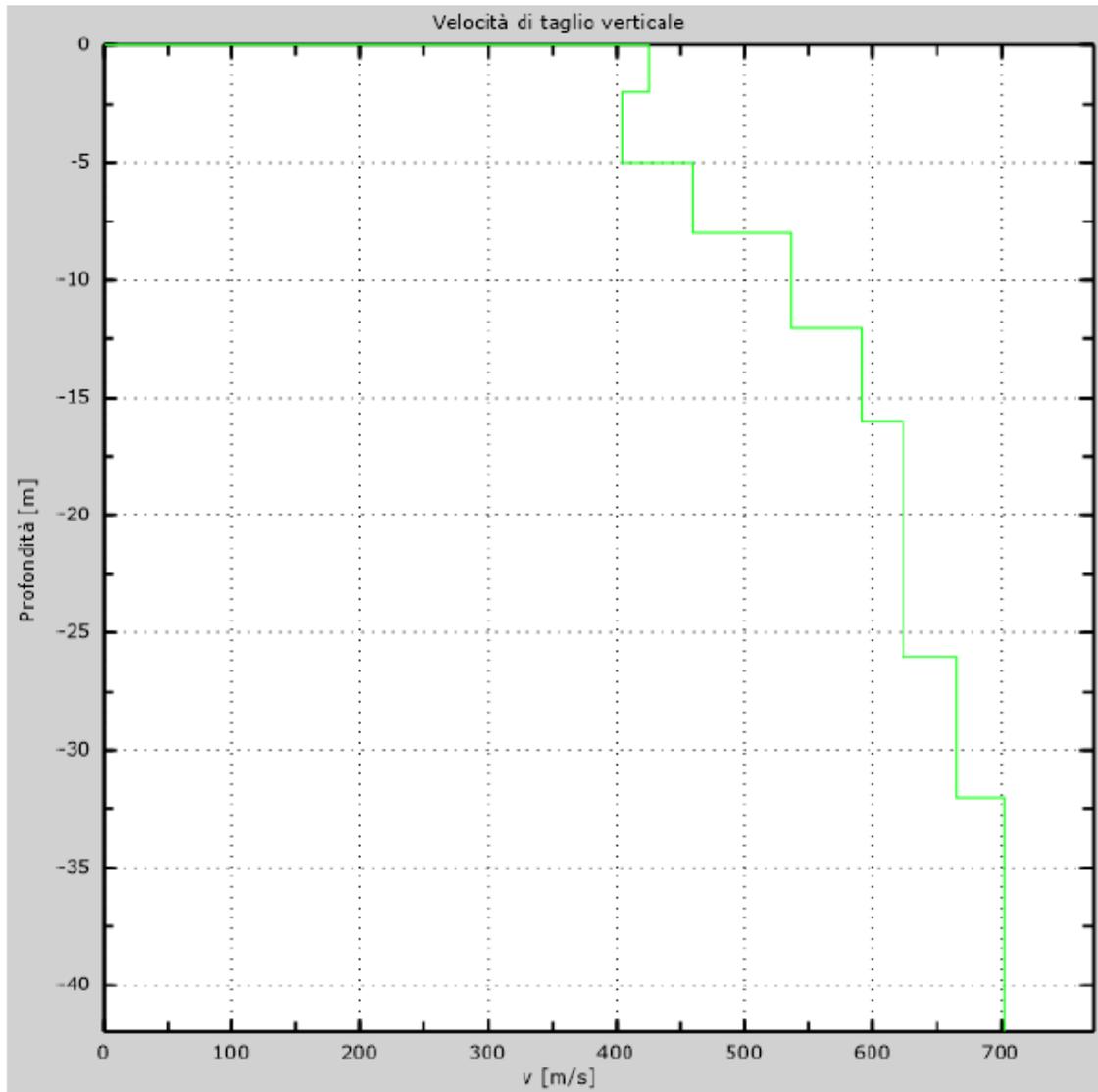


Figura 27: Profilo verticale di velocità delle Vs

$$V_{seq} = 545 \text{ m/s}$$

I terreni di fondazione interessati dalla progettazione sismica, come prescritto al paragrafo 3.2.2 dal D.M. 17 Gennaio 2018, appartengono a:

Suolo di fondazione di tipo B

ovvero, come definito in Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo): Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Risultati MASW 2:

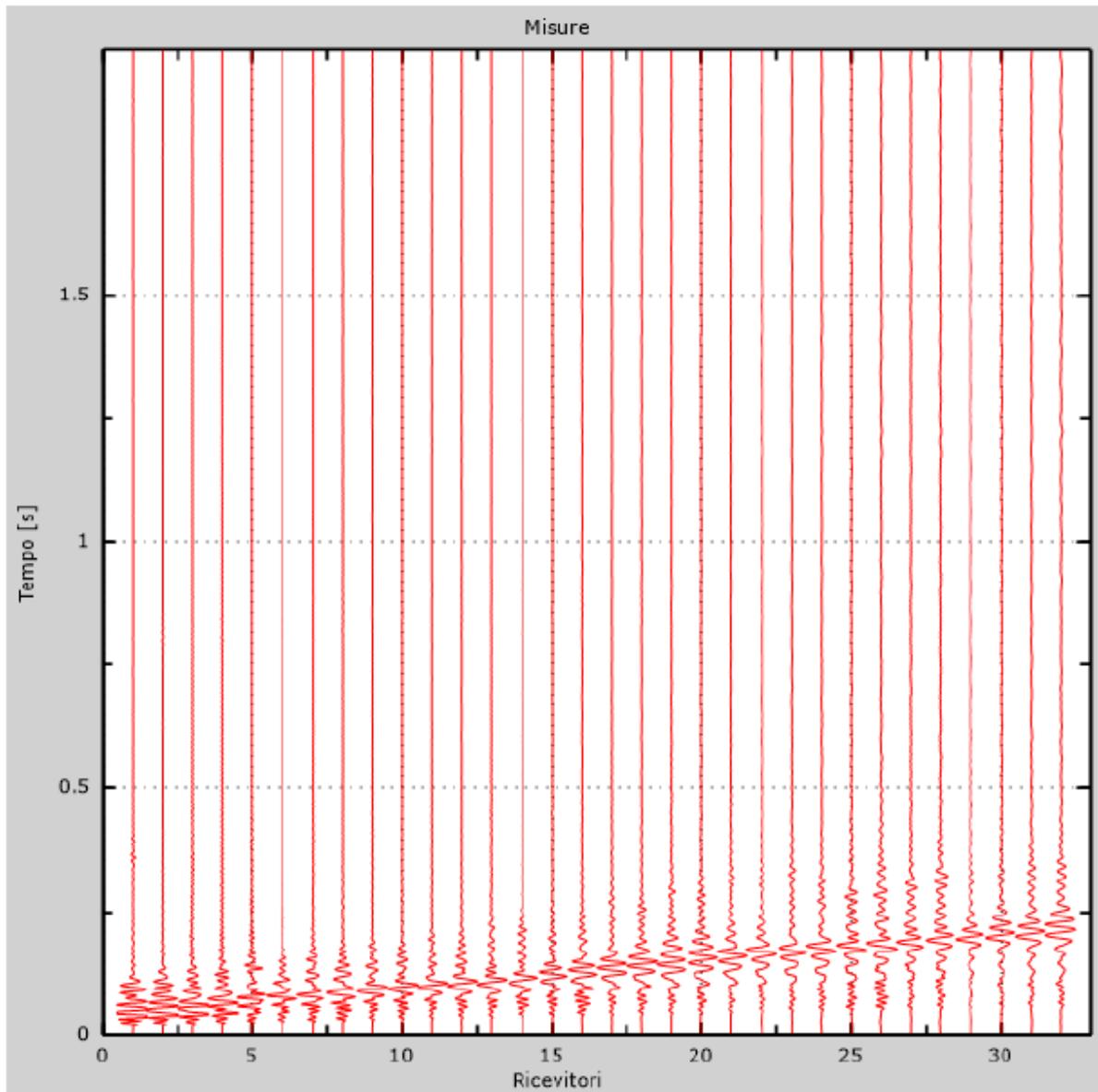


Figura 28: Tracce sperimentali indagine attiva

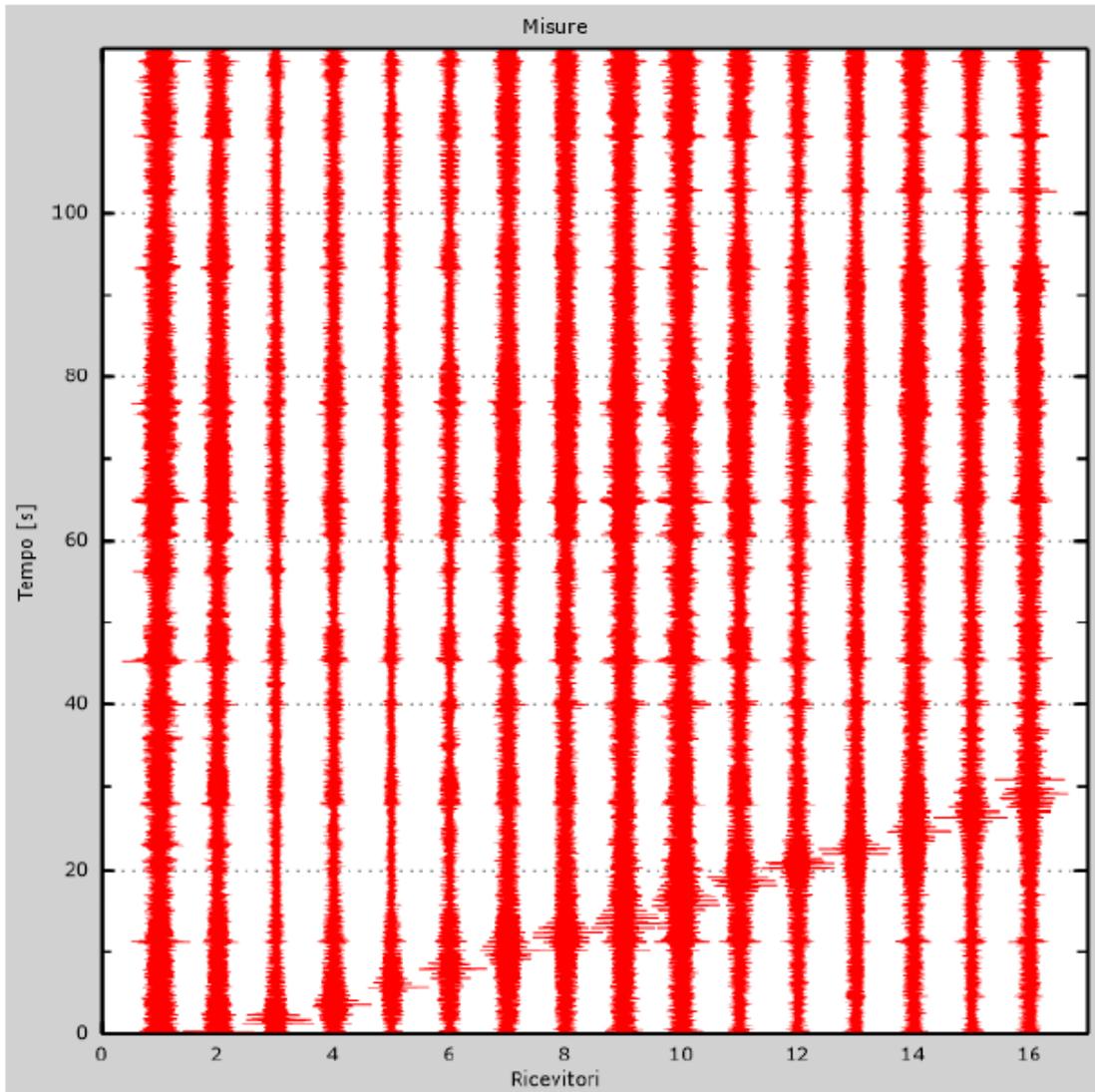


Figura 29: Tracce sperimentali indagine passiva

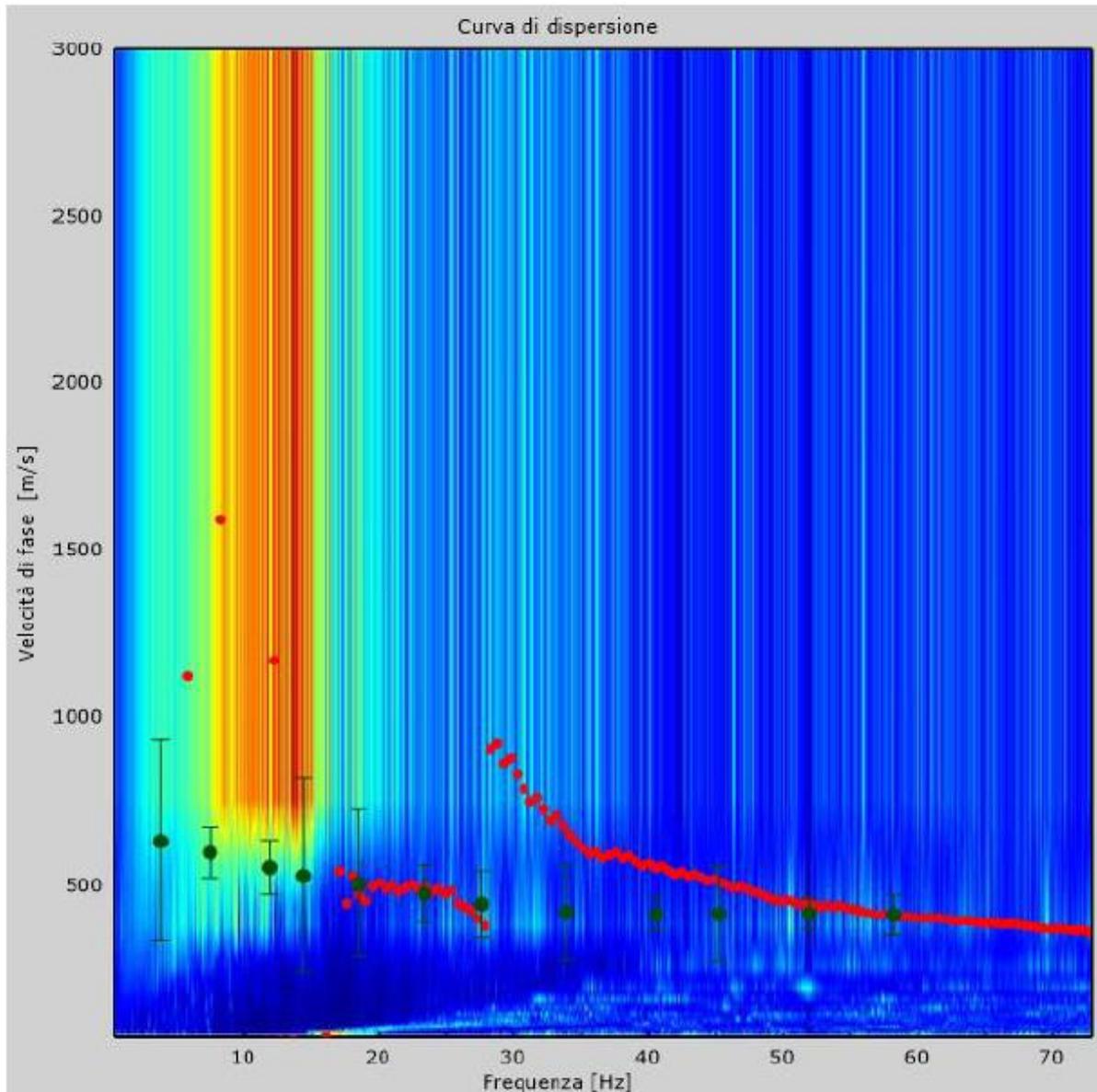


Figura 30: Curva di dispersione sperimentale

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]
Strato 1	2,0	-2,0	470
Strato 2	3,0	-5,0	400
Strato 3	3,0	-8,0	487
Strato 4	4,0	-12,0	561
Strato 5	4,0	-16,0	588
Strato 6	10,0	-26,0	627
Strato 7	6,0	-32,0	679
Strato 8	/	-∞	706

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

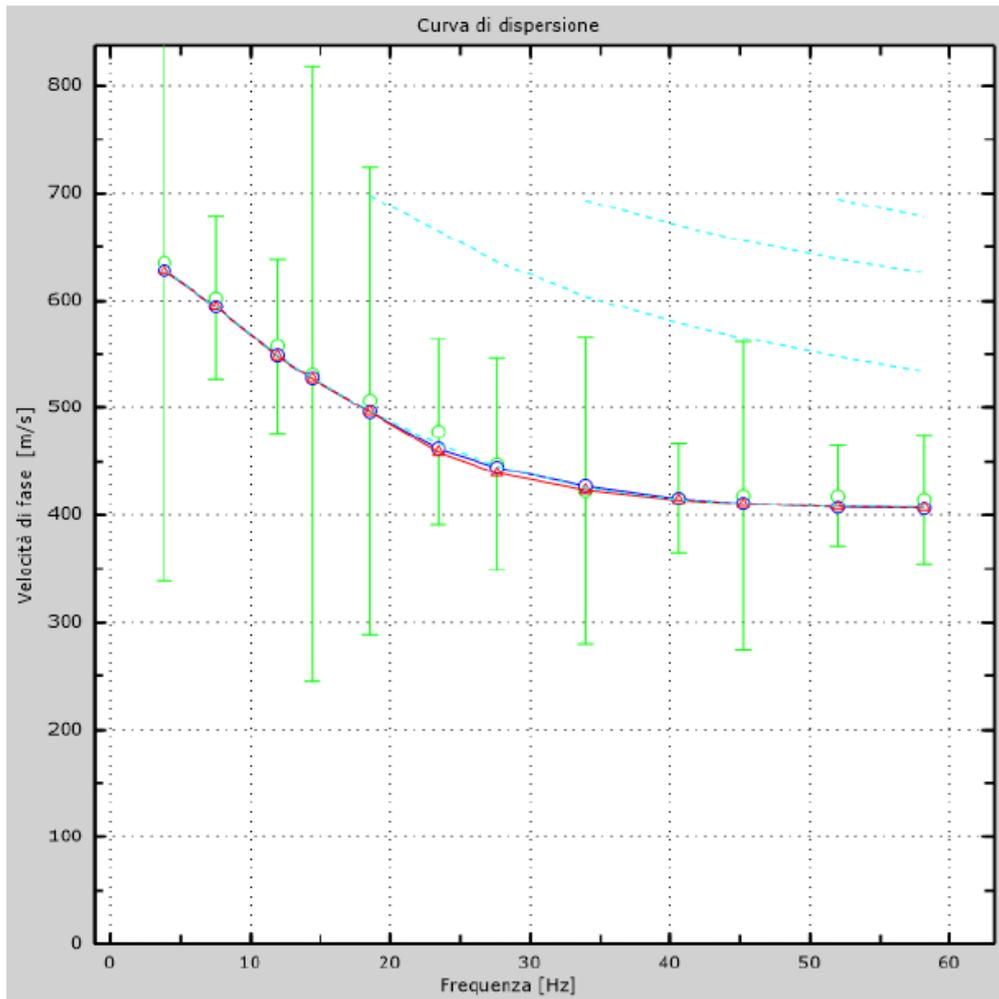


Figura 31: Velocità numeriche (Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigh - ciano, curva apparente - blu, curva numerica - rosso)

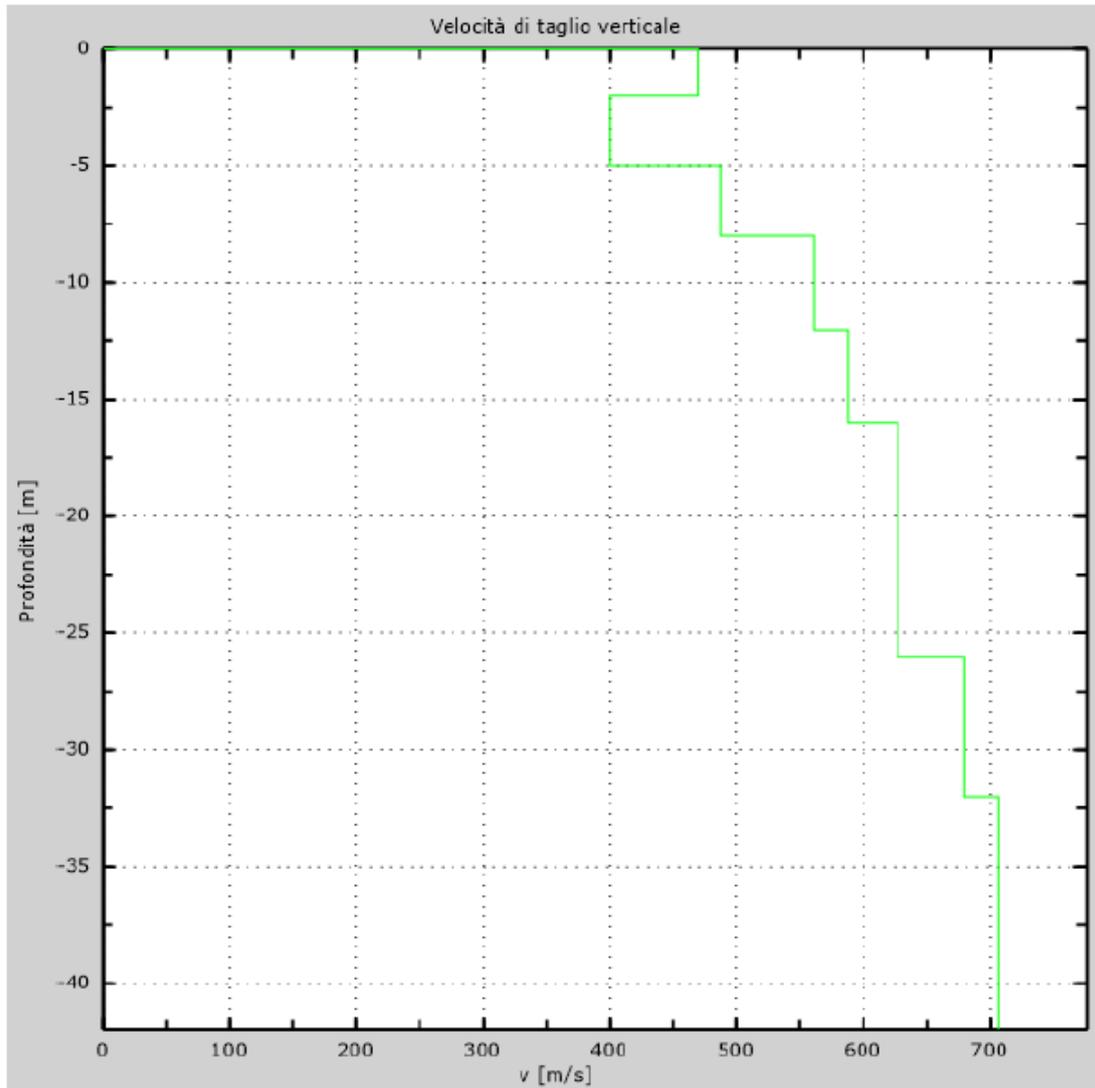


Figura 32: Profilo verticale di velocità delle Vs

Vseq = 558 m/s

I terreni di fondazione interessati dalla progettazione sismica, come prescritto al paragrafo 3.2.2 dal D.M. 17 Gennaio 2018, appartengono a:

Suolo di fondazione di tipo B

ovvero, come definito in Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo): Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

11.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2. Il (fig. definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{s,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^N \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

H = Profondità del substrato sismico con $V_s > 800$ m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dagli stendimenti sismica con metodologia M.A.S.W e HVSR eseguite in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle V_{s30} pari a **545.0 m/s** per la prova MASW 1 e V_{s30} pari a **558.0 m/s** per la prova MASW 1 riferita all'attuale piano campagna per quello che riguarda l'area.

Per la classificazione del suolo si è ritenuto più attendibile adottare le risultanze provenienti dalle prove eseguite in sito per cui il terreno è pertanto classificabile in **categoria B**: "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360m/s e 800m/s*".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 33: Tabella 3.2. Il "Categoria di sottosuolo" – D.M. 17.10.2018

11.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (categorie topografiche da NTC2018):

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

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

La categoria topografica è T1

11.6 PERICOLOSITÀ SISMICA

11.6.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tabella 2 Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 2 - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti

ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. CU = 1.0;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. CU = 1.5;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. CU = 2.0;

Nel caso specifico cautelativamente si considera la classe IV con CU pari a 2.0.

11.6.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (Tabella 3), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Tabella 3 Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è VR = 50 anni, il tempo di ritorno TR sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	TR = 975

Tabella 4 Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

11.6.3 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono

designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC 2018:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC 2018 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC 2018, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Tabella 5- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC2018, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Questi ID e relative coordinate fanno riferimento ad un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (tabella precedente) a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre p1, 2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, 2.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei

quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC 2018:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, F_o , TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

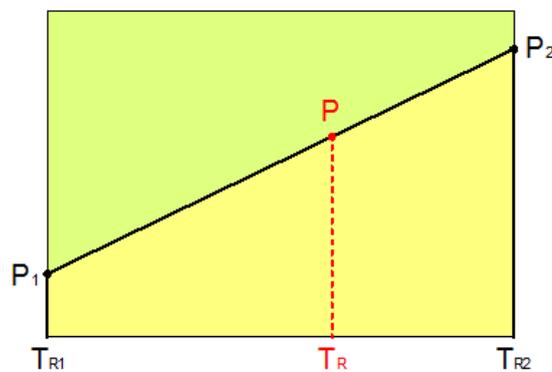


Figura 34: Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC 2018.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura seguente:

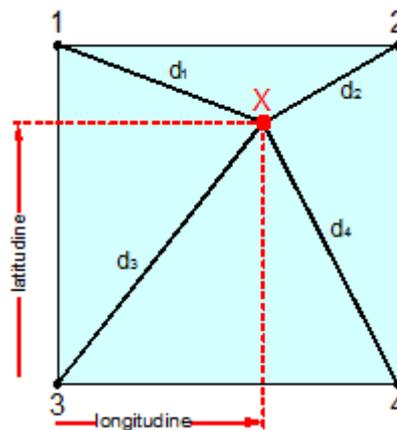


Figura 35: Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC 2018.

Pertanto, per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC 2018, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le

coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)]$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

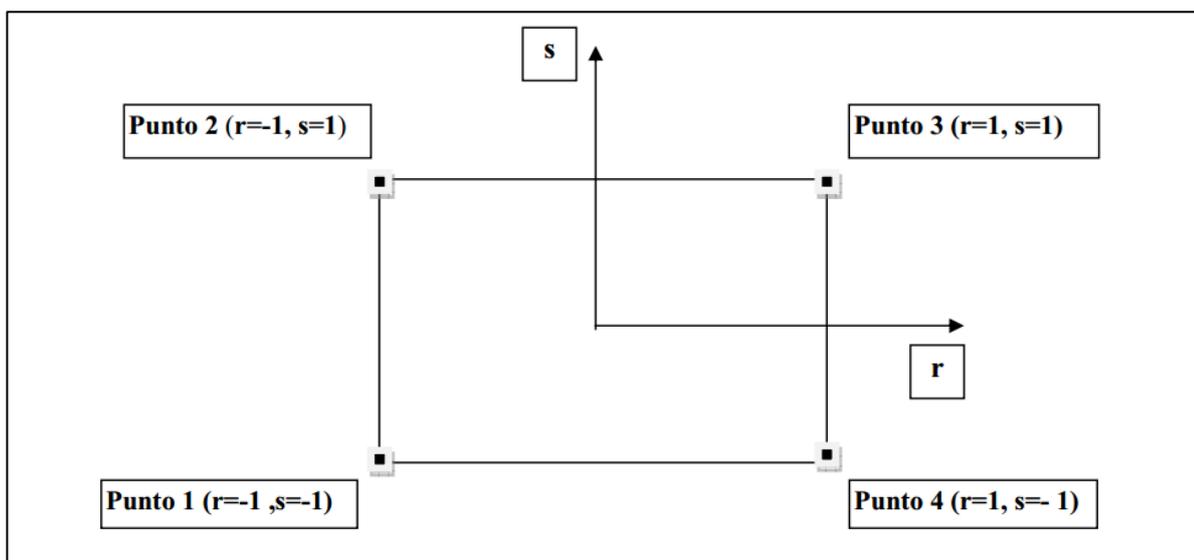


Figura 36: Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4$$

Tra le coordinate x , y di un punto generico e le coordinate r , s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4]$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4]$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri ag, F0, Tc* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4]$$

Dove p rappresenta il parametro cercato

11.6.4 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2 delle NTC 2018).

11.6.4.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale kh e verticale kv dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})}$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

11.6.4.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti kh e kv sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Con

- β_s : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
- a_{\max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g : accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella Tabella 6

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < ag(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < ag(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$ag(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 6- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto ag/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $S_T = 1.0$; T2: $S_T = 1.20$; T3: $S_T = 1.20$; T4: $S_T = 1.40$

11.6.4.3 Pericolosità sismica

Vita nominale (V_n): 50 [anni]
 Classe d'uso: IV
 Coefficiente d'uso (C_u): 2
 Periodo di riferimento (V_r): 100 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLO: 60 [anni]
 Periodo di ritorno (T_r) SLD: 101 [anni]
 Periodo di ritorno (T_r) SLV: 949 [anni]
 Periodo di ritorno (T_r) SLC: 1950 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 45,3851547 [°]
 Longitudine (WGS84): 8,1202173 [°]
 Latitudine (ED50): 45,3861008 [°]
 Longitudine (ED50): 8,1212988 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame.

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	12467	45,363860	8,085411	3738,09
2	12468	45,367010	8,156366	3465,24
3	12246	45,416910	8,151912	4177,30
4	12245	45,413750	8,080894	4405,11

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,016	2,595	0,163
	50	0,019	2,567	0,172
SLO	60	0,021	2,592	0,172
	72	0,022	2,618	0,173
SLD	101	0,025	2,614	0,210
	140	0,028	2,611	0,225
	201	0,031	2,609	0,239
	475	0,039	2,616	0,266
SLV	949	0,046	2,632	0,280
	975	0,046	2,633	0,281
SLC	1950	0,053	2,679	0,291
	2475	0,056	2,695	0,294

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,015	2,591	0,163
	50	0,019	2,557	0,172
SLO	60	0,020	2,580	0,172
	72	0,022	2,603	0,173

SLD	101	0,025	2,598	0,211
	140	0,027	2,594	0,225
	201	0,031	2,591	0,240
	475	0,038	2,619	0,266
SLV	949	0,044	2,633	0,282
	975	0,045	2,633	0,282
SLC	1950	0,052	2,677	0,292
	2475	0,054	2,692	0,296

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,015	2,589	0,163
	50	0,019	2,558	0,172
SLO	60	0,020	2,582	0,173
	72	0,022	2,607	0,174
SLD	101	0,025	2,605	0,211
	140	0,028	2,603	0,225
	201	0,031	2,601	0,240
	475	0,038	2,605	0,281
SLV	949	0,045	2,640	0,290
	975	0,045	2,642	0,290
SLC	1950	0,053	2,717	0,304
	2475	0,055	2,743	0,309

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,016	2,594	0,163
	50	0,019	2,569	0,172
SLO	60	0,021	2,595	0,173
	72	0,022	2,622	0,174
SLD	101	0,025	2,621	0,211
	140	0,028	2,620	0,225
	201	0,032	2,619	0,239
	475	0,039	2,617	0,281
SLV	949	0,046	2,620	0,298
	975	0,047	2,620	0,299
SLC	1950	0,054	2,710	0,306
	2475	0,056	2,742	0,308

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,021	2,587	0,173
SLD	101	0,025	2,609	0,211

SLV	949	0,045	2,632	0,287
SLC	1950	0,053	2,694	0,298

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

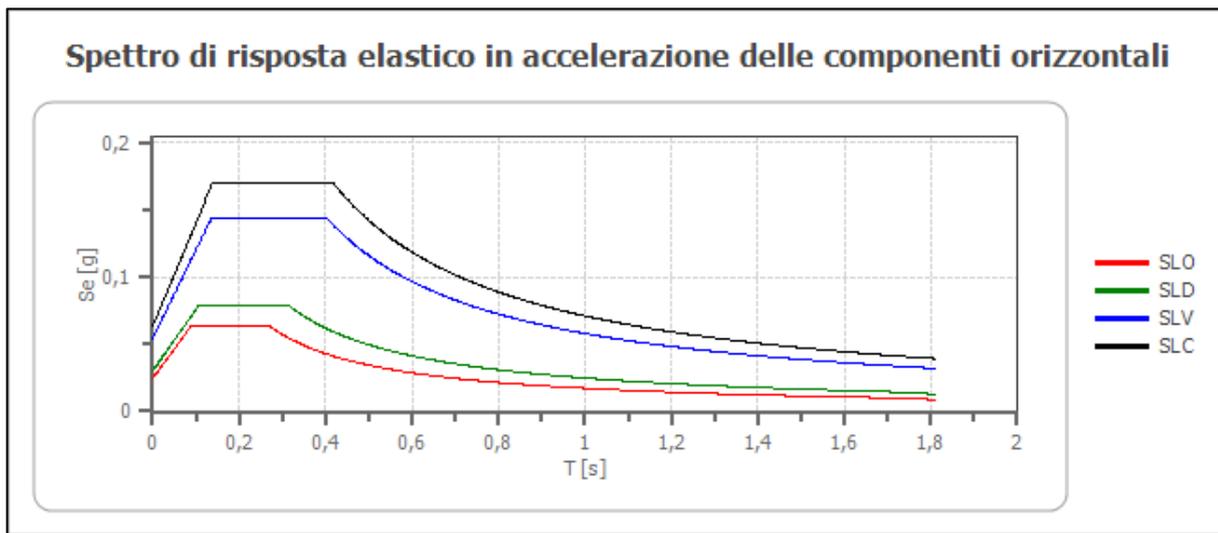
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,011	0,013
kv	0,002	0,003	0,005	0,006
amax [m/s ²]	0,241	0,294	0,533	0,619
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



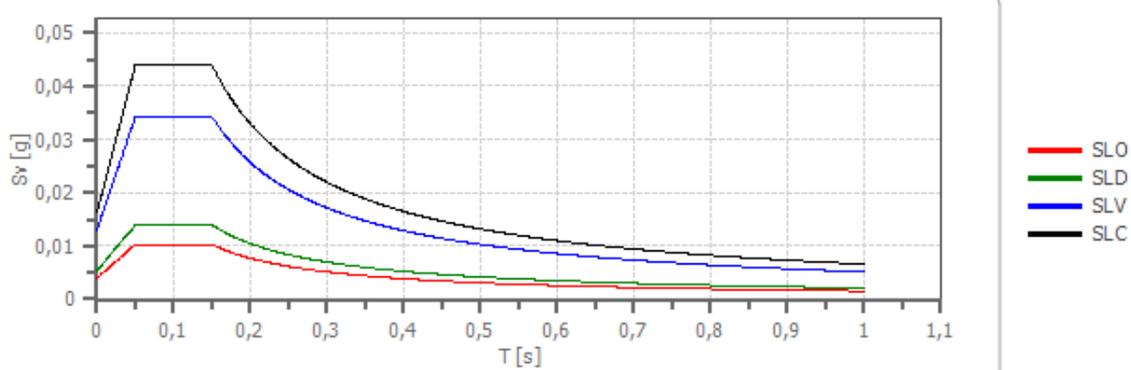
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,021	2,587	0,173	1,200	1,560	1,000	1,200	1,000	0,090	0,269	1,682	0,025	0,064
SLD	2,0	0,025	2,609	0,211	1,200	1,500	1,000	1,200	1,000	0,105	0,316	1,700	0,030	0,078
SLV	2,0	0,045	2,632	0,287	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,135	0,405	1,781	0,054	0,143
SLC	2,0	0,053	2,694	0,298	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,139	0,417	1,811	0,063	0,170

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,021	2,587	0,173	1	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLD	2,0	0,025	2,609	0,211	1	1,500	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,014
SLV	2,0	0,045	2,632	0,287	1	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,034
SLC	2,0	0,053	2,694	0,298	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,044

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q:

1,50

Fattore di struttura spettro verticale q:

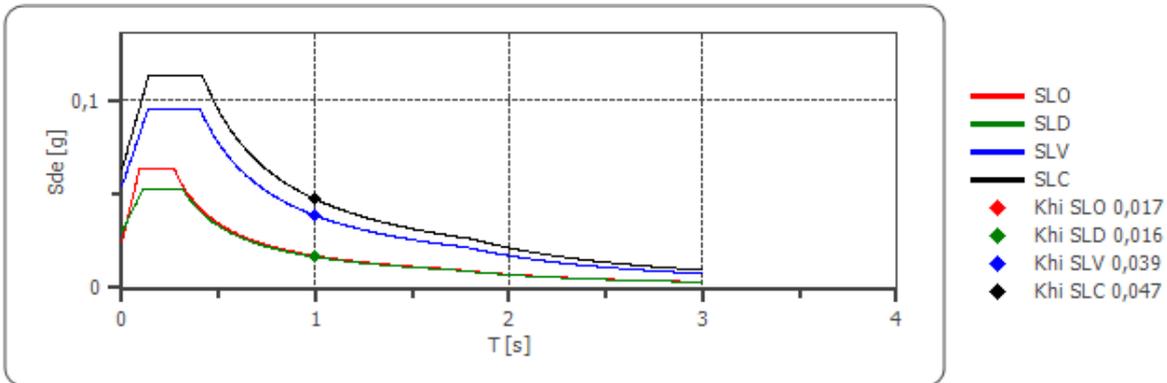
1,50

Periodo fondamentale T:

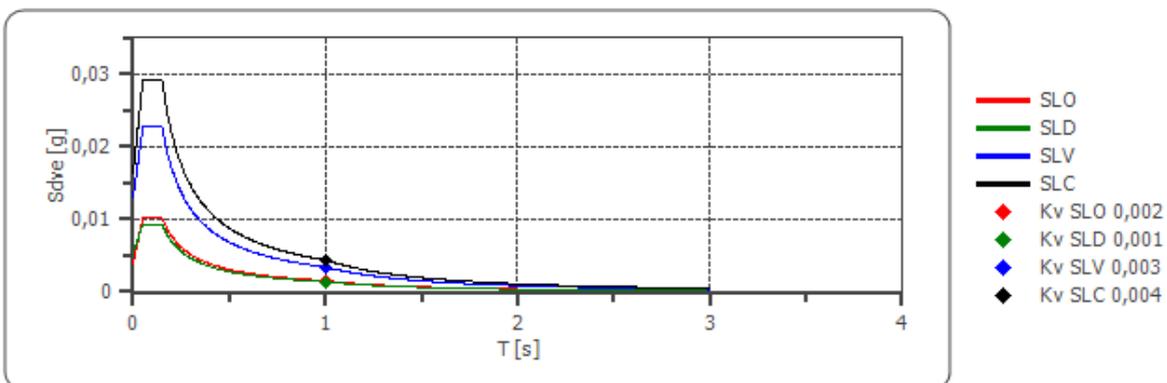
1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k _{hi} = S _d e(T) Orizzontale [g]	0,017	0,016	0,039	0,047
k _v = S _d v _e (T) Verticale [g]	0,002	0,001	0,003	0,004

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,021	2,587	0,173	1,200	1,560	1,000	1,200	1,000	0,090	0,269	1,682	0,025	0,064
SLO verticale	2,0	0,021	2,587	0,173	1,200	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLD orizzontale	2,0	0,025	2,609	0,211	1,200	1,500	1,000	1,200	1,500	0,105	0,316	1,700	0,030	0,052
SLD verticale	2,0	0,025	2,609	0,211	1,200	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,005	0,009
SLV orizzontale	2,0	0,045	2,632	0,287	1,200	1,410	1,000	1,200	1,500	0,135	0,405	1,781	0,054	0,095
SLV verticale	2,0	0,045	2,632	0,287	1,200	1,410	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,013	0,023
SLC orizzontale	2,0	0,053	2,694	0,298	1,200	1,400	1,000	1,200	1,500	0,139	0,417	1,811	0,063	0,113
SLC verticale	2,0	0,053	2,694	0,298	1,200	1,400	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,016	0,029

12 LIQUEFAZIONE

Secondo le norme NTC 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa nel caso si verifichino una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 37 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 38 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

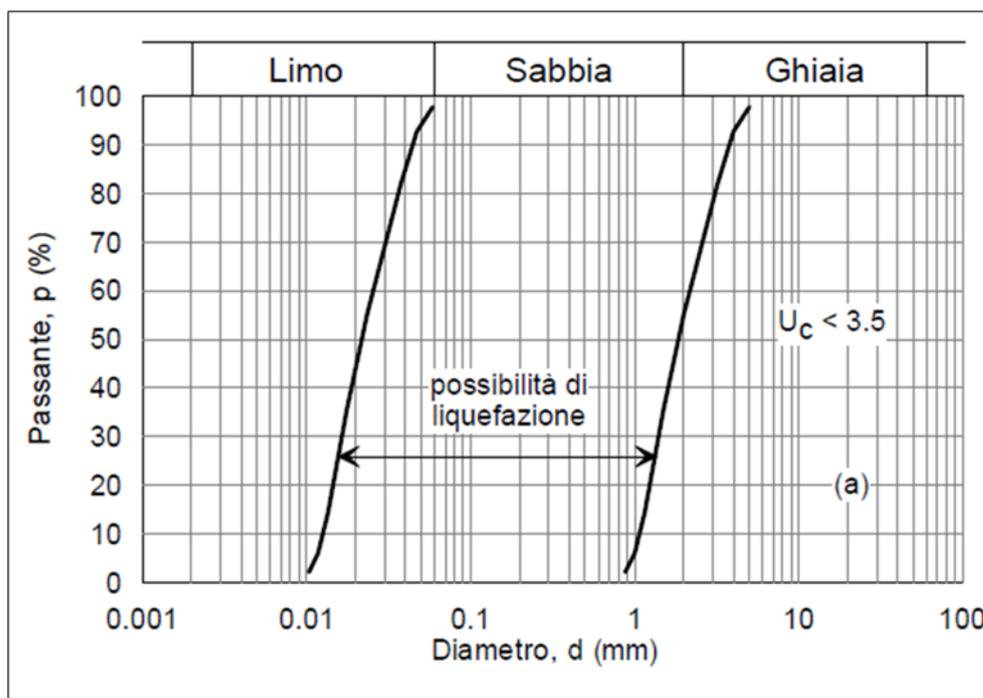


Figura 37: Figura 7.11.1 NTC 2018-Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

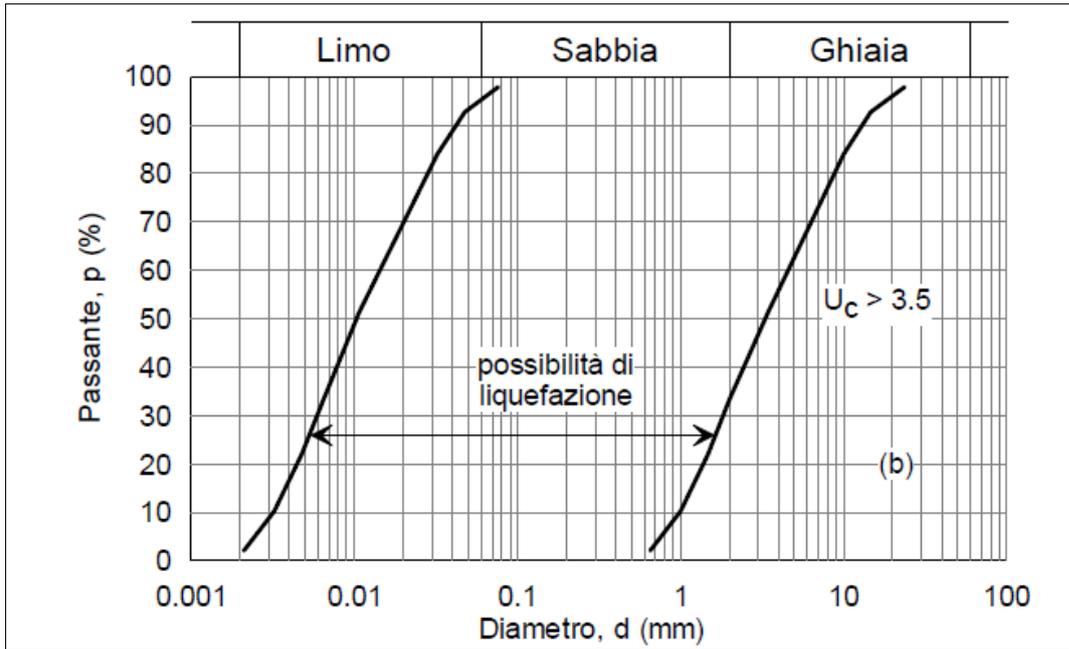


Figura 38: Figura 7.11.1 NTC 2018-Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

La verifica a liquefazione è stata omessa in quanto rispondente ai punti 1-2 richiesti dalla normativa vigente.

13 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Si riportano in seguito la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici medi utilizzati.

Suolo	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	C' [Kpa]	ϕ' [°]	E [Mpa]
Ghiaia sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia	0 m – 40 m	20	0	30-40	100-150

La soggiacenza della falda è variabile tra 30 e 36 m da p.c.

14 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Si riportano in seguito la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici utilizzati.

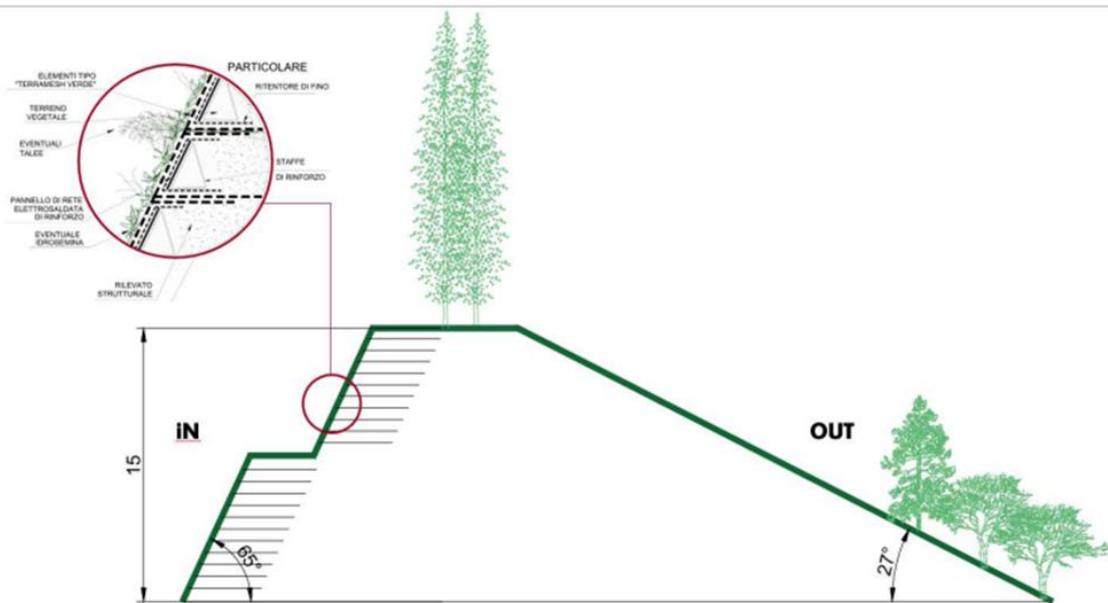
Suolo	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	C' [Kpa]	ϕ' [°]	E [Mpa]
Ghiaia sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia	0 m – 40 m	20	0	38	100

La soggiacenza della falda è variabile tra 30 e 36 m da p.c.

15 VERIFICA DI STABILITA' DELLA COLLINA DI MITIGAZIONE

Per mitigare l'impatto visivo dell'impianto e garantire un riutilizzo interno delle terre, il proponente ha intenzione di realizzare un rilevato con terre di riporto, come di seguito descritto:

"La sezione della duna è di tipo trapezoidale, con piano superiore orizzontale che consente la piantumazione di alberi di grandi dimensioni: nella parte interna, verso l'impianto, è previsto l'utilizzo di terre rinforzate rinverdite, con pendenza di circa 65°. La porzione rivolta verso l'esterno del sito degrada invece dolcemente, con pendenze uguali o inferiori ai 30°. si prevede la possibilità di utilizzare sia le componenti arbustive di minori dimensioni che quelle arboree di prima grandezza (H>15 m), consentendo la realizzazione di barriere vegetali in cui la densità e la struttura verranno adattate al contesto locale.



L'impianto si estende sul versante della terra armata, sul versante out si svilupperà la cava "Bettoni 4.0", della cui documentazione il proponente si è avvalso attraverso richiesta di accesso agli atti alla Provincia di Biella, al fine di valutare gli impatti cumulativi.

In quest'ottica, per rispondere alla questione 33E dell'O.T.+C.T, nel presente documento si condurrà un'analisi geotecnica sulla stabilità della collina e del sottostante versante di cava. Saranno valutati degli effetti della realizzazione della collina sulla regimazione delle acque piovane sul versante di cava adiacente.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite con il metodo cosiddetto "dell'equilibrio limite". Il metodo consiste nell'individuare diverse possibili superfici di scivolamento coinvolgenti uno o più materiali e nell'analizzare, per ciascuna di esse, l'equilibrio allo scivolamento del cuneo di materiali, considerato come rigido.

È stato considerato il metodo di Bishop.

15.1 SOFTWARE DI CALCOLO

Per l'analisi della stabilità è stato utilizzato il software SLOPE/W di Geostudio.

In particolare, Slope/W consente un'analisi di stabilità tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalla idrostatica, di sollecitazioni sismiche per via statica equivalente, di tiranti di ancoraggio e altre opere di rinforzo e sostegno. Esso è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (F.S.) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scivolamento e quella mobilitata dal moto incipiente dell'intera massa contenuta dalla superficie stessa.

Il programma effettua le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo il criterio di Bishop semplificato, con il quale il coefficiente di sicurezza viene ricercato con riferimento ad una condizione di equilibrio alla rotazione partendo da superfici di scorrimento a direttrice circolare.

Il criterio di rottura adottato per il terreno è quello classico di Mohr-Coulomb.

Normalmente la valutazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata per tentativi, generando un grande numero di superfici con un algoritmo pseudo-casuale, facendo alcune ipotesi semplificative circa la loro forma geometrica rispettando però, per quanto possibile, le condizioni reali nei riguardi delle sollecitazioni esterne, delle caratteristiche fisiche dei terreni, delle eventuali evidenze fisiche (labbris o nicchie di distacco ed accumuli al piede); oltre alla possibilità di calcolare il coefficiente di sicurezza per una determinata superficie di rottura assegnata.

Data una sezione di cui valutare il coefficiente di sicurezza, il programma esamina migliaia di superfici lungo tutto il pendio e fornisce quelle con coefficiente di sicurezza inferiore.

15.2 METODO BISHOP

Di seguito si descrive la teoria del metodo applicato.

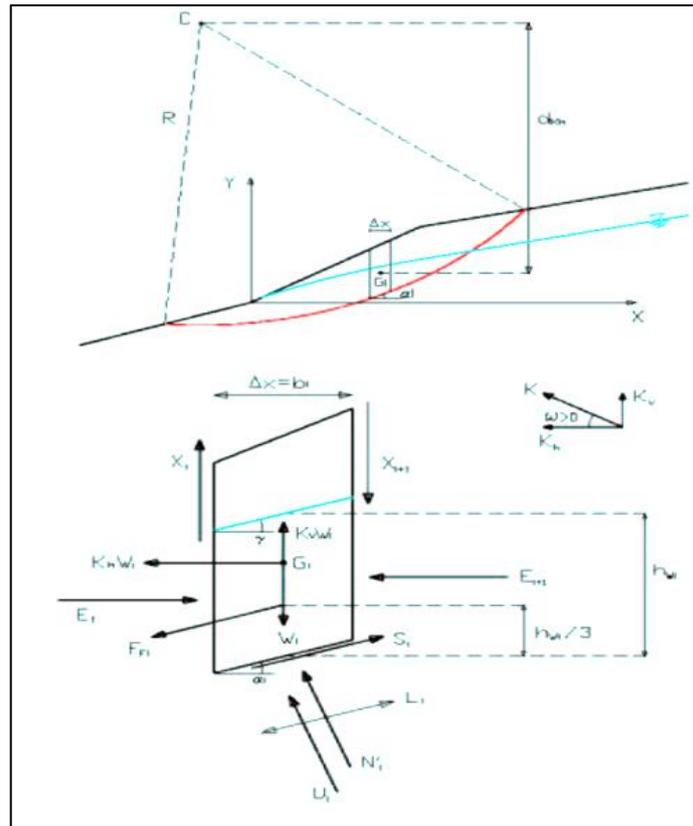


Figura 39 - Verifica di stabilità secondo il metodo semplificato di Bishop

Con riferimento alla figura sopra riportata, il metodo di Bishop dapprima ipotizza superfici di scorrimento circolari di raggio R, quindi, suddivide in conci (delimitati verticalmente) di larghezza b il materiale coinvolto nello scivolamento. Per ciascuno dei suddetti conci si determina infine il coefficiente di sicurezza F come rapporto fra i momenti, calcolati rispetto al centro del cerchio, stabilizzanti MS e ribaltanti MR, cioè:

$$F = \frac{M_S}{M_R}$$

Il contributo al momento stabilizzante Ms è determinato in generale per mezzo della resistenza critica al taglio alla base, somma del contributo del peso W ortogonale alla base stessa (detratta la componente verticale dell'azione sismica) moltiplicata per la tangente dell'angolo di attrito interno ϕ' e della coesione c' moltiplicata per la distanza $b/\cos \alpha$ (dove α è l'inclinazione della base del concio rispetto all'orizzontale). Considerando, infine, che il concio sia parzialmente immerso in acqua e che alla base la pressione idraulica valga u, dette KHW e KVW le componenti in direzione orizzontale e verticale dell'azione sismica, si ottiene:

$$M_S = \frac{c'b + [W(1 - K_V) - ub] \cdot \operatorname{tg} \varphi'}{m(\alpha)} \cdot R$$

Dove:

$$m(\alpha) = \cos \alpha \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi'}{F} \right)$$

Il contributo al momento ribaltante MR di un concio è fornito dalla somma dei momenti della componente del peso W parallela alla base del concio (detratta la componente verticale dell'azione sismica) e della componente orizzontale dell'azione sismica:

$$M_R = W \left[(1 - K_V) \cdot \sin \alpha + K_H \cdot \frac{d_{KH}}{R} \right] \cdot R$$

Sostituendo le formule dei momenti sopra riportate nell'espressione del coefficiente di sicurezza ed assumendo $d_{KH} = R \cdot \cos \alpha$, si ottiene per il singolo concio:

$$F = \frac{\frac{c'b + [W(1 - K_V) - ub] \cdot \operatorname{tg} \varphi'}{\cos \alpha \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi'}{F} \right)}}{W[(1 - K_V) \cdot \sin \alpha + K_H \cdot \cos \alpha]}$$

Per l'intera superficie circolare di scivolamento il coefficiente di sicurezza risulta:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{c_i' b_i + [W_i(1 - K_V) - u_i b] \cdot \operatorname{tg} \varphi_i'}{\cos \alpha_i \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i'}{F} \right)}}{\sum_{i=1}^n W_i [(1 - K_V) \cdot \sin \alpha_i + K_H \cdot \cos \alpha_i]}$$

in cui il pedice i si riferisce all'i-esimo concio facente parte della superficie di scivolamento. Tale equazione, come si può facilmente dedurre, è di tipo implicito e di conseguenza deve essere risolta con un metodo iterativo. Definito un valore F0 di primo tentativo, corrispondente ad $m(\alpha)$ unitario, lo si sostituisce nel membro di destra dell'equazione implicita ricavando in tal modo un nuovo valore

di F. Tale valore, se diverso dal precedente, s’inserisce nuovamente nel membro di destra per ricercare un ulteriore valore di F e così via. La convergenza dell’algoritmo di risoluzione dell’equazione implicita assicura la determinazione del coefficiente di sicurezza dell’intera superficie di scivolamento. Il modello ricerca la superficie avente centro e curvatura differenti, fino a trovare quella caratterizzata dal coefficiente di sicurezza minore.

15.3 VERIFICHE DI STABILITÀ E FATTORI DI SICUREZZA

Il calcolo relativo alle verifiche di stabilità è stato svolto seguendo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni di recente emanazione (DM 17 Gennaio 2018) in base alle quali le analisi di stabilità dei rilevati in terreni sciolti (od assimilabili ad essi quali gli ammassi di rifiuti) devono essere effettuati verificando che sia soddisfatta la condizione:

$$Ed \leq Rd,$$

dove:

- Ed rappresenta il valore di progetto dell’azione o dell’effetto dell’azione;
- Rd rappresenta il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

In tale senso, in campo statico i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei materiali e delle azioni vengono, rispettivamente, divisi e moltiplicati per i coefficienti parziali previsti dalla combinazione di carico

Combinazione 2: A2+M2+R2

In cui:

- A2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_F da applicare alle azioni o all’effetto delle azioni
- M2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_M da applicare ai parametri del terreno;
- R2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_R per le verifiche di sicurezza.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G ₁	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti G ₂	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Azioni Variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 7- Coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni - (tabella 6.2.1 – DM 17/01/2018)

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale (γ_M)	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c'_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.0	1.00

Tabella 8- Coefficienti parziali per i parametri geotecnici delle azioni - (tabella 6.2.II – DM 17/01/2018)

Coefficiente (γ_R)	R2
γ_R	1.1

Tabella 9 - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo - (tabella 6.8.I – DM 17/01/2018)

15.4 PARAMETRI GEOTECNICI E CARICHI

Si riportano in seguito la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici utilizzati.

Suolo	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	C' [Kpa]	ϕ' [°]	E [Mpa]
Ghiaia sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia	0 m – 40 m	20	0	38	100

Per la verifica in condizione statica, si riportano i parametri geotecnici fattorizzati secondo la NTC2018:

Suolo	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	C' [Kpa]	ϕ' [°]	E [Mpa]
Ghiaia sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia	0 m – 40 m	20	0	32	100

La soggiacenza della falda è variabile tra 30 e 36 m da p.c.

15.4.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,011	0,013
kv	0,002	0,003	0,005	0,006
amax [m/s ²]	0,241	0,294	0,533	0,619
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Per la condizione sismica, i valori dei coefficienti sismici assunti sono:

- $K_h = 0,011 \text{ m}^2/\text{s}$
- $K_v = 0,005 \text{ m}^2/\text{s}$

Si è considerato un carico variabile pari a 500 N/m^2 .

15.5 SEZIONI DI VERIFICHE DI STABILITÀ

La verifica delle condizioni di stabilità della collina di mitigazione è stata eseguita prendendo in considerazione l'estensione, nell'ipotesi maggiormente cautelativa corrispondente al termine della quarta fase di coltivazione (XX anno), della futura area di cava denominata "Cava Bettoni", confinante verso Ovest con l'area in esame.

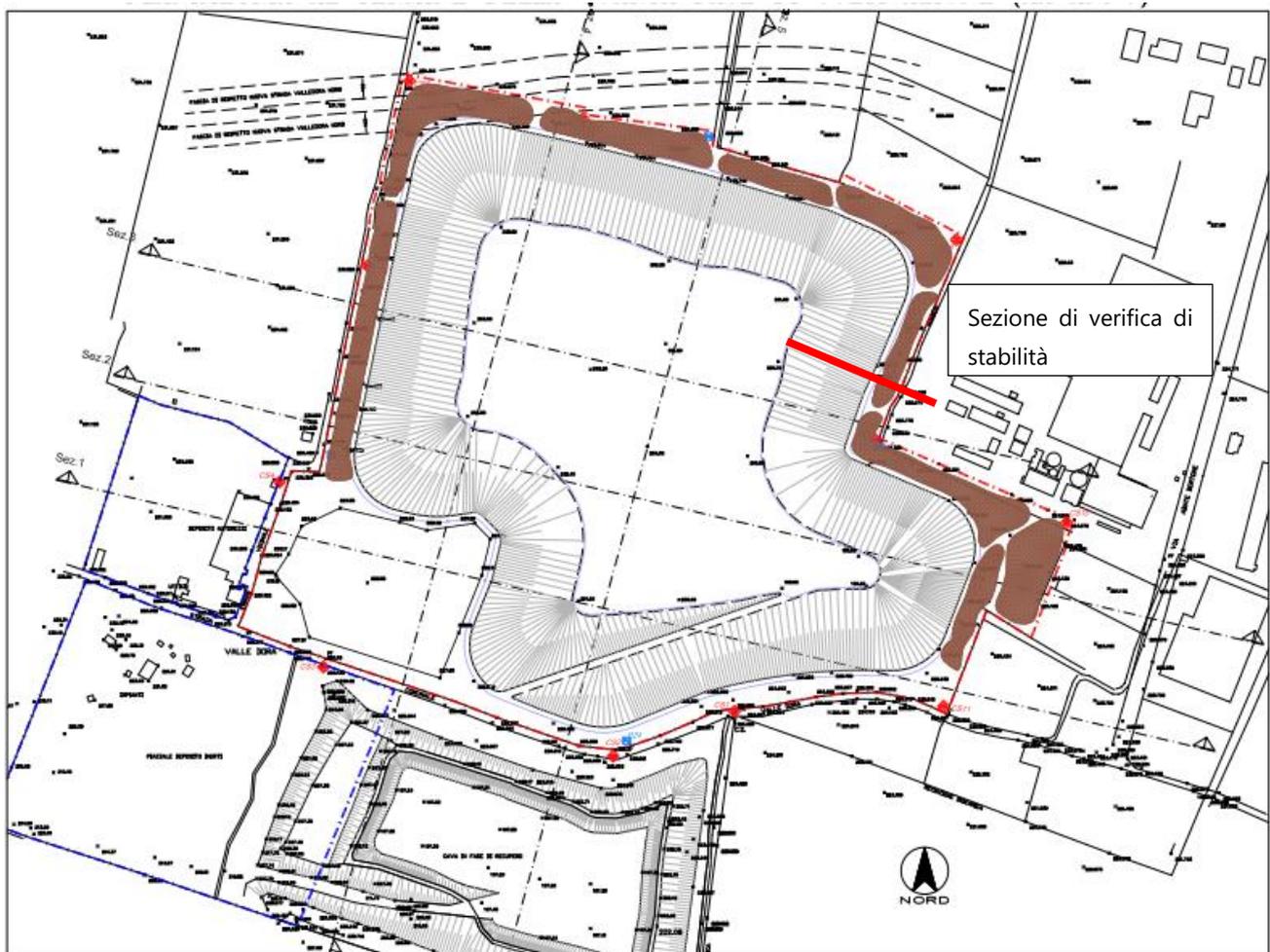


Figura 40 – Planimetria indicativa della cava Bettoni con la sezione di verifica di stabilità

Si riporta di seguito la sezione sulla quale sono state eseguite le verifiche di stabilità.

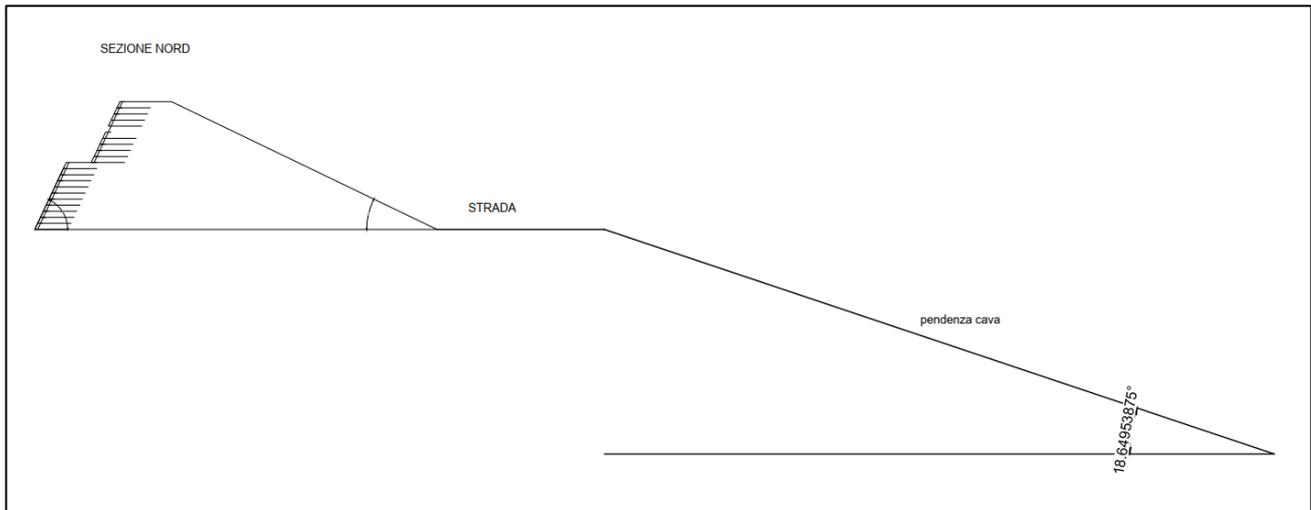


Figura 41 – Sezione di calcolo

15.6 TERRE ARMATE – FASE COSTRUTTIVE

L'opera progettato ha un'altezza massima pari a 15 m sostenuto lateralmente da una terra rinforzata, costituito da bandella disposte orizzontalmente ogni 73 cm di lunghezza massima di 8 metri.

Modalità esecutiva:

- Scavo terreno in sito costituito da ghiaia e sabbia in matrice limosa
- Stesa materiale provenienti dagli scavi in strati di 75 cm al finito. Gli strati devono essere rullati e compattati con rullo statico di 12 tonnellate con 4-6 passate di rullo.
- Nella parte delle terre rinforzate, posa di bandelle di lunghezza pari a 8 m rivolto 73 cm e sormonto 2m fino a raggiungimento dell'altezza pari a 8m.
- Posa delle bandelle pari a 6m rivolto 73 cm e sormonto 2m fino al raggiungimento della quota di progetto pari a 15m sul piano campagna.
- Piantumazione, inerbimento della scarpata
- Drenaggio a piede della scarpata non in terra rinforzata costituito da ghiaia pulita a volta in geotessile di 200g/m².

Il materiale per la costruzione sarà in ghiaia con le seguenti caratteristiche geotecniche:

- Peso specifico $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- Angolo d'attrito $\phi = 38^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ Kpa}$

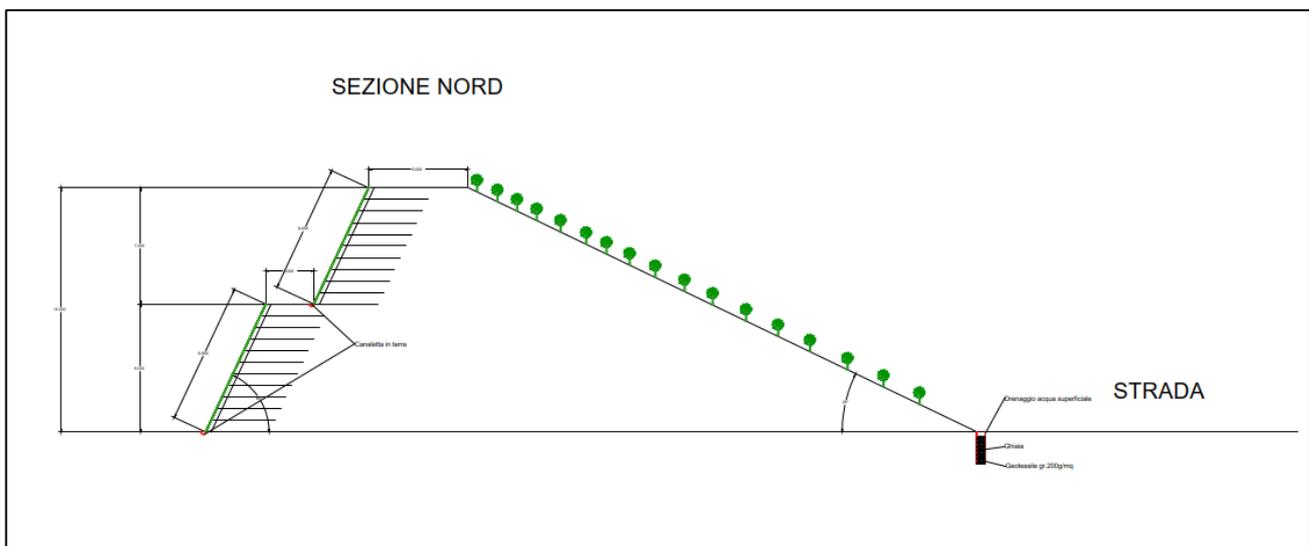


Figura 42 – Costruzione terre armate

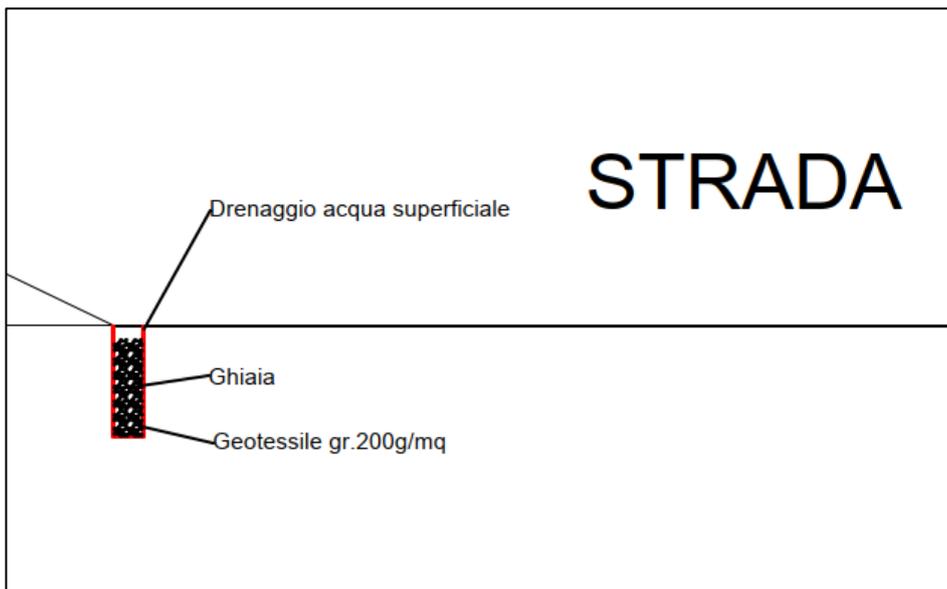
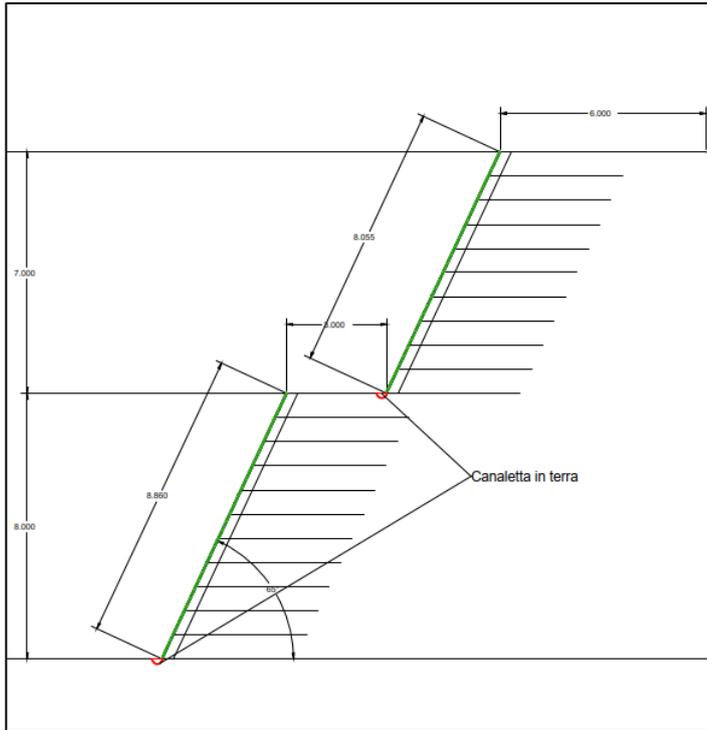
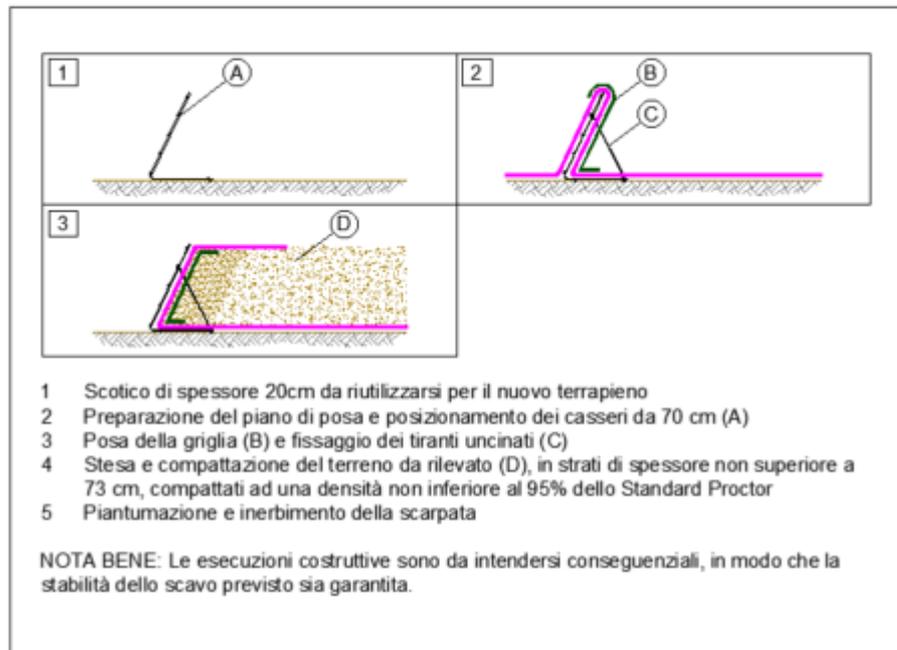


Figura 43 – Dettagli costruttivi

SEQUENZA DI POSA



DETTAGLIO FACCIATA

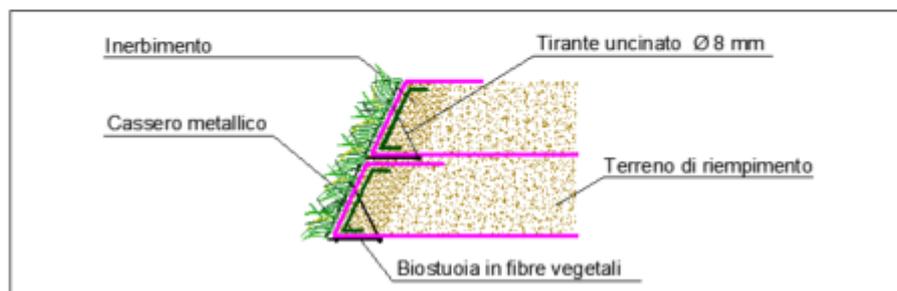


Figura 44 – Dettagli costruttivi

Per la raccolta e la regimazione delle acque piovane provenienti dalla collina di mitigazione è prevista la realizzazione di:

- Canaletta di raccolta in terra alla base di ciascuna delle due scarpate delle terre armate **lato interno** alla proprietà, il cui recapito avverrà nella trincea drenante (scarico S2) in prossimità della rotonda prevista nella porzione nord-occidentale dell'area, alla quota piazzale (0 di progetto).
- Drenaggio costituito da ghiaia protetta da geotessile 200 gr /mq profonda 2m alla base della scarpata **lato esterno** alla proprietà, che garantirà l'infiltrazione delle acque piovane provenienti dalla scarpata.

15.7 SCHEDA TECNICA DELLE BANDELLE

Nel seguente capitolo sono riportate le caratteristiche meccaniche delle bandelle tipo MACCAFERRI in fibre di poliestere o equivalente.

Nel nostro caso, per il dimensionamento delle terre rinforzate, è stato utilizzato MACCAFERRI – tipo 8x10:

- 50 kN/m come resistenza nominale a rottura;
- 67KN come carico medio a punzomanento;
- Altezza H = 0,73 m ;
- Angolo $\phi^\circ = 65^\circ$.

TERRAMESH® VERDE GALMAC & RIVESTIMENTO POLIMERICO

Il Terramesh® Verde è un sistema per terra rinforzata a paramento rinverdibile realizzato mediante elementi in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, tipo 8x10, tessuta con filo d'acciaio, protetto con Galmac (lega eutettica Zn-Al 5%) e un ulteriore rivestimento polimerico ad elevate prestazioni, sono prodotti in accordo con il regolamento 305/2011 (ex Direttiva Europea 89/106/CEE). Sono conformi alle "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con parere nr. 69 (2013), con UNI EN 10223-3:2013 e sono provvisti di marcatura CE in conformità con ETA-13/0295.

Il sistema di produzione e gestione aziendale è certificato in conformità alle norme ISO 9001 e ISO 14001 (relativa al sistema di gestione ambientale).

Gli elementi sono forniti già predisposti a misura senza richiedere ulteriori tagli in cantiere. I bordi della rete sono costituiti da filo uguale alle barrette di rinforzo. Il paramento esterno è dotato di un ulteriore pannello di rinforzo in rete elettrosaldata collegato, in fase di produzione, con un ritentore di fini (costituito da un tessuto in poliestere a maglia in catena con inserzione di trama, per gli elementi di Terramesh® Verde tipo terra, e da una geostuola tridimensionale in polipropilene per il Terramesh® Verde tipo acqua). Il paramento è provvisto anche di un ritentore di fini, 2 staffe triangolari e 4 tiranti in acciaio ad estremità uncinato, che debbono essere utilizzati in cantiere per ottenere l'inclinazione richiesta del paramento esterno. Il tirante dovrà essere collocato al telaio di base in corrispondenza di una barretta inserita nel telaio stesso, avendo cura comunque di collegarsi sempre e solo alle doppie torsioni e non alla barretta. Dimensioni, tolleranze e misure sono mostrate in Tabella 1.

Rete metallica

La rete metallica a doppia torsione in maglia esagonale ha resistenza nominale a trazione come indicato in Tabella 2, è in conformità alla UNI EN 10223-3:2013 e a quanto prescritto dalle Linee Guida sopra menzionate.

La capacità di carico medio a punzonamento della rete (Tabella 2) è conforme ai test eseguiti in accordo a UNI 11437. La rete soggetta a prova di trazione secondo le procedure indicate, non deve mostrare rotture del rivestimento polimerico nelle torsioni, per un carico pari al 50% della resistenza a trazione della rete secondo norma UNI EN 10223-3:2013.

Filo

Il filo utilizzato nella produzione del Terramesh® Verde è rivestito con Galmac classe A, (lega eutettica di Zinco - Alluminio 5%). Successivamente è applicato un rivestimento polimerico con spessore nominale di 0.50 mm, per contenere una maggiore protezione anche per l'utilizzo in ambienti aggressivi, o per opere idrauliche di qualsiasi genere.

Tutti i test sul filo devono essere fatti prima della fabbricazione della maglia.

- Resistenza a trazione:** I fili utilizzati per la produzione della maglia e del filo di legatura, dovranno avere una resistenza a trazione di 350-550 N/mm², in conformità a quanto previsto dalla UNI-EN 10223-3:2013. Le tolleranze sul filo (Tab. 3) sono in accordo alla UNI-EN 10218 (Classe T1).
- Allungamento:** L'allungamento non deve essere inferiore all' 8%, (UNI-EN 10223-3:2013).
- Rivestimento Galmac:** le quantità minime di Galmac riportate in Tabella 3 soddisfano le disposizioni della UNI-EN 10244-2 (Tab. 2 - Classe A).
- Aderenza del rivestimento:** l'aderenza del rivestimento Galmac dovrà essere in accordo a UNI EN 10244.
- Resistenza del rivestimento Galmac alla prova di invecchiamento accelerato** in ambiente contenente anidride solforosa (28 cicli) secondo UNI EN ISO 6988 (ruggine rossa inferiore o uguale al 5%).

Rivestimento Polimerico

Le caratteristiche tecniche e la resistenza all'invecchiamento del rivestimento polimerico sono conformi alla UNI EN 10245-1.

Colore: Grigio tipo RAL 7037

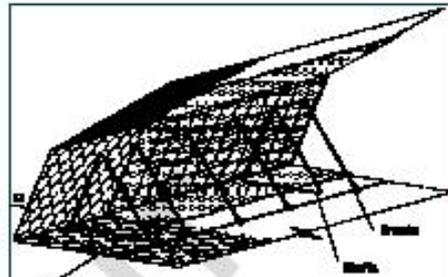
Resistenza a raggi U.V.: dopo esposizione di 4000 ore a raggi U.V. (ISO 4892), le prestazioni meccaniche del polimero di base non variano in misura maggiore al 25%

Resistenza chimica: resistenza agli agenti chimici in concentrazioni che sono normalmente rappresentative dei terreni e dei corsi d'acqua di uso civile.

Resistenza del filo alla prova di invecchiamento accelerato in nebbia salina: secondo EN ISO 9227, fino a 6000 ore (ruggine rossa inferiore o uguale al 5%).

Certificazione di accompagnamento materiali:

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere l'appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la Dichiarazione di Prestazione (DOP) rilasciata in originale, nella quale vengono specificati il tipo e nome commerciale del prodotto, la Ditta produttrice, la Ditta a cui viene consegnato il prodotto, la località del cantiere e le quantità fornite.



Geostuola per Terramesh® Verde tipo Acqua. Ritentore di fini in tessuto in polipropilene a maglia in catena con inserzione di trama (per il controllo dell'erosione) per Terramesh® Verde tipo Terra

Figura 1



Figura 2



MACCAFERRI

Maccaferri si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. In ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse dovrà essere

1. Tabella delle misure per il Terramesh® Verde

L=Lunghezza (m)		W=Larghezza (m)	H=Altezza (m) / (inclinazione °)
Terramesh Verde	Terramesh Verde Light		
3.0	3.0	3	0.76 / (70°)
4.0	4.0		0.73 / (65°)
5.0	5.0		0.70 / (60°)
6.0	6.0		
7.0	-		
8.0	-		0.58 / (45°)

Tutte le dimensioni sono nominali (Tolleranze di $\pm 5\%$).

Operazioni di legatura

Le operazioni di legatura possono essere effettuate utilizzando gli strumenti mostrati nella Fig.5. I punti metallici in acciaio, aventi le seguenti caratteristiche, possono essere utilizzati invece del filo di legatura (Figure. 3, 4):

- diametro 3.00 mm,
- carico di rottura: 170 kg/mm²

Lo spazio fra i punti non deve eccedere i 200 mm (Fig.3)

Richiesta d'offerta

Quando si richiede un'offerta, specificare:

- dimensioni (lunghezza x larghezza x altezza, Tab. 1)
- tipo di maglia
- tipo di rivestimento

ESEMPIO: N. 100 Terramesh® Verde 4x3x0.70m - 60°- tipo di maglia 8x10- Wire 2.2/3.2 mm- rivestimento Galmac e polimerico.



Figura 3 - Punti metallici



Figura 4

2. Combinazioni standard di Maglia-Filo

Tipo	M (mm)	Tolleranza (mm)	Diametro Filo (mm)	Resistenza nominale a rottura (kN/m)	Carico medio a punzonam. (kN)
8x10 Light	80	-0/+10	2.20/3.20	35	40
8x10	80	-0/+10	2.70/3.70	50	67

3. Tipologie standard dei diametri di filo

	Filo della Maglia	Filo Bordatura	Filo di Legatura
Diametro interno filo	ø mm 2.20 2.70	2.70 3.40	2.20
Tolleranza Filo	(±) ø mm 0.06	0.06 (2.70) 0.07 (3.40)	0.06
Q.tà minima rivestim.	gr/m ² 230 (2.20) 245 (2.70)	245 (2.70) 265 (3.40)	230

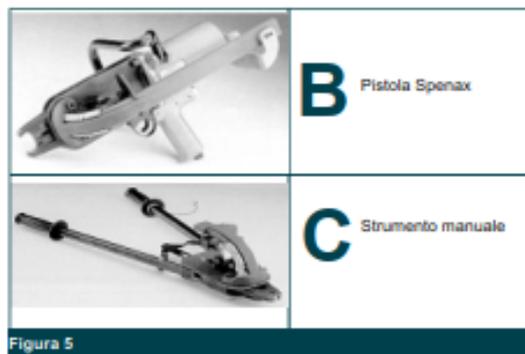
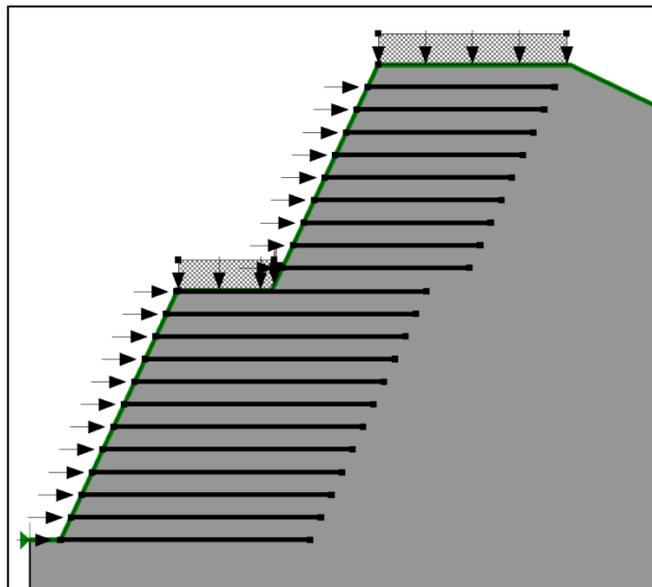
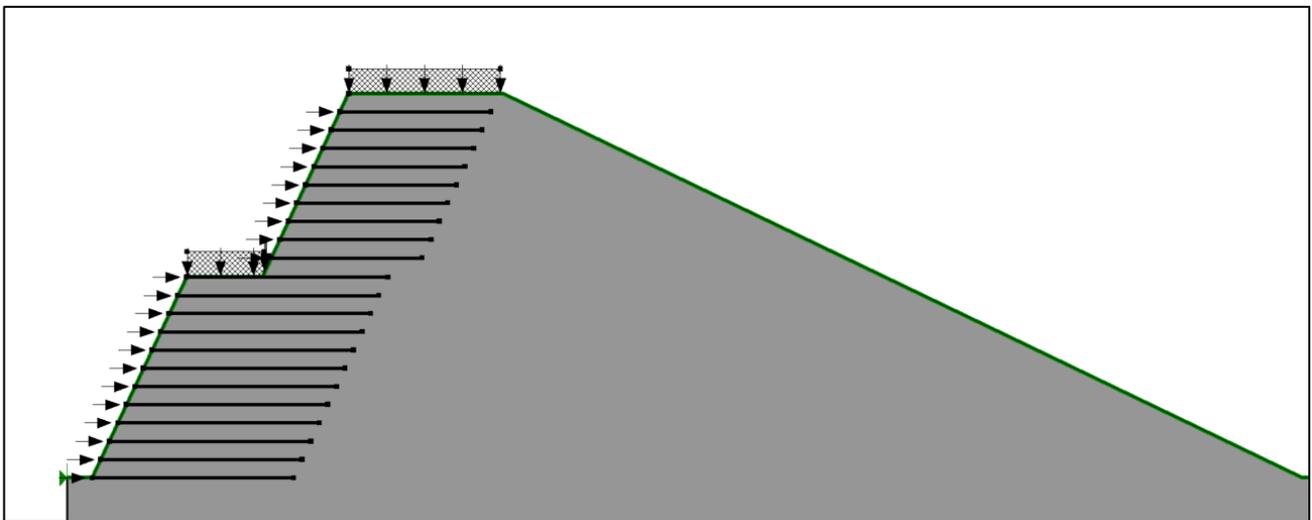
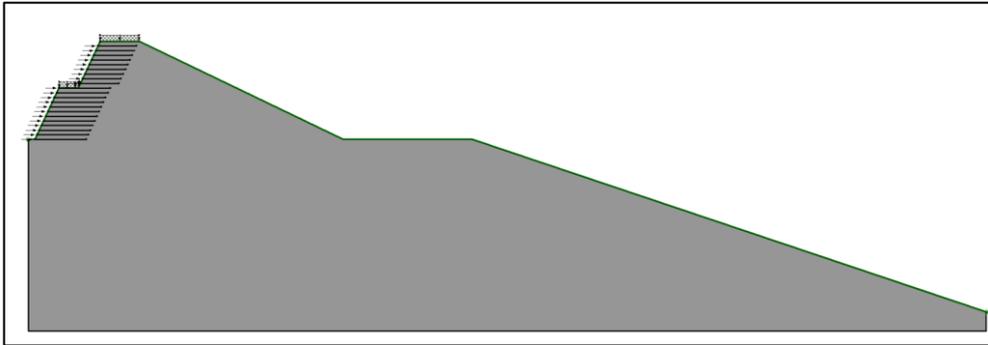


Figura 5

Tale prodotto è da ritenersi indicativo per le caratteristiche riportate nella scheda tecnica. Tale tipologia non risulta rilevante dal punto di vista della fornitura che potrà essere sostituita con una scheda avente caratteristiche prestazionali equivalenti.

15.8 SCHEMA DI CALCOLO

Si riporta di seguito la sezione di verifica delle terre armate nel software SLOPE/W.



Materials

- Ghiaia sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia

Figura 45 - Verifica di stabilità in Slope/W

Si evidenzia che la litologia in sito è costituita da ghiaia , sabbie con ciottoli centimetrici in matrice sabbiosa grigia.

Di seguito, le diverse analisi di stabilità mostrano le possibili superfici di scivolamento coinvolgenti mostrando con diversi colori i fattori di sicurezza.

15.9 VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONE STATICA

15.9.1 Verifica globale - terre armate

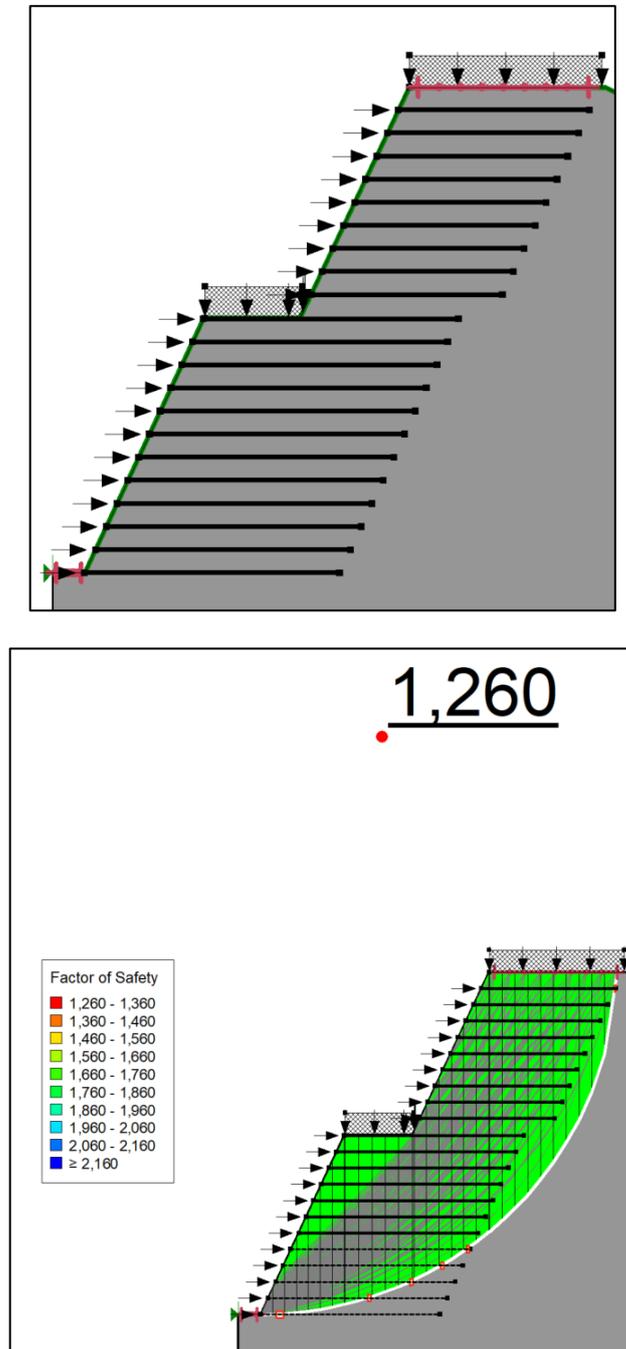


Figura 46 - Verifica di stabilità globale

15.9.2 Verifica locale 1 - terre armate

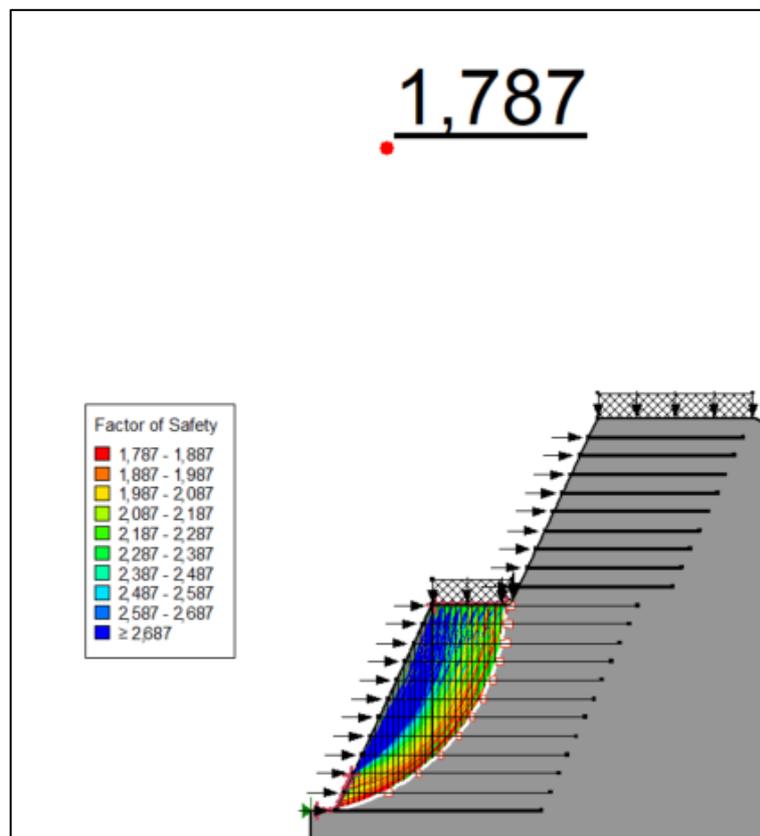
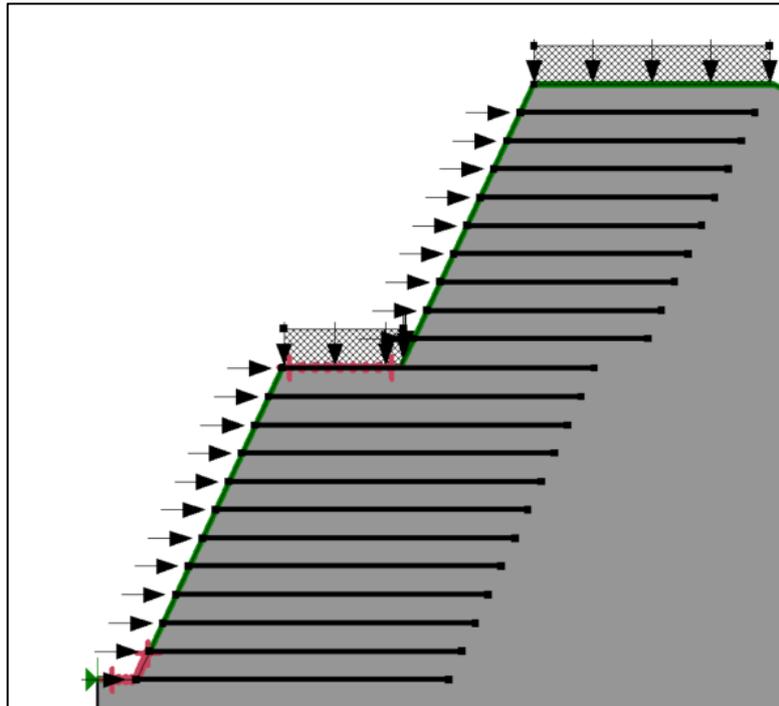


Figura 47 - Verifica di stabilità locale 1

15.9.3 Verifica locale 2 - terre armate

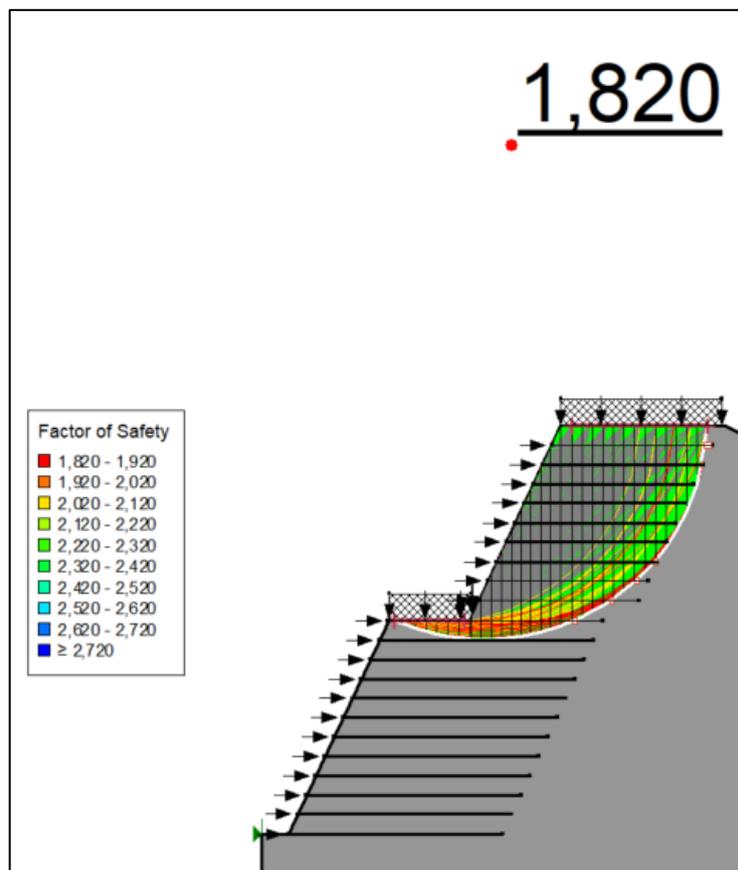
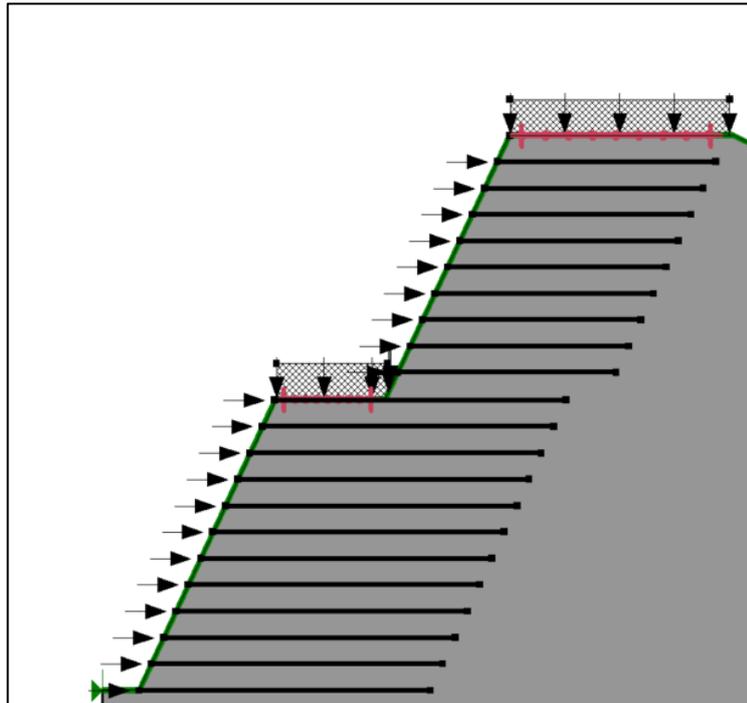


Figura 48 - Verifica di stabilità locale 2

15.9.4 Verifica globale - strada

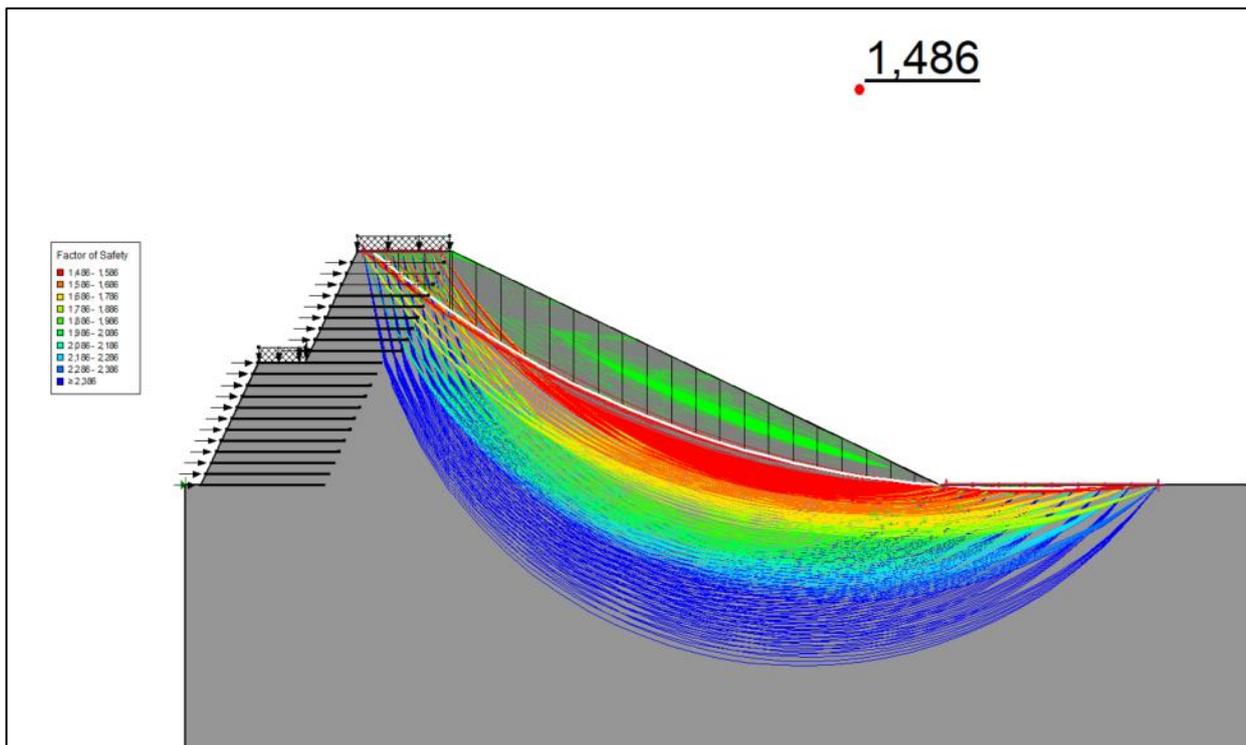
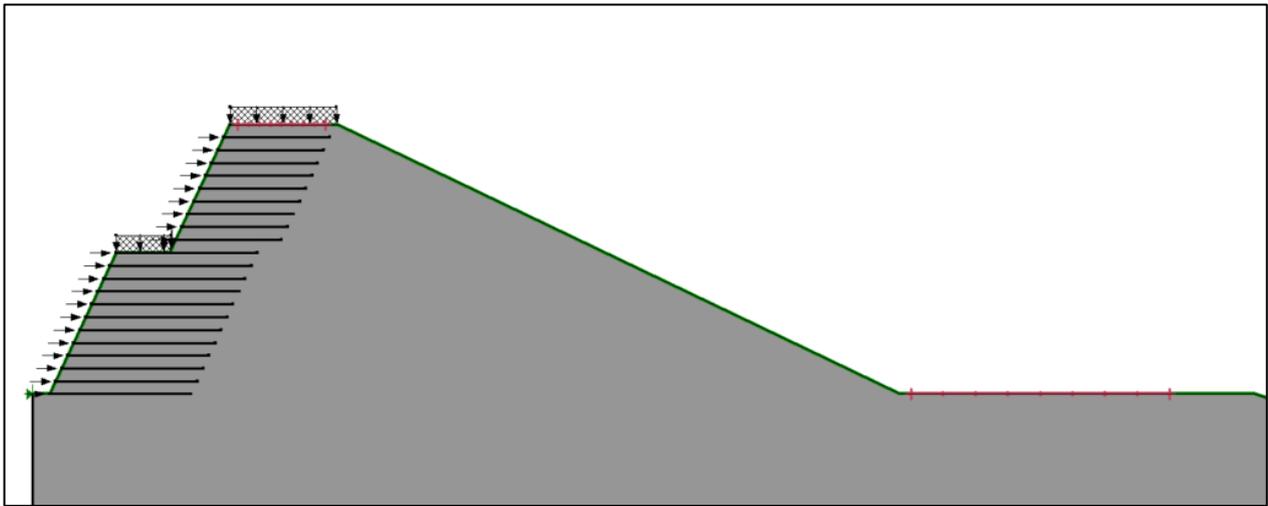


Figura 49 - Verifica di stabilità globale - strada

15.9.5 Verifica globale – strada - cava

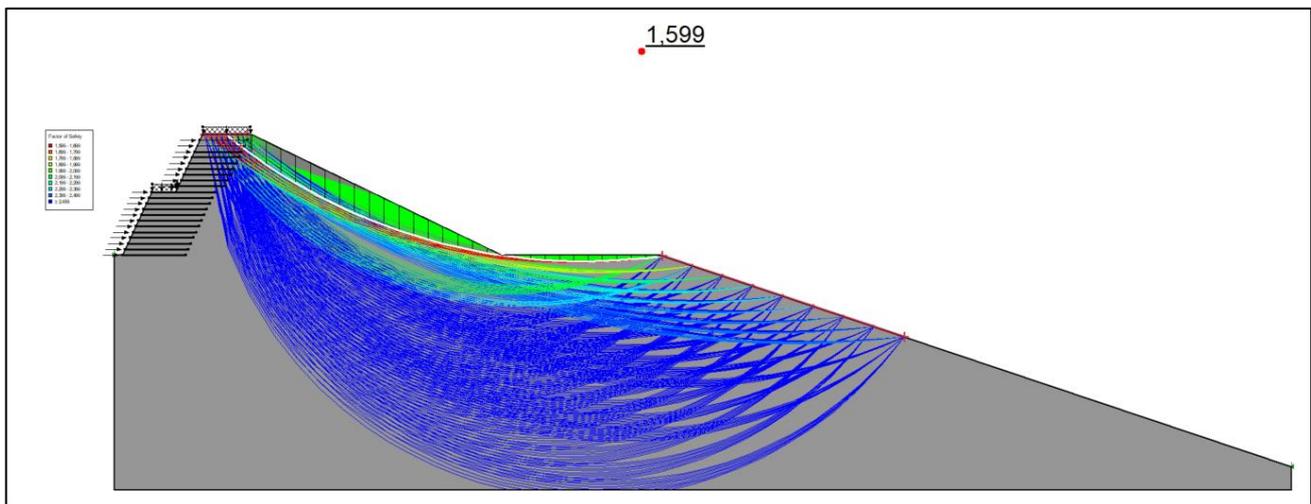
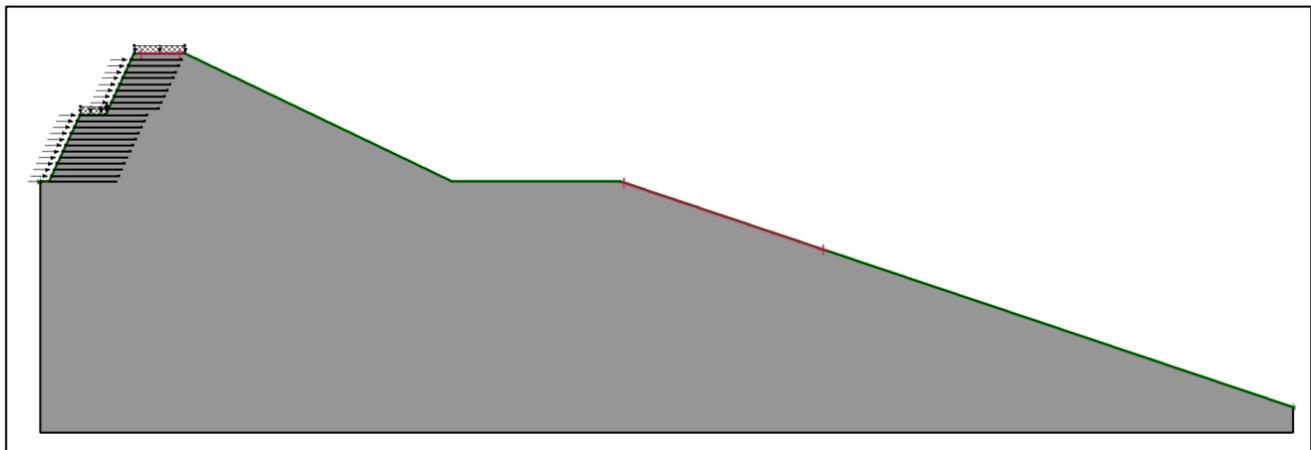


Figura 50 - Verifica di stabilità globale - strada

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva del risultato della verifica in condizione statica.

Analisi	Metodo	Verifica	FSmin	FSrichiesto	Verifica
Statica	Bishop	globale	1,260	1,10	SI
		Locale 1	1,787	1,10	
		Locale 2	1,820	1,10	
		Globale strada	1,486	1,10	
		Globale strada - Cava	1,599	1,10	

Tabella 10 – Tabella riassuntiva della verifica in condizione statica

15.10 VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONE SISMICA

15.10.1 Verifica globale - terre armate

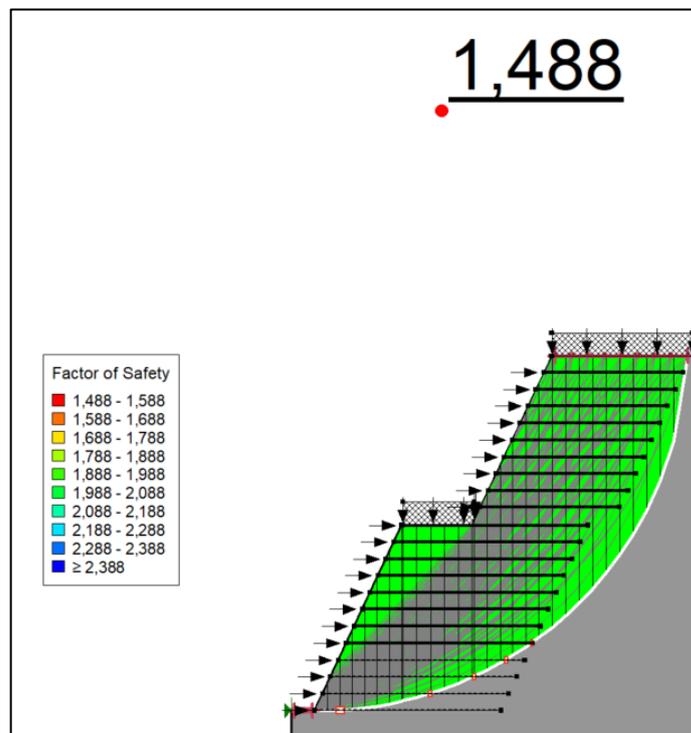
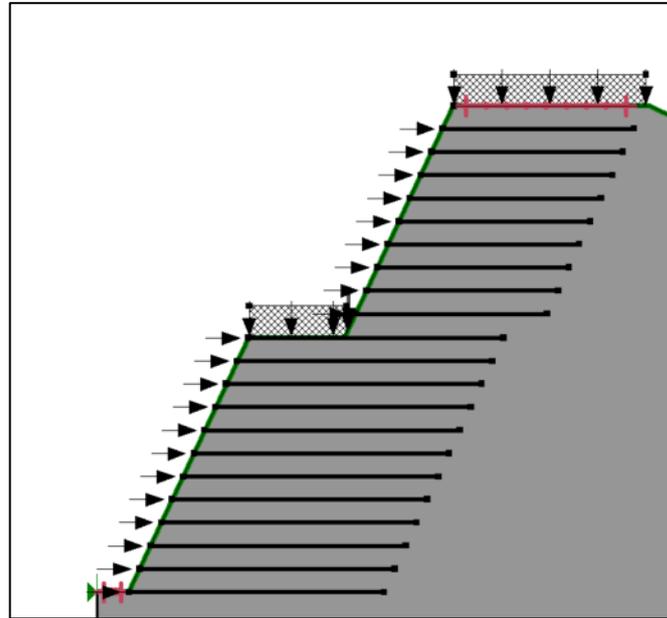


Figura 51 - Verifica di stabilità globale

15.10.2 Verifica locale 1 - terre armate

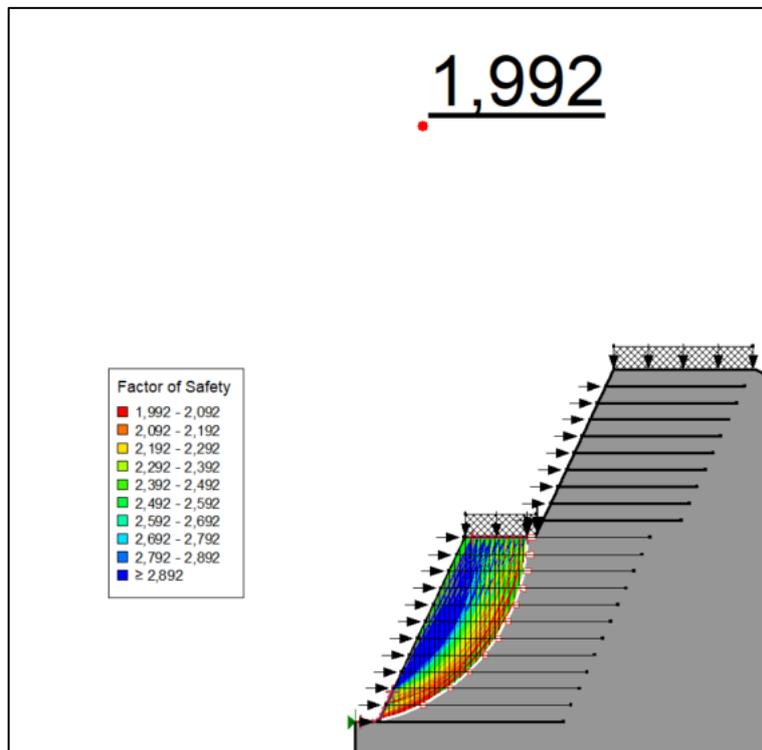
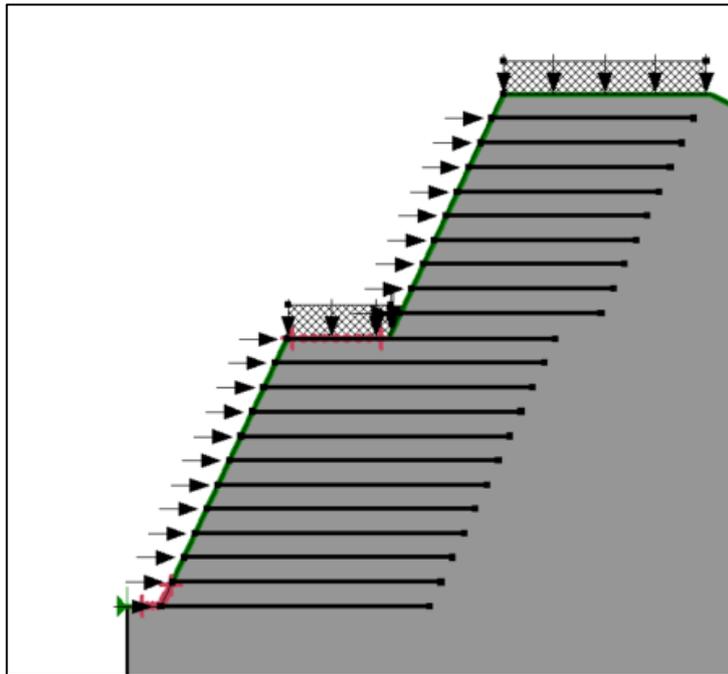


Figura 52 - Verifica di stabilità locale 1

15.10.3 Verifica locale 2 - terre armate

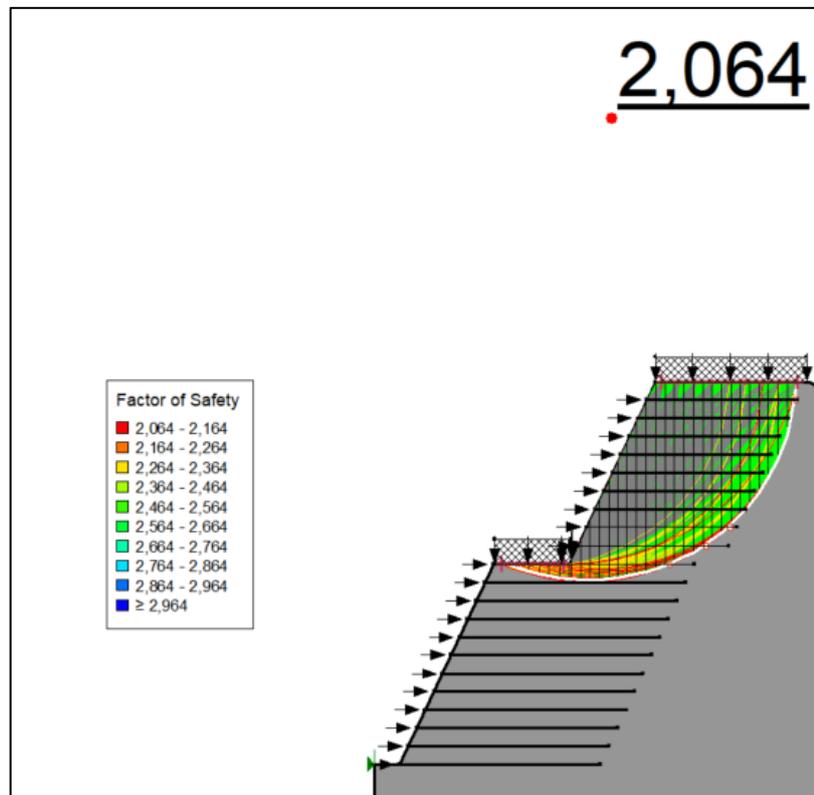
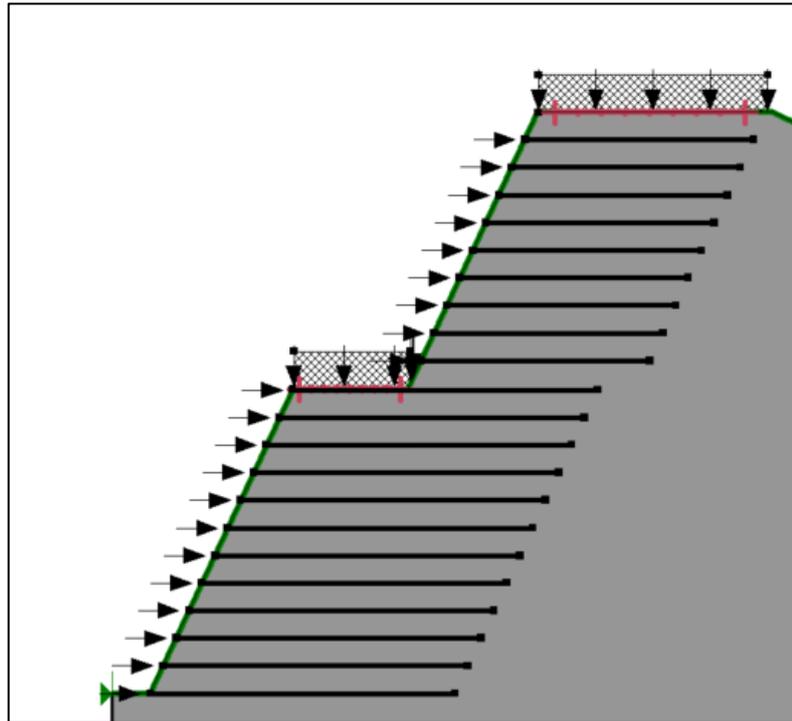


Figura 53 - Verifica di stabilità locale 2

15.10.4 Verifica globale - strada

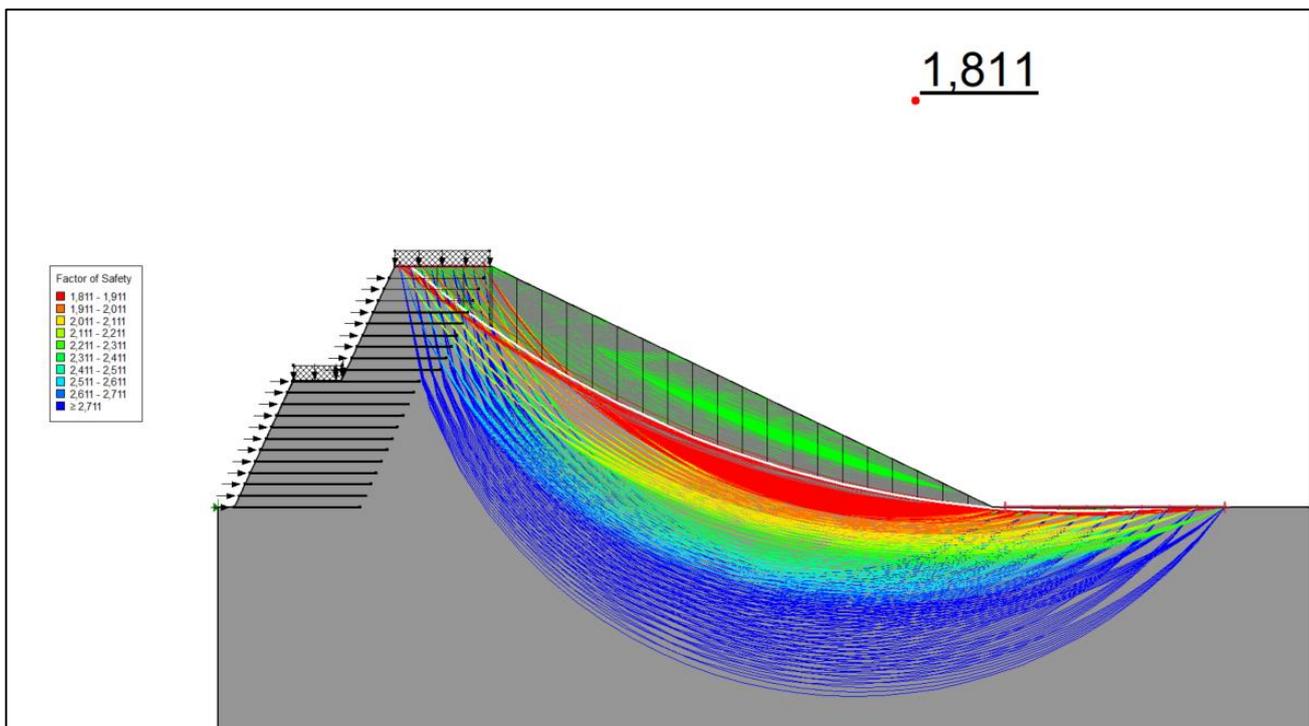
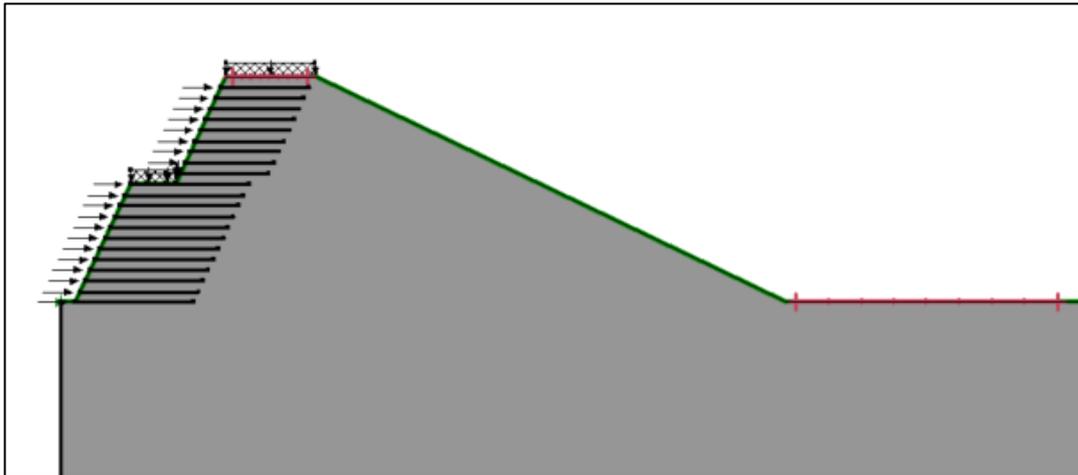


Figura 54 - Verifica di stabilità globale

15.10.5 Verifica globale – strada - cava

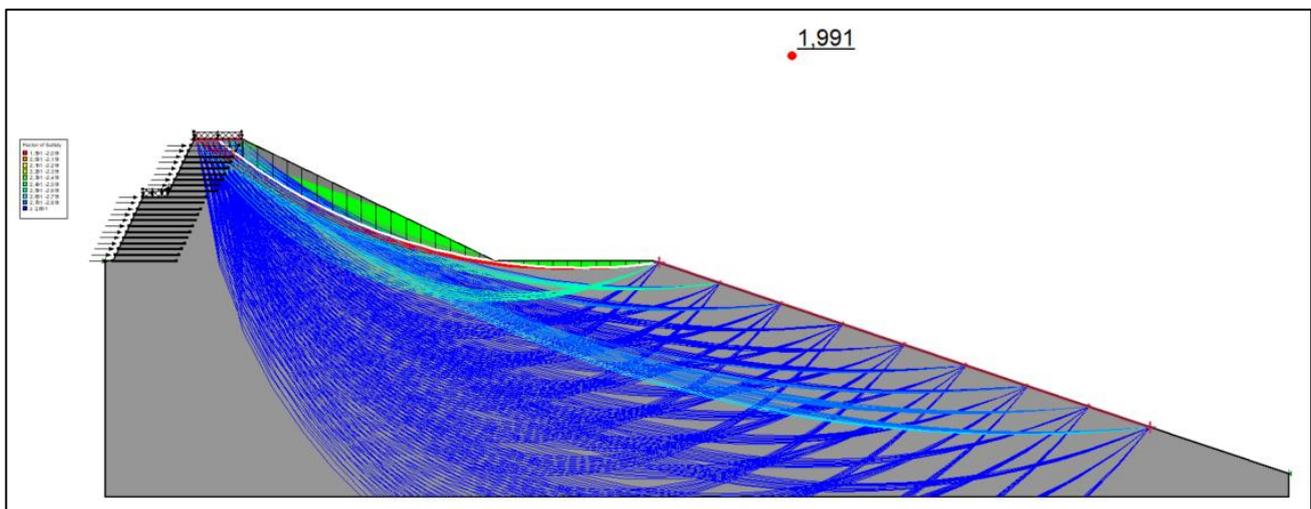
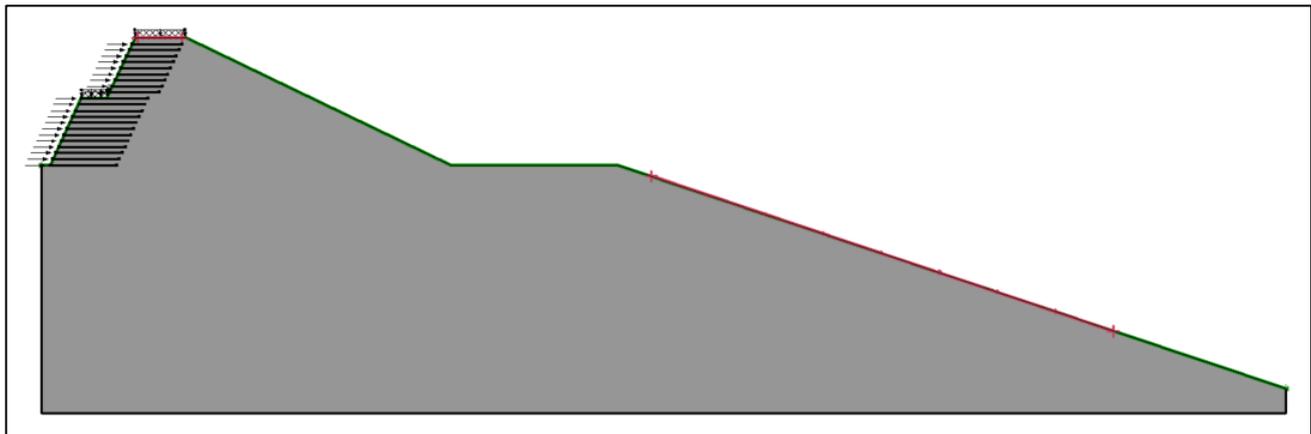


Figura 55 - Verifica di stabilità globale

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva del risultato della verifica in condizione statica.

Analisi	Metodo	Verifica	FSmin	FSrichiesto	Verifica
Sismica	Bishop	globale	1,488	1,20	SI
		Locale 1	1,992	1,20	
		Locale 2	2,064	1,20	
		Globale strada	1,811	1,20	
		Globale strada - Cava	1,991	1,20	

Tabella 11 – Tabella riassuntiva della verifica in condizione sismica

16 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto si conclude quanto segue:

- L'area d'interesse è caratterizzata dalla presenza di terreni a tessitura grossolana alluvionali, costituiti prevalentemente da ghiaie sabbiose, talora differenziati in lenti a debole coesione di modesta estensione laterale, legati allo smantellamento della cerchia morenica eporediese. Lo spessore di tali depositi è compreso tra i 55 e i 60 m.
- Il paleosuolo di questi depositi fluvio-glaciali è caratterizzato dalla presenza superficiale di un debole strato d'alterazione bruno-giallastro che in superficie, per la profondità di alcuni decimetri, è stato profondamente modificato nella composizione e nelle caratteristiche fisico-chimiche dalle colture agrarie.
- Nell'area non sono presenti corsi d'acqua naturali di grosse dimensioni, ma è piuttosto caratterizzata, a causa dell'uso agricolo del suolo, da una fitta rete di canali irrigui dei quali il più importante è il Navilotto (poco a est rispetto all'area d'interesse).
- Lo spessore dei depositi alluvionali è compreso tra i 55 e i 60 m ed ospita la prima falda.
- Al di sotto di tali profondità, da dati bibliografici, si rinvennero i primi livelli argillosi, con andamento talora lenticolare, dello spessore di alcuni metri, indicanti un radicale cambiamento nell'ambiente di deposizione caratterizzato ora da un'alternanza di strati sabbioso-ghiaiosi con strati argillosi, generalmente di spessore metrico sede di una seconda falda in leggera pressione.
- L'area in studio si differenzia per la scarsità di livelli fini interposti e per la maggior profondità della falda superficiale rispetto all'assetto generale della pianura Biellese-Vercellese-Novarese.
- Nel 2022 è stata effettuata una campagna di indagine al fine della caratterizzazione geologica e geotecnica, composta dalle seguenti indagini:
 - n.1 sondaggio a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT in foro spinto fino a -40 m da p.c. attuale (ZC1)
 - n.2 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT in foro spinti fino a -20 m da p.c. attuale (ZC2 e ZC3)
- Per la definizione dal punto di vista sismico dell'area oggetto di studio, vista l'omogeneità dei depositi presenti sono state prese di riferimento n.2 indagini sismiche MASW eseguite nel 2021 per un termovalorizzatore in un'area che dista circa 450 metri.
- Tramite queste indagini il suolo è classificato di **tipo B**
- Per quanto riguarda la classificazione sismica per il territorio di Cavaglià, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019, il comune di Cavaglià è classificato in **sottozona sismica 4**
- I terreni non sono liquefacibili
- L'area non risulta interessata da rischi di esondabilità
- Vista la natura granulare/grossolana dei terreni in sito si ritiene si possa dare corso alla progettazione di fondazioni dirette.
- Secondo le analisi effettuate, tutte le verifiche di stabilità risultano soddisfatte e si ritiene idonea la realizzazione della nuova collina di mitigazione in progetto.

ALLEGATO – CAMPAGNA D'INDAGINE 2022

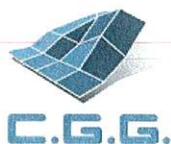
 <p>3BA Ingegneria Integrata</p> <p>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE</p>				Località:			SONDAGGIO			
				Comune di Cavaglià – Loc. Gerbido Via Bertone			N° ZC1			
				Coordinate: Lat: 45.394108° Long: 8.119497°		Piano campagna: 226 mt		DATA 30/05/2022		
Litologia	Profondità (mt.)	Spessore strati (mt.)	PZ	Falda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	S.P.T.			NOTE	
								mt.		
	-1.50	1.00			Riporto con presenza di argilla e ghiaia					
	-3.00	1.00			Ghiale con sabbia	R		-3.00		
	-5.00	2.00			Ghiale in matrice fine					
	-6.00					12	15	21	-6.00	
	-8.00	4.00			Ghiale e ciottoli con fivelli fini					
	-9.00					R			-9.00	
	-12.00	5.00			Ghiale e ciottoli con sabbia					
	-12.00					21	29	34	-12.00	
	-14.50					17	32	28	-15.00	
	-18.00					19	32	36	-18.00	
-21.00	11.00			Ghiale e ciottoli con rara sabbia						
-21.00					25	33	38	-21.00		
-24.00					R			-24.00		
-27.00					14	24	29	-27.00		
-30.00					34	46	41	-30.00		
-33.00	14.00			Ghiale con ciottoli e sabbia						
-33.00					34	33	45	-33.00		
-36.00					28	36	38	-36.00		
-39.00					28	35	41	-39.00		
-48.00										
CAMPIONE: <input checked="" type="checkbox"/> Rimaneggiato <input type="checkbox"/> Indisturbato					CASSETTE CATALOGATRICI		LIVELLO FALDA			
							DATA	Prof. foro	Prof. riv.	Uvelo acqua

 <p>3BA Ingegneria Integrata</p> <p>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE</p>				Località:		SONDAGGIO																							
				Comune di Cavaglià – Loc. Gerbido Via Bertone		N° ZC2																							
				Coordinate: Lat: 45.385264° Long: 8.119629°		Piano campagna: 227 mt		DATA 03/06/2022																					
Litologie	Profondità (mt.)	Spessore strati (mt.)	PZ	Falda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	S.P.T.			NOTE																				
								mt.																					
	-1.50	6.50			Ghiala e ciottoli in matrice fine	R		-3.00																					
						36	R	-6.00																					
	-11.50	11.50			Ghiala e ciottoli con sabbia	38	40	R	-9.00																				
						40	R	-12.00																					
	-18.00	2.00			Ghiala e rari ciottoli con sabbia	R		-15.00																					
						30	33	32		-18.00																			
	-31.00																												
CAMPIONE: ■ Rimaneggiato ● Indisturbato 					CASSETTE CATALOGATRICI		LIVELLO FALDA <table border="1"> <thead> <tr> <th>DATA</th> <th>Prof. foro</th> <th>Prof. rlv.</th> <th>Livello acqua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			DATA	Prof. foro	Prof. rlv.	Livello acqua																
DATA	Prof. foro	Prof. rlv.	Livello acqua																										

 3BA ingegneria integrata INDAGINI GEONOSTICHE E GEOTECNICHE				Località:			SONDAGGIO			
				Comune di Cavaglià – Loc. Gerbido Via Bertone			N° ZC3			
				Coordinate: Lat: 45.385780° Long: 8.120480°		Piano campagna: 226 mt		DATA 06/06/2022		
Litologia	Profondità (mt.)	Spessore strati (mt.)	PZ	Falda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	S.P.T.			NOTE	
								mt.		
		7.50			Ghiala e ciottoli in matrice fine	22	25	26	-3.00	
	-7.50									
		10.00			Ghiala e ciottoli con sabbia	31	38	36	-6.00	
	-10.00					R			-9.00	
	-17.50									
		2.50			Ghiala e rari ciottoli con sabbia	29	38	R	-12.00	
	-18.00					40	38	36	-15.00	
	-33.00					37	40	36	-18.00	

CAMPIONE: ■ Rimaneggiato ● Indisturbato		CASSETTE CATALOGATRICI	LIVELLO FALDA			
 Reticolo  Tonda  Smerla  Ghiaia  Limo  Argilla			DATA	Prof. zero	Prof. riv.	Livello acqua

ALLEGATO - CERTIFICATI DI LABORATORIO



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.

LOCALITÀ: Cavaglià

CANTIERE: Cavaglià

Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC1

CAMPIONE: CR1

PROFONDITÀ (m): 3,00

DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 606,80

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	606,80	100,00
75	0,00	606,80	100,00
38,1	0,00	606,80	100,00
25,4	83,21	523,59	86,29
19,05	139,07	467,73	77,08
12,7	230,17	376,63	62,07
9,5	282,68	324,12	53,41
4,75	357,69	249,11	41,05
2	428,56	178,24	29,37
1	470,19	136,61	22,51
0,425	509,44	97,36	16,04
0,25	524,64	82,16	13,54
0,125	539,58	67,22	11,08
0,075	546,83	59,97	9,88

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC1 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022

temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H

massa terreno alla sedimentazione (g): 25,37

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,068	17,5	9,67
60	0,049	16	8,55
120	0,035	15,5	8,17
300	0,022	14	7,04
600	0,016	13	6,29
1200	0,011	11,5	5,17
2400	0,008	10,5	4,42
4800	0,006	10	4,04
14400	0,003	9	3,29
86400	0,001	8	2,54

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	58,9
% sabbia	31,2
% limo	6,0
% argilla	3,9

commessa:
141/22

settore:
04

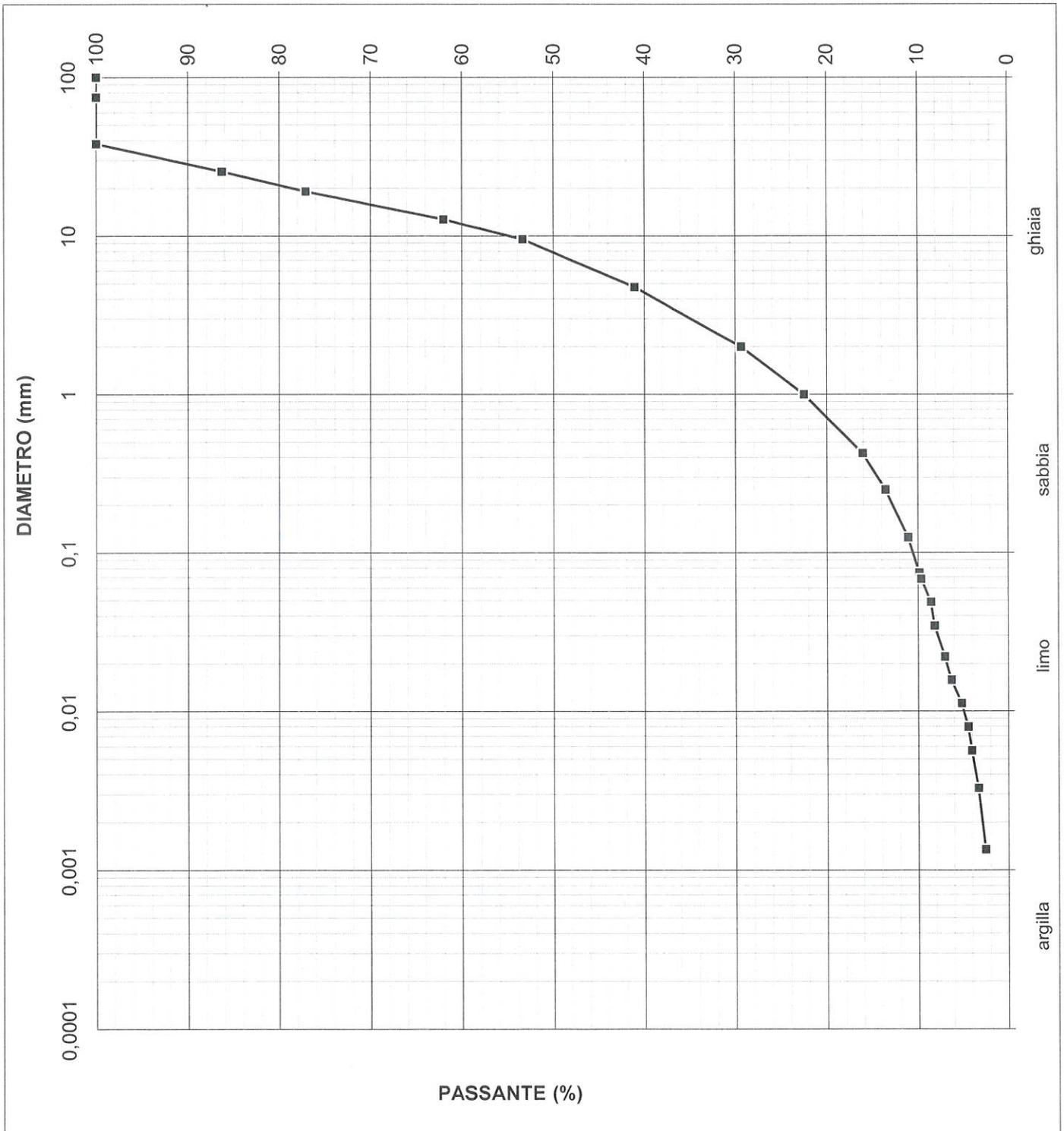
id. campione:
ZC1 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC1 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.
LOCALITÀ: Cavaglià
CANTIERE: Cavaglià
Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC1
CAMPIONE: CR2
PROFONDITÀ (m): 5,00
DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 1011,65

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	1011,65	100,00
75	0,00	1011,65	100,00
38,1	122,05	889,60	87,94
25,4	233,24	778,41	76,94
19,05	283,58	728,07	71,97
12,7	368,72	642,93	63,55
9,5	406,20	605,45	59,85
4,75	497,78	513,87	50,80
2	592,11	419,54	41,47
1	656,36	355,29	35,12
0,425	730,12	281,53	27,83
0,25	762,09	249,56	24,67
0,125	801,94	209,71	20,73
0,075	821,04	190,61	18,84

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC1 CR2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 49,77

tempo (s)	ϕ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,064	29	18,23
60	0,046	25,5	15,61
120	0,033	22,5	13,37
300	0,022	18	10,01
600	0,016	14,5	7,39
1200	0,011	12,5	5,90
2400	0,008	10	4,03
4800	0,006	9	3,28
14400	0,003	7,5	2,16
86400	0,001	6,5	1,41

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	49,2
% sabbia	32,0
% limo	15,8
% argilla	3,0

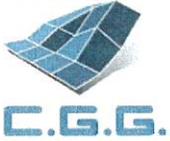
commessa:
141/22

settore:
04

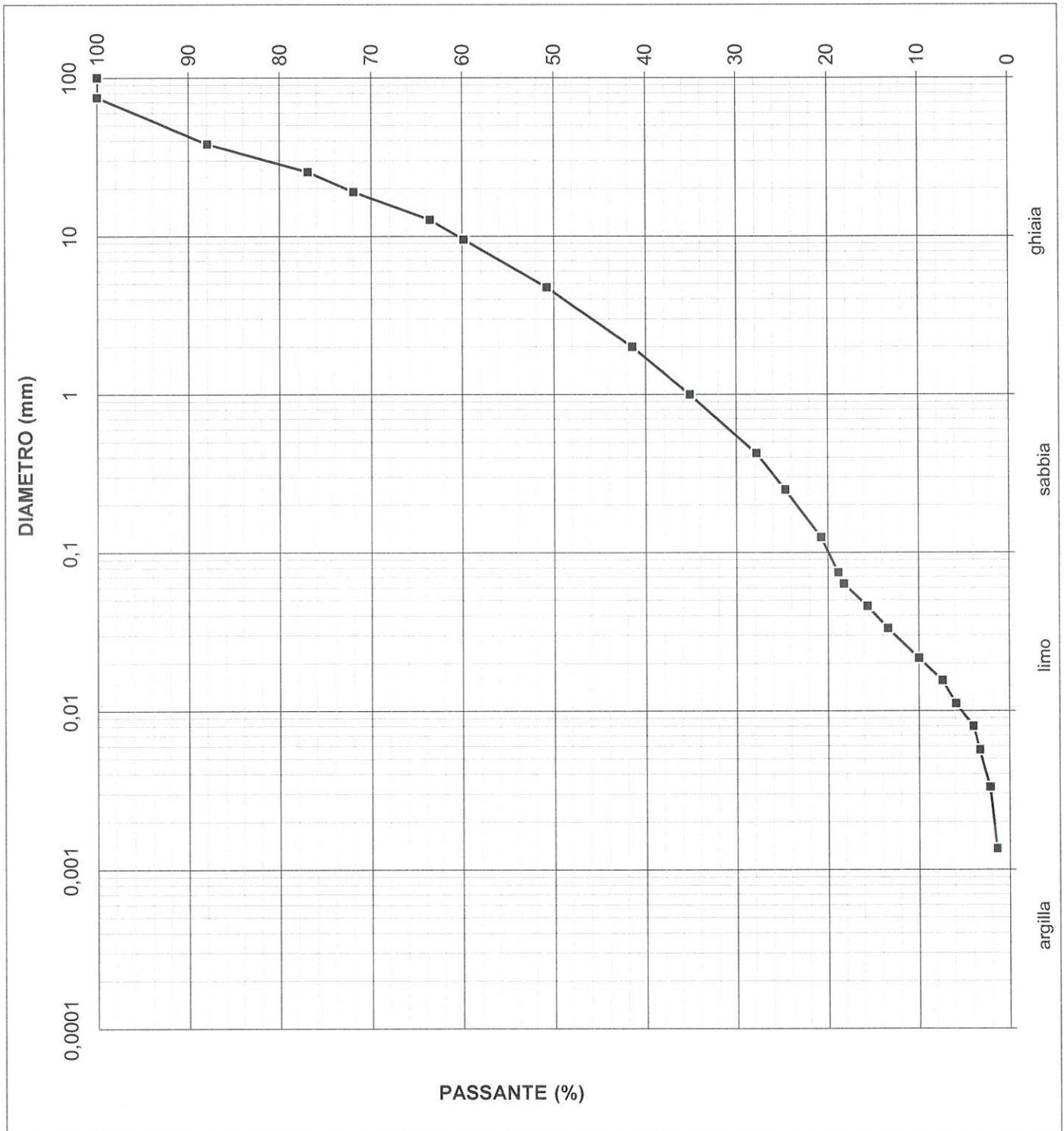
id. campione:
ZC1 CR2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



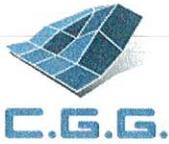
commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC1 CR2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.

LOCALITÀ: Cavaglià

CANTIERE: Cavaglià

Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC1

CAMPIONE: CR3

PROFONDITÀ (m): 10,00

DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 769,41

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	769,41	100,00
75	0,00	769,41	100,00
38,1	0,00	769,41	100,00
25,4	110,85	658,56	85,59
19,05	189,81	579,60	75,33
12,7	259,36	510,05	66,29
9,5	323,28	446,13	57,98
4,75	405,18	364,23	47,34
2	470,68	298,73	38,83
1	523,83	245,58	31,92
0,425	565,73	203,68	26,47
0,25	582,03	187,38	24,35
0,125	600,23	169,18	21,99
0,075	609,56	159,85	20,78

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC1 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 45,43

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,064	28	20,40
60	0,046	25,5	18,22
120	0,033	22,5	15,60
300	0,022	16,5	10,37
600	0,016	15	9,06
1200	0,011	12	6,45
2400	0,008	10	4,70
4800	0,006	7	2,09
14400	0,003	6,5	1,65
86400	0,001	5,5	0,78

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	52,7
% sabbia	26,6
% limo	18,8
% argilla	2,0

commessa:
141/22

settore:
04

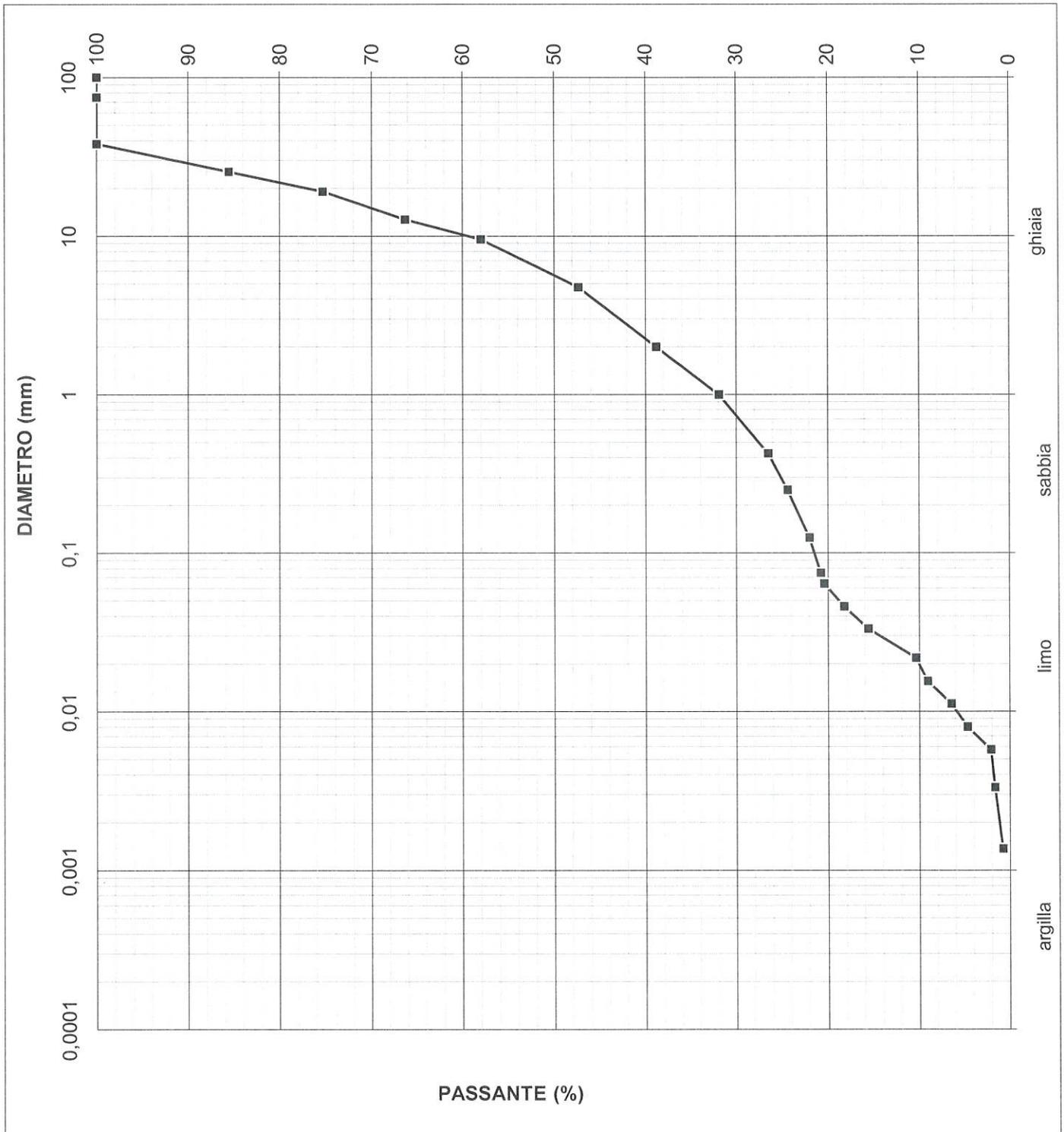
id. campione:
ZC1 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



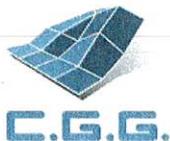
commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC1 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.

LOCALITÀ: Cavaglià

CANTIERE: Cavaglià

Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC2

CAMPIONE: CR1

PROFONDITÀ (m): 3,00

DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 662,03

\emptyset / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	662,03	100,00
75	0,00	662,03	100,00
38,1	0,00	662,03	100,00
25,4	28,55	633,48	95,69
19,05	107,56	554,47	83,75
12,7	228,34	433,69	65,51
9,5	283,89	378,14	57,12
4,75	359,16	302,87	45,75
2	429,49	232,54	35,13
1	474,04	187,99	28,40
0,425	518,44	143,59	21,69
0,25	537,60	124,43	18,80
0,125	561,50	100,53	15,19
0,075	574,47	87,56	13,23

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC2 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 41,87

tempo (s)	Ø equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,064	27	12,64
60	0,047	23,5	10,67
120	0,034	19,5	8,41
300	0,022	17	7,00
600	0,016	13	4,74
1200	0,011	12	4,17
2400	0,008	9,5	2,76
4800	0,006	8,5	2,20
14400	0,003	7	1,35
86400	0,001	6,5	1,07

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	54,3
% sabbia	32,5
% limo	11,2
% argilla	2,0

commessa:
141/22

settore:
04

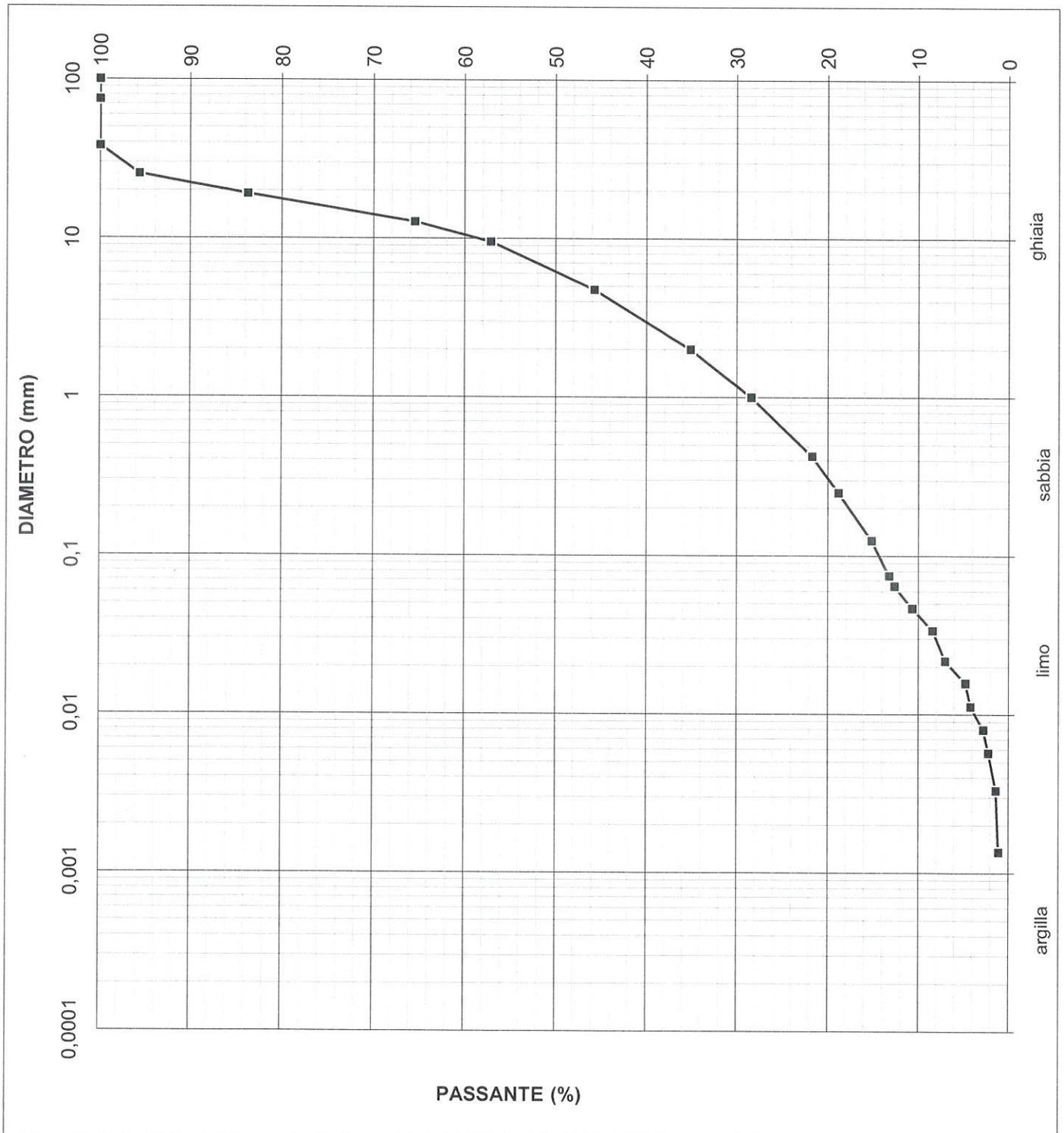
id. campione:
ZC2 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



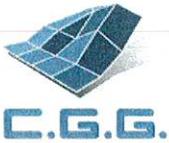
commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC2 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.
LOCALITÀ: Cavaglià
CANTIERE: Cavaglià
Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC2
CAMPIONE: CR2
PROFONDITÀ (m): 5,00
DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 820,55

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	820,55	100,00
75	0,00	820,55	100,00
38,1	0,00	820,55	100,00
25,4	90,70	729,85	88,95
19,05	168,96	651,59	79,41
12,7	230,56	589,99	71,90
9,5	287,76	532,79	64,93
4,75	400,00	420,55	51,25
2	491,33	329,22	40,12
1	550,15	270,40	32,95
0,425	608,22	212,33	25,88
0,25	632,36	188,19	22,93
0,125	663,88	156,67	19,09
0,075	679,63	140,92	17,17

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC2 CR2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 35,13

tempo (s)	ϕ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,065	25,5	16,64
60	0,047	23	14,65
120	0,033	21,5	13,45
300	0,022	18,5	11,06
600	0,015	16	9,07
1200	0,011	14,5	7,88
2400	0,008	12,5	6,29
4800	0,006	10,5	4,69
14400	0,003	8	2,70
86400	0,001	6,5	1,51

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	48,7
% sabbia	34,1
% limo	12,9
% argilla	4,2

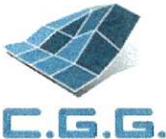
commessa:
141/22

settore:
04

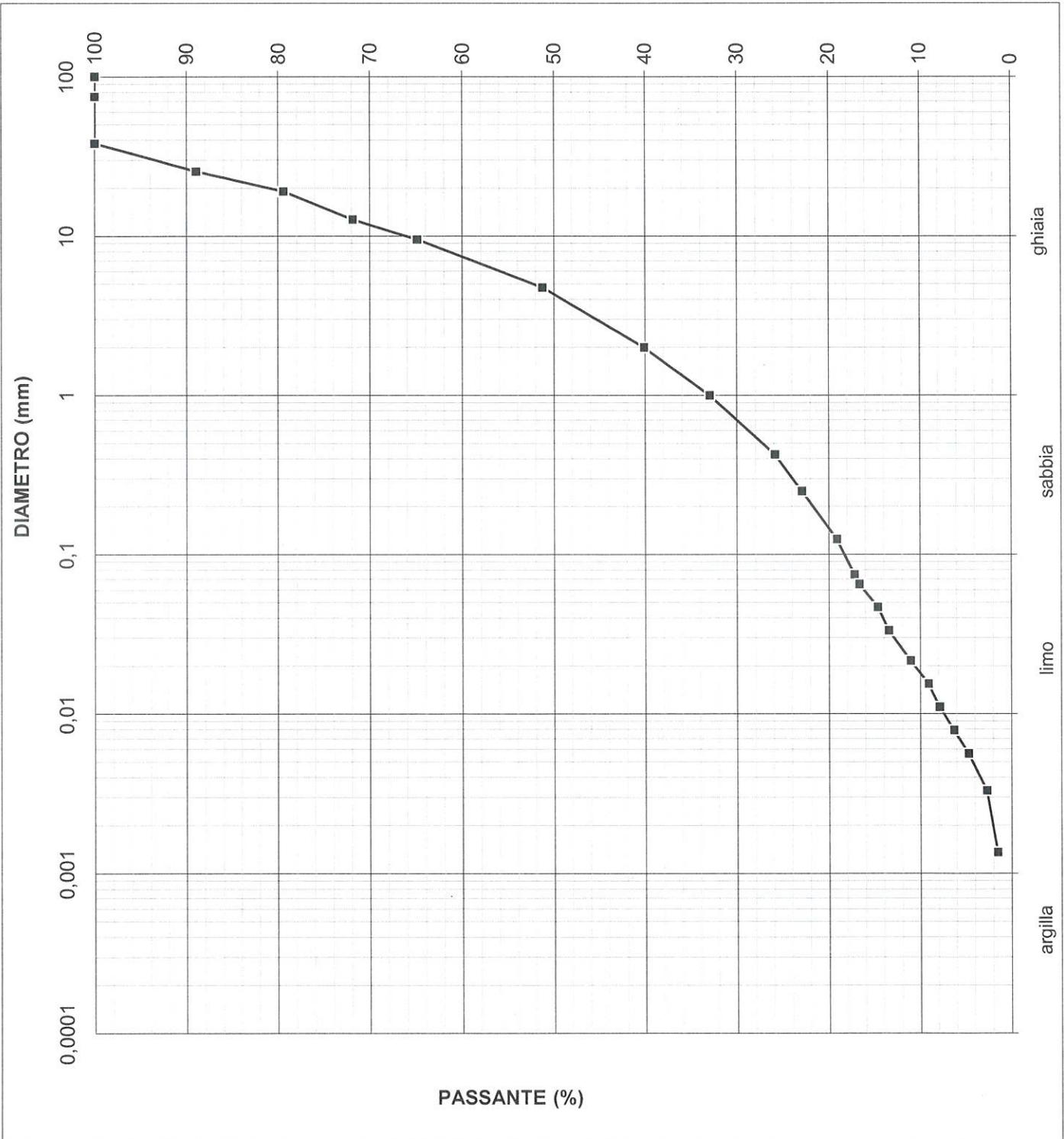
id. campione:
ZC2 CR2

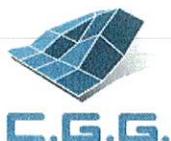
lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio





COMMITTENTE: 3BA s.r.l.

LOCALITÀ: Cavaglià

CANTIERE: Cavaglià

Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC2

CAMPIONE: CR3

PROFONDITÀ (m): 10,00

DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 573,11

\emptyset / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	573,11	100,00
75	0,00	573,11	100,00
38,1	0,00	573,11	100,00
25,4	28,55	544,56	95,02
19,05	110,88	462,23	80,65
12,7	192,09	381,02	66,48
9,5	254,20	318,91	55,65
4,75	315,80	257,31	44,90
2	360,95	212,16	37,02
1	399,90	173,21	30,22
0,425	445,40	127,71	22,28
0,25	467,55	105,56	18,42
0,125	489,43	83,68	14,60
0,075	504,36	68,75	12,00

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC2 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 31,15

tempo (s)	ϕ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,065	26	11,25
60	0,047	21,5	8,89
120	0,034	18,5	7,31
300	0,022	16	5,99
600	0,016	14,5	5,20
1200	0,011	12,5	4,15
2400	0,008	10	2,84
4800	0,006	9	2,31
14400	0,003	7,5	1,52
86400	0,001	6	0,73

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	55,1
% sabbia	32,9
% limo	9,9
% argilla	2,1

commessa:
141/22

settore:
04

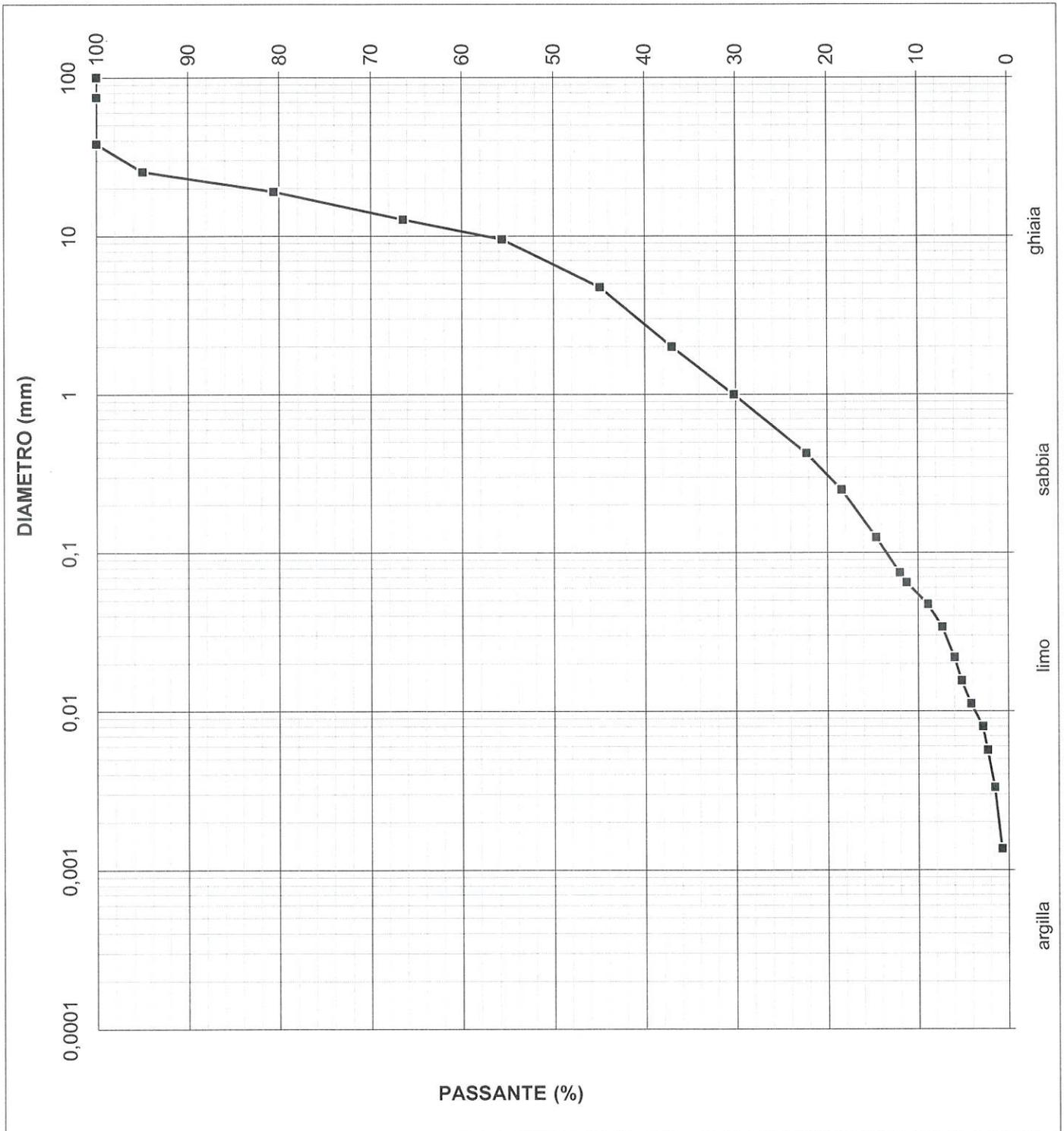
id. campione:
ZC2 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC2 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.
LOCALITÀ: Cavaglià
CANTIERE: Cavaglià
Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC3
CAMPIONE: CR1
PROFONDITÀ (m): 3,00
DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 416,92

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	416,92	100,00
75	0,00	416,92	100,00
38,1	0,00	416,92	100,00
25,4	24,57	392,35	94,11
19,05	98,27	318,65	76,43
12,7	161,73	255,19	61,21
9,5	194,74	222,18	53,29
4,75	244,95	171,97	41,25
2	280,32	136,60	32,76
1	301,96	114,96	27,57
0,425	328,77	88,15	21,14
0,25	340,67	76,25	18,29
0,125	353,06	63,86	15,32
0,075	361,77	55,15	13,23

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC3 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 36,51

tempo (s)	ϕ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,064	27	12,61
60	0,046	24,5	11,20
120	0,033	21,5	9,51
300	0,022	18,5	7,82
600	0,015	16	6,41
1200	0,011	13,5	5,01
2400	0,008	11,5	3,88
4800	0,006	8,5	2,19
14400	0,003	7	1,35
86400	0,001	6	0,78

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	58,8
% sabbia	28,0
% limo	11,2
% argilla	2,0

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC3 CR1

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.
LOCALITÀ: Cavaglià
CANTIERE: Cavaglià
Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC3
CAMPIONE: CR2
PROFONDITÀ (m): 5,00
DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 22/06/2022

massa terreno setacciato (g): 594,94

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	594,94	100,00
75	0,00	594,94	100,00
38,1	0,00	594,94	100,00
25,4	35,68	559,26	94,00
19,05	127,68	467,26	78,54
12,7	188,32	406,62	68,35
9,5	215,19	379,75	63,83
4,75	276,96	317,98	53,45
2	320,13	274,81	46,19
1	361,12	233,82	39,30
0,425	408,78	186,16	31,29
0,25	428,23	166,71	28,02
0,125	451,88	143,06	24,05
0,075	464,93	130,01	21,85

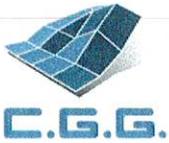
commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC3 CR2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 22/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 29,48

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,065	25,5	21,24
60	0,047	22,5	18,19
120	0,034	20	15,65
300	0,022	18,5	14,13
600	0,015	16,5	12,09
1200	0,011	14	9,55
2400	0,008	12,5	8,02
4800	0,006	9,5	4,97
14400	0,003	7,5	2,94
86400	0,001	6	1,41

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	46,6
% sabbia	31,6
% limo	17,4
% argilla	4,5

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC3 CR2

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



COMMITTENTE: 3BA s.r.l.

LOCALITÀ: Cavaglià

CANTIERE: Cavaglià

Data di accettazione: 18/06/2022

SONDAGGIO: ZC3

CAMPIONE: CR3

PROFONDITÀ (m): 10,00

DATA PRELIEVO: 07/06/2022

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 23/06/2022

massa terreno setacciato (g): 671,85

\varnothing / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
100	0,00	671,85	100,00
75	0,00	671,85	100,00
38,1	0,00	671,85	100,00
25,4	92,15	579,70	86,28
19,05	163,23	508,62	75,70
12,7	268,94	402,91	59,97
9,5	329,10	342,75	51,02
4,75	406,32	265,53	39,52
2	467,63	204,22	30,40
1	508,29	163,56	24,34
0,425	546,08	125,77	18,72
0,25	564,28	107,57	16,01
0,125	582,85	89,00	13,25
0,075	593,77	78,08	11,62

commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC3 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 23/06/2022
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 38,88

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,066	23	11,22
60	0,047	22	10,61
120	0,034	19,5	9,09
300	0,022	17,5	7,87
600	0,016	14,5	6,04
1200	0,011	12,5	4,82
2400	0,008	11	3,90
4800	0,006	9,5	2,98
14400	0,003	8	2,07
86400	0,001	7,5	1,76

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	60,5
% sabbia	27,9
% limo	8,9
% argilla	2,8

commessa:
141/22

settore:
04

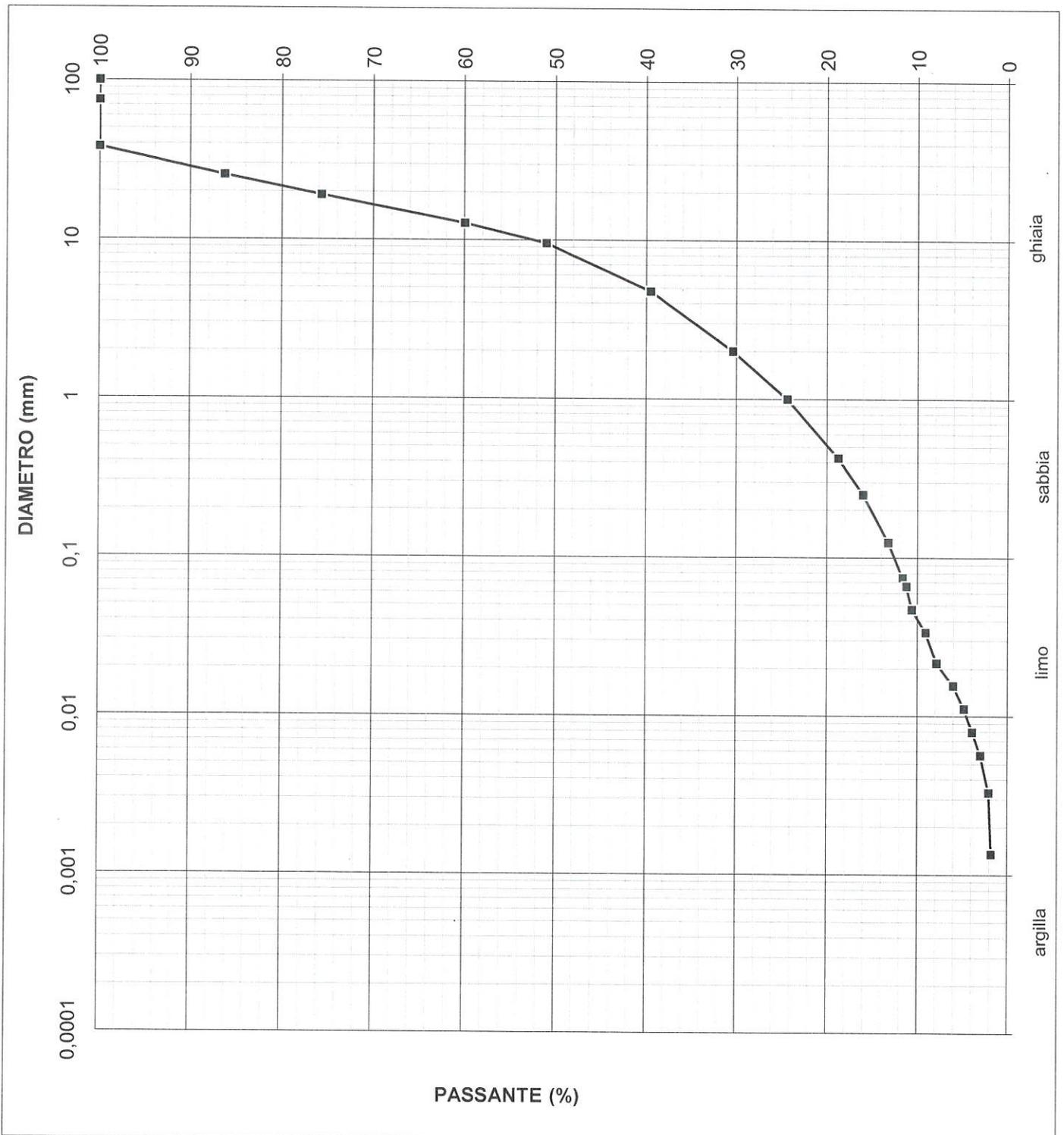
id. campione:
ZC3 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:
141/22

settore:
04

id. campione:
ZC3 CR3

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Massimiliano Galli