



**CIVETA**  
Consorzio Intercomunale del Vastese  
Ecologia e Tutela dell'Ambiente

Consorzio Intercomunale C.I.V.E.T.A. Ecologia e Tutela Ambientale  
Impianto di Compostaggio e Riciclaggio Piattaforma Ecologica  
C.da Valle Cena Cupello (CH) [www.civeta.it](http://www.civeta.it)

Progetto:

"Procedimento di Riesame con valenza di Rinnovo ai sensi dell'art. 29-octies  
del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. dell'AIA DPC 026/02 del 23/07/2015 –  
CONSORZIO INTERCOMUNALE C.I.V.E.T.A."

**"Progetto di chiusura delle discariche"**  
**Contrada Valle Cena nel Comune di CUPELLO (CH)**

Elaborato:

**VERIFICHE DI STABILITA'**

Geologo:

**Dott. Geol. Nicola Tullo**



Atessa, ottobre 2022

(Il presente elaborato è costituito da n. 48 pagine esclusa la copertina)

## **INDICE**

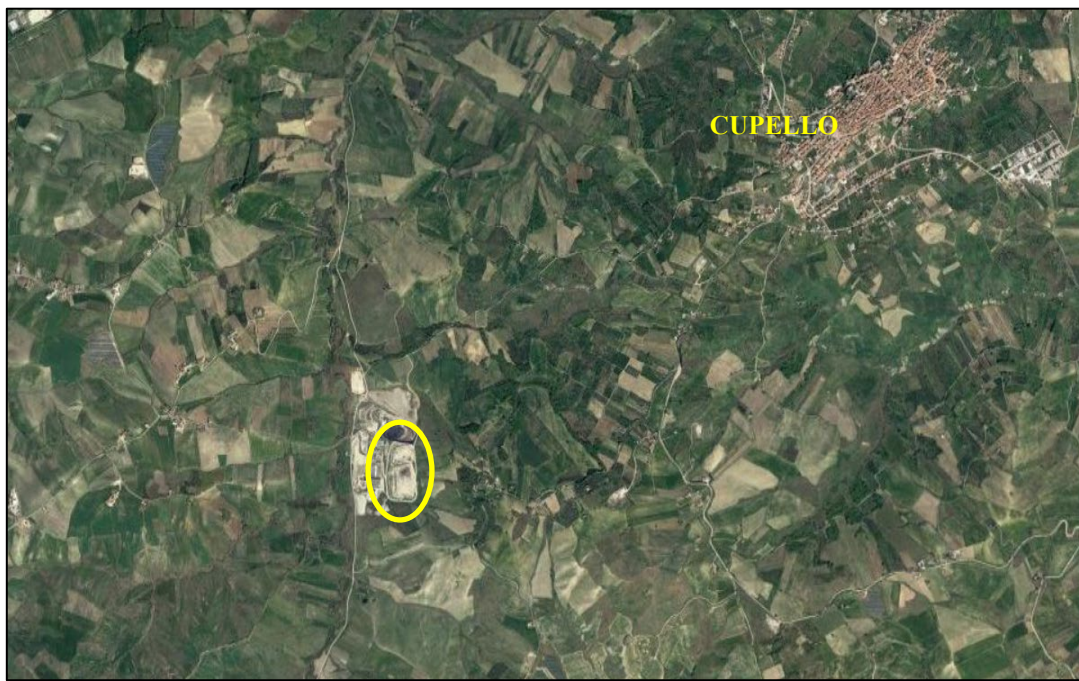
<b>1.0 PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2.0 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
<b>3.0 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>3</b>
<b>4.0 MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO</b>	<b>4</b>
<b>5.0 MODELLAZIONE SISMICA</b>	<b>7</b>
<i>5.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento</i>	<i>7</i>
<i>5.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno</i>	<i>9</i>
<i>5.3 Categoria di suolo di fondazione</i>	<i>10</i>
<i>5.4 Condizioni topografiche e amplificazione topografica</i>	<i>11</i>
<i>5.5 Pericolosità sismica di base</i>	<i>12</i>
<i>5.6 Pericolosità sismica di sito</i>	<i>14</i>
<b>6.0 VERIFICHE DI STABILITA'</b>	<b>17</b>
<b>7.0 CONCLUSIONI</b>	<b>22</b>

In allegato:

- Report verifiche di stabilità

## 1.0 PREMESSA

Su incarico del *Consorzio Intercomunale C.I.V.E.T.A.* sono state eseguite verifiche di stabilità per la chiusura della discarica di R.S.U., in Contrada Valle Cena nel Comune di CUPELLO (CH).



*Fig. 1 - Veduta aerea impianto C.I.V.E.T.A. – Valle Cena*

Il progetto prevede la chiusura definitiva della discarica, costituita da due vasche, mediante la realizzazione di un capping: la presente relazione, quindi, è finalizzata a verificare, sulla base del progetto di chiusura e delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area dell'impianto, la stabilità complessiva della discarica.

## **2.0 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento per la presente verifica di stabilità del pendio è costituita dalle Norme Tecniche per le costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 - Aggiornamento delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» - Pubblicato nel Supplemento ordinario alla «Gazzetta Ufficiale», n. 42 del 20 febbraio 2018 – Serie generale, nonché la relativa circolare ministeriale “*Circolare applicativa delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*» approvate con D.M. 17 gennaio 2018”.

### **3.0 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area di cui si tratta è ubicata in località Valle Cena, a Sud Ovest dell'abitato di Cupello, dal quale dista circa 3.000 m in linea d'aria.

In particolare, il sito, posto nelle vicinanze del Torrente Cena, affluente in sinistra idrografica del Fiume Sinello, è caratterizzato da una superficie topografica subpianeggiante nella parte bassa e debolmente pendente nella zona più alta, in prossimità della discarica consortile, e non mostra segni di dissesto.

Il territorio è caratterizzato da terreni della successione marina del Pliocene-Pleistocene: nell'area in esame affiora l'*Associazione pelitico-sabbiosa (FMT<sub>a</sub>)* della *Formazione di Mutignano*. Si tratta di argille ed argille più o meno marnose, variamente siltose, generalmente micacee, a luoghi con frustoli carboniosi, di colore prevalentemente grigio scuro.

I versanti argillosi risultano ricoperti da *depositi eluvio-colluviali* costituiti da limi, argille e sabbie limose, con colorazioni dall'avana al bruno-rossiccio, con frequenti concrezioni calcaree biancastre. Sono caratterizzati da struttura interna generalmente massiva e costituiscono il prodotto di alterazione dei depositi pelitico-sabbiosi della successione terrigena. Il limite inferiore è costituito da sfumature di colore con la sottostante successione pelitica.

#### **4.0 MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO**

I modelli geologico e geotecnico sono stati ricostruiti attraverso la consultazione delle numerose indagini che sono state eseguite negli anni nell'area dell'impianto. Si tratta di sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche CPT e prospezioni sismiche.



**Fig. 4– Ubicazione indagini geognostiche di riferimento**

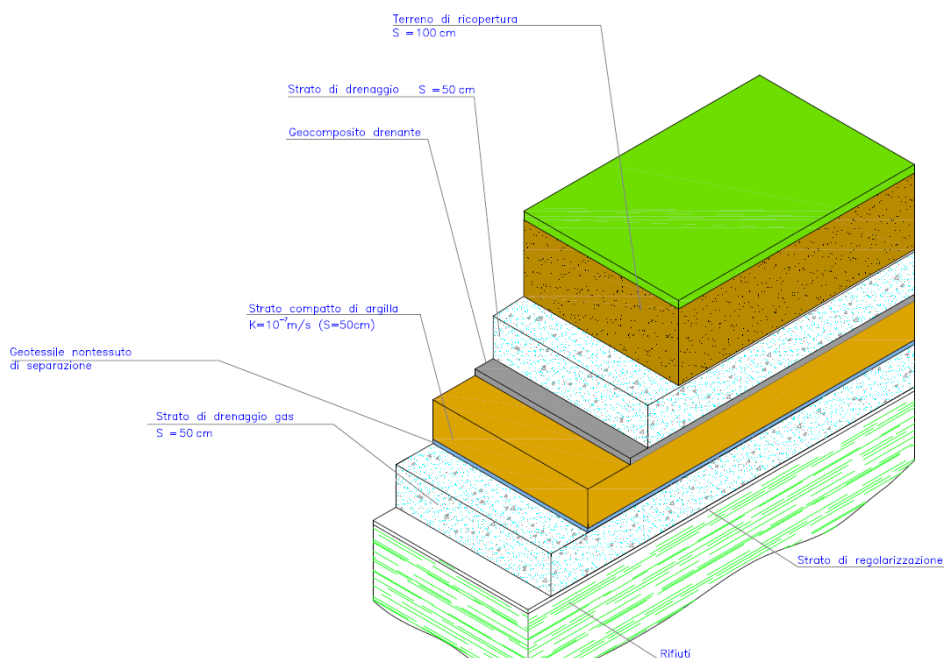
Tali sondaggi hanno messo in luce un sottosuolo costituito prevalentemente da *limo argilloso debolmente sabbioso* da consistente a molto consistente di colore grigio con screziature di colore olivastro, dello spessore di circa 1.0/1.4 m, passante gradualmente al substrato costituito dalle Argille grigio-azzurre (F. Mutignano) da molto consistenti a dure, con comportamento prevalentemente coesivo.

Dal punto di vista idrogeologico si tratta di materiali a scarsa permeabilità: durante l'esecuzione delle perforazioni, infatti, non sono state evidenziate falde idriche.

Dall'esame delle indagini pregresse, è stato possibile definire le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti mentre per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei rifiuti solidi urbani così come per il "pacchetto" della copertura della discarica si è fatto riferimento alla bibliografia esistente.

In particolare, la successione degli strati presenti nelle condizioni di progetto e che sono stati presi in considerazione per la verifica di stabilità, sono, dall'alto verso il basso, così costituiti:

**Copertura finale della discarica così schematizzata:**



Il pacchetto prevede, dal basso verso l'alto:

- Strato di regolarizzazione dei rifiuti;
- Strato drenante, dello spessore di circa 50 cm, costituito da materiale granulare arido;
- Geotessile tessuto-non tessuto;
- Strato di impermeabilizzazione, dello spessore di circa 50 cm, costituito da argilla compattata con permeabilità media di  $10^{-7}$  m/s;
- Geocomposito drenante;
- Strato drenante, dello spessore di circa 50 cm, costituito da materiale granulare arido;
- Terreno agrario di copertura per uno spessore di circa 100 cm;
- Rinverdimento superficiale.



Lo spessore complessivo della copertura è di circa 2,50 m, ma ai fini dell'analisi di stabilità, la copertura viene considerata come unico strato assegnando, in base alla successione dei materiali costituenti la stessa, i seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume -  $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$

Peso di volume saturo -  $\gamma_s = 1900 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito interno -  $\phi' = 26^\circ$

Coesione -  $c' = 0.02 \text{ kg/cm}^2$

### **Rifiuti Solidi Urbani**

Per i parametri dei R.S.U. da utilizzare nelle verifiche di stabilità si è fatto riferimento alla bibliografia a riguardo esistente (*Oweis e Khera, 1990; Landva e Clark, 1990; Jessberger e Kockel, 1991,1993; Manassero et al., 1996; Jessberger & Kochel, 1995, Grisolia et al, 1995*) che suggeriscono, per rifiuti ben compattati, i seguenti parametri:

Peso di volume -  $\gamma = 1000 - 1200 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito interno -  $\phi' = 25^\circ - 30^\circ$

Coesione -  $c' = 0.05 - 0.2 \text{ kg/cm}^2$

Considerato che le proprietà medie dei rifiuti ricadono all'interno di intervalli piuttosto ampi, ai fini del presente studio sono stati considerati, in maniera cautelativa, i seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume -  $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito interno -  $\phi' = 25^\circ$

Coesione -  $c' = 0.05 \text{ kg/cm}^2$

### **Argine**

Ai margini delle vasche è presente un rilevato che funge da argine ai rifiuti, costituito da terreni limo argillosi, ben compattati, a comportamento coesivo, per i quali sono stati assunti i seguenti valori dei parametri geotecnici:

Peso di volume -  $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$

Peso di volume saturo -  $\gamma_s = 2000 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito interno -  $\phi' = 25^\circ$

Coesione -  $c' = 0.10 \text{ kg/cm}^2$

Coesione ND -  $c_u = 0.4 \text{ kg/m}^2$

### **Substrato della discarica**

I rifiuti sono stati abbancati direttamente sul substrato costituito da Argille grigio-azzurre molto consistenti, granulometricamente definite limi argillosi, caratterizzate, sulla base dei risultati delle indagini eseguite nell'area dell'impianto, dai seguenti valori dei principali parametri geotecnici:

Peso di volume -  $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$

Peso di volume saturo -  $\gamma_s = 2200 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito interno -  $\phi' = 27^\circ$


Coesione -  $c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

Coesione non drenata -  $c_u = 2.5 \text{ kg/cm}^2$

## **5.0 MODELLAZIONE SISMICA**

Per valutare la pericolosità sismica di un luogo è necessario innanzitutto conoscere la sua storia sismica: avere, quindi, una lista dei terremoti che hanno colpito la zona quanto più completa ed estesa nel tempo.

Purtroppo i dati di sismicità storica che riguardano il territorio di Cupello, reperiti all'interno del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia riguardano solo un terremoto di intensità 8 del 1898 della zona del Reatino.

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area		NMDP	Io Mw
8		1898	06	27	23	38	Reatino		186	8 5.50

### **5.1 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:



$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

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 poter 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 Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

**Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

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

Nel caso specifico, per la verifica dei muri di contenimento,  $V_N = 50$  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.  $C_U = 1.0$ ;

**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.  $C_U = 1.5$ ;

**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.  $C_U = 2.0$ ;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d’uso II** a cui è associato il coefficiente d’uso  $C_U = 1,0$

Ricavati i valori di  $V_N$  e  $C_U$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $V_R$ , che qui vale:  $V_R = 50 * 1,0 = 50$  anni.

### 5.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 18 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 rigidezza 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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*  $P_{VR}$ , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento  $V_R$ , si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di  $a_g$  prefissata ( $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/T_R$  ( $T_R$  = periodo di ritorno).

Stati limite			$P_{VR}$
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati  $V_R$  e  $P_{VR}$  per ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra  $P_{VR}$  (probabilità) e  $T_R$  (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è  $V_R = 50$  anni, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà

**Tabella 3.2-** Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$

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

### 5.3 Categoria di suolo di fondazione

Il D.M. 17.01.2018 (N.T.C.) stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, così come definite nella tabella seguente:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (riferita al piano d'imposta delle fondazioni superficiali o alla testa dei pali).

Un'indagine sismica attiva di superficie con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguita nell'area in esame ha evidenziato una velocità delle onde sismiche di taglio (tipo S) pari a 317 m/s, che porta a classificare il sottosuolo in **Categoria C**, ai sensi delle NTC 2018.

#### 5.4 Condizioni topografiche e amplificazione topografica

Le condizioni topografiche, al pari di quelle stratigrafiche, concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Per condizioni topografiche semplici, si può adottare la seguente classificazione.

**Tabella 3.2.IV** – *Categorie topografiche*

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

L'area in studio presenta una morfologia con pendenze non superiori a  $15^\circ$  e, pertanto, rientra nella **Categoria T1** che porta ad un coefficiente di amplificazione topografico ST pari a 1,0, come riportato nella tabella seguente:

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$** 

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

### 5.5 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 NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno  $T_R$  (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 NTC2008:

- $a_g$  - accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  - 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 NTC2008, 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 (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di

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  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e  $P_{VR}$  fissate, il valore del generico parametro  $p$  ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

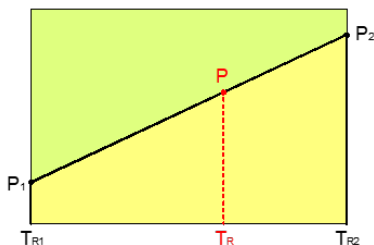
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ ) corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  desiderato, mentre  $p_1, 2$  è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno  $T_{R1, 2}$ .

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 NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ ) 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.



## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,0495491 [°]  
 Longitudine (WGS84): 14,6346006 [°]  
 Latitudine (ED50): 42,0505180 [°]  
 Longitudine (ED50): 14,6354809 [°]

*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	27878	42,029350	14,634510	2355,25
2	27879	42,028660	14,701810	5992,71
3	27657	42,078650	14,702830	6379,25
4	27656	42,079340	14,635440	3204,75

*Parametri di pericolosità sismica punto d'indagine*

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,517	0,290
SLD	50	0,047	2,532	0,333
SLV	475	0,098	2,656	0,464
SLC	975	0,124	2,649	0,509

### 5.6 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).

I coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$  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 ( $T_R$ ) dell'evento sismico che è valutato come segue:

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

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $P_{VR}$  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  $V_R$  non può essere inferiore a 35 anni.

Nel caso di fondazioni i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella tabella seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

#### *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.

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

$S_S$  (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);

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche.

**T1:**  $S_T = 1.0$ ; **T2:**  $S_T = 1.20$ ; **T3:**  $S_T = 1.2$ ; **T4:**  $S_T = 1.40$

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

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

1,000

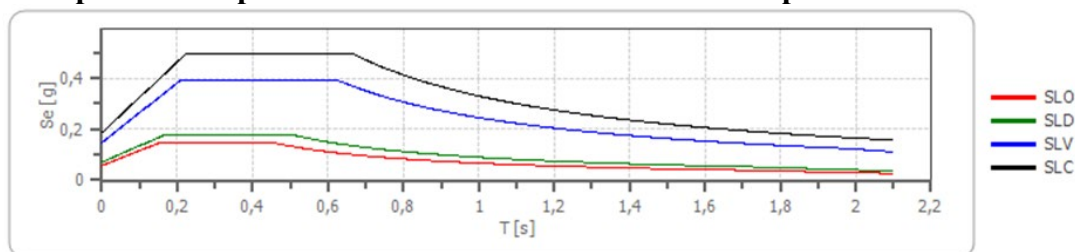
Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0,012	0,014	0,029	0,045
Kv	0,006	0,007	0,015	0,022
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,569	0,692	1,446	1,831
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,039	2,517	0,290	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,153	0,458	1,755	0,058	0,146
SLD	1,0	0,047	2,532	0,333	1,500	1,510	1,000	1,500	1,000	0,167	0,502	1,788	0,071	0,179
SLV	1,0	0,098	2,656	0,464	1,500	1,350	1,000	1,500	1,000	0,209	0,626	1,993	0,147	0,392
SLC	1,0	0,124	2,649	0,509	1,500	1,310	1,000	1,500	1,000	0,222	0,667	2,098	0,187	0,495

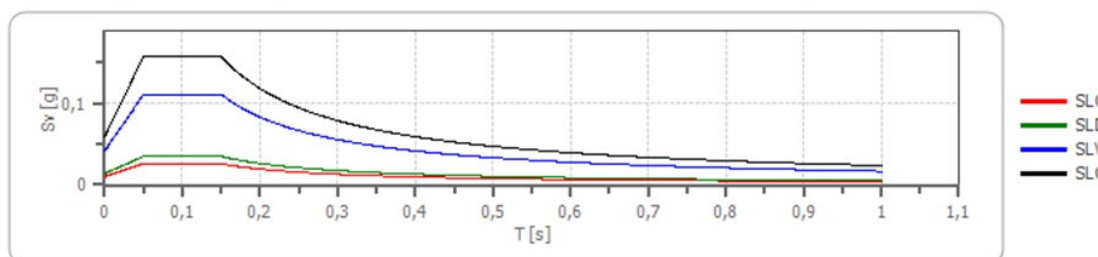
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5%

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

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,039	2,517	0,290	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,026
SLD	1,0	0,047	2,532	0,333	1	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,035
SLV	1,0	0,098	2,656	0,464	1	1,350	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,042	0,111
SLC	1,0	0,124	2,649	0,509	1	1,310	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,059	0,157

## **6.0 VERIFICHE DI STABILITA'**

Il progetto prevede la chiusura definitiva della discarica, costituita da due vasche, mediante la realizzazione di una copertura.

Al fine di valutare la stabilità globale della copertura e dei rifiuti abbancati, lungo una sezione trasversale alla discarica sono state eseguite specifiche analisi di stabilità con il metodo dell'Equilibrio limite in condizioni sismiche, secondo le NTC 2018, utilizzando il software di calcolo SLOPE della Geostru.

Premesso che, dal punto di vista geotecnico, i fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza al taglio del terreno lungo tale superficie, la verifica di stabilità si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad un'ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

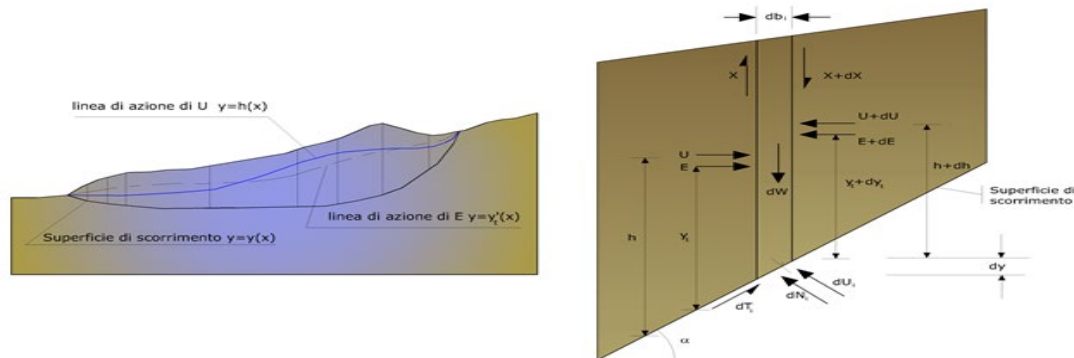
Le verifiche sono state effettuate utilizzando il Metodo di Morgenstern e Price (1965).

Con tale metodo si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo  $X = \lambda f(x)E$ , dove  $\lambda$  è un fattore di scala e  $f(x)$ , funzione della posizione di  $E$  e di  $X$ , definisce una relazione tra la variazione della forza  $X$  e della forza  $E$  all'interno della massa scivolante. La funzione  $f(x)$  è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite  $E$ ,  $X$ , il coefficiente di sicurezza  $F_s$ , il peso della striscia infinitesima  $dW$  e la risultante delle pressioni neutra alla base  $dU$ .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$



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

Una seconda equazione, detta “equazione dei momenti”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma.

Le verifiche sono state eseguite considerando l’azione sismica con il metodo pseudo-statico.

Per i terreni che sotto l’azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell’azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- **F<sub>H</sub>** e **F<sub>V</sub>** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d’inerzia applicata al baricentro del concio;
  - **W** peso concio;
  - **K<sub>x</sub>** coefficiente sismico orizzontale;
  - **K<sub>y</sub>** coefficiente sismico verticale.

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso sono state ipotizzate superfici di forma circolare dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne: sono state, quindi, esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Le verifiche sono state condotte nel rispetto delle N.T.C. 2018, nelle seguenti condizioni:

- assenza di falda (tutte le indagini eseguite non hanno evidenziato a presenza di falde idriche);
- azione sismica

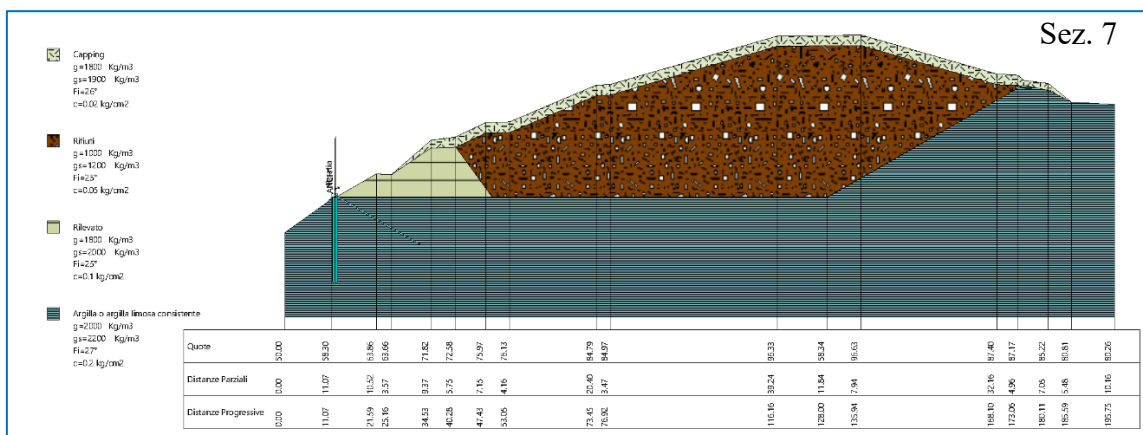
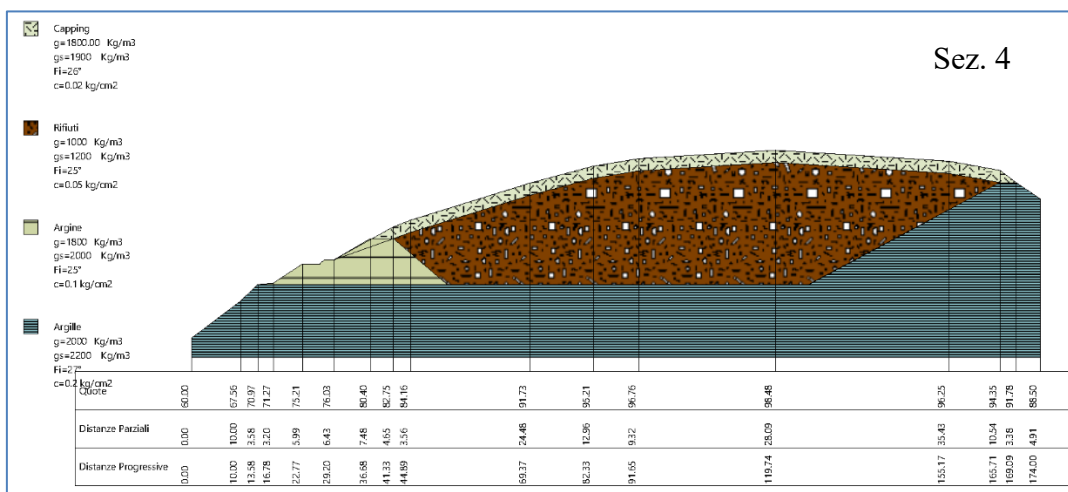
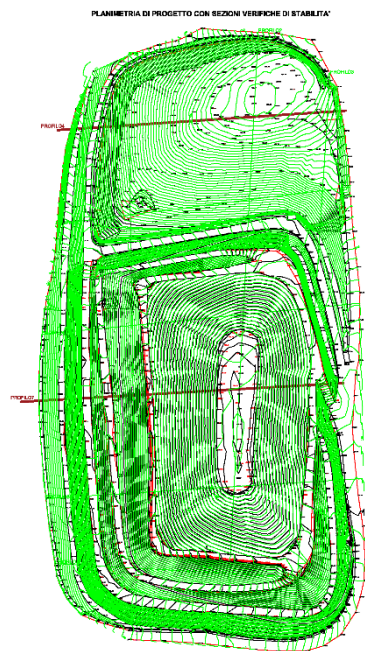
$K_x$  coefficiente sismico orizzontale = 0.0294

$K_y$  coefficiente sismico verticale = 0.0147

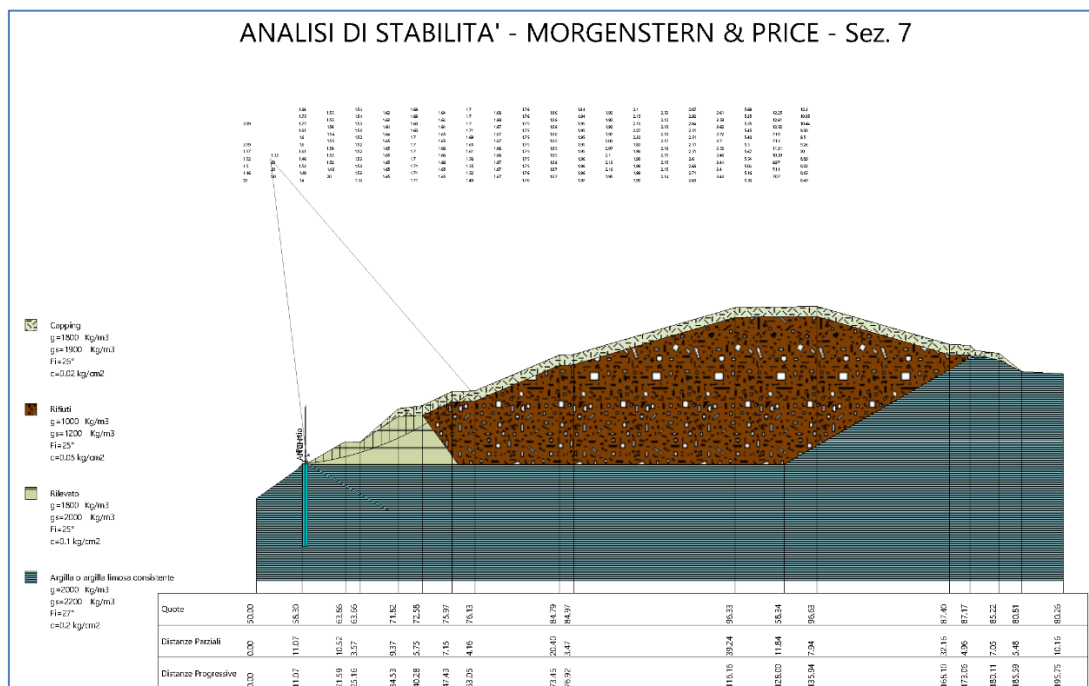
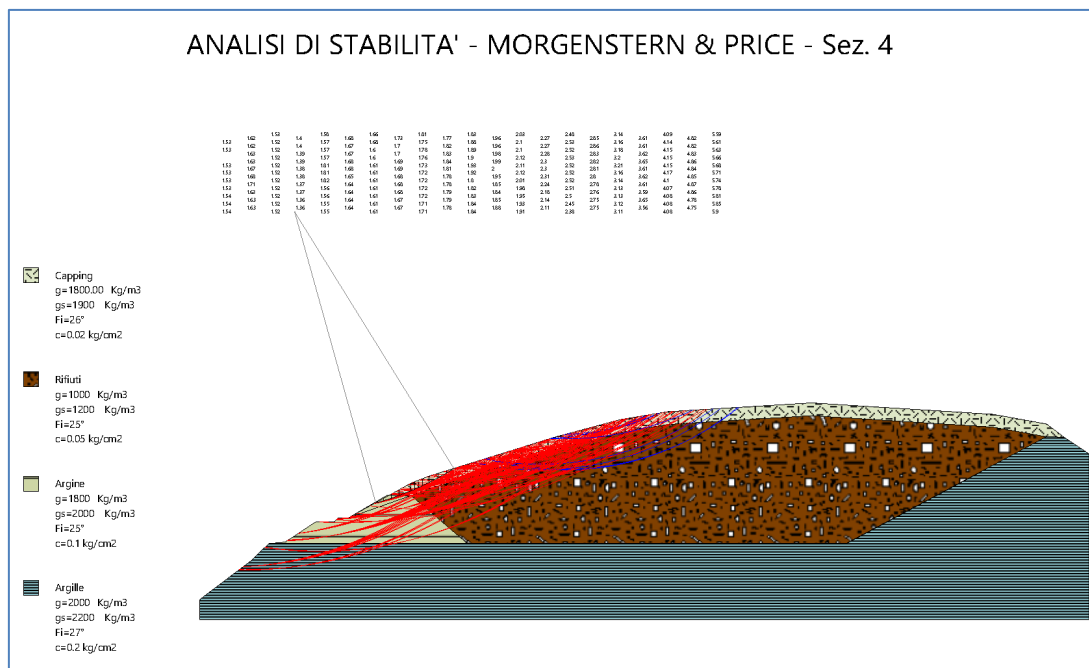
I parametri geotecnici adottati nelle verifiche sono riportati nella tabella seguente:

	Peso di Volume $\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Peso di Volume sat. $\gamma_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Angolo d'attrito interno $\phi'$ [°]	Coesione di picco $c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Capping	1800	1900	26	0.02
R.S.U.	1000		25	0.05
Argine	1800	2000	25	0.10
Argille	2000	2200	27	0.20

Le verifiche sono state eseguite lungo le due sezioni trasversali alla discarica più rappresentative (4 e 7).



Adottando il metodo di ricerca automatico delle potenziali superfici di scorrimento, sono state analizzate 211 superfici e, come si evince dal report di calcolo seguente, per tutte le superfici è stato ottenuto un fattore di sicurezza maggiore di 1.3 (fattore minimo 1,33).





## **7.0 CONCLUSIONI**

La presente relazione è stata finalizzata a verificare, nell'ambito del progetto di chiusura della discarica di R.S.U. in Contrada Valle Cena nel Comune di Cupello (CH), le condizioni di stabilità a seguito della copertura definitiva dell'ammasso dei rifiuti.

Il progetto prevede la chiusura delle due vasche che ospitano i rifiuti mediante la realizzazione di un capping costituito da strati sovrapposti di terreni a diversa granulometria e permeabilità, dello spessore complessivo di circa 2.5 m.

Le vasche risultano realizzate direttamente nel substrato costituito da argille grigio-azzurre molto consistenti, mentre al perimetro è presente un argine di contenimento.

Le numerose indagini eseguite negli anni nell'area dell'impianto (sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche CPT, prospezioni sismiche, ecc) hanno permesso la ricostruzione dei modelli geologico, geotecnico e sismico dei terreni presenti nell'area e ricavare i valori dei parametri geotecnici necessari per le analisi, mentre per il capping e per i rifiuti, la parametrizzazione geotecnica è stata ricavata da fonti bibliografiche.

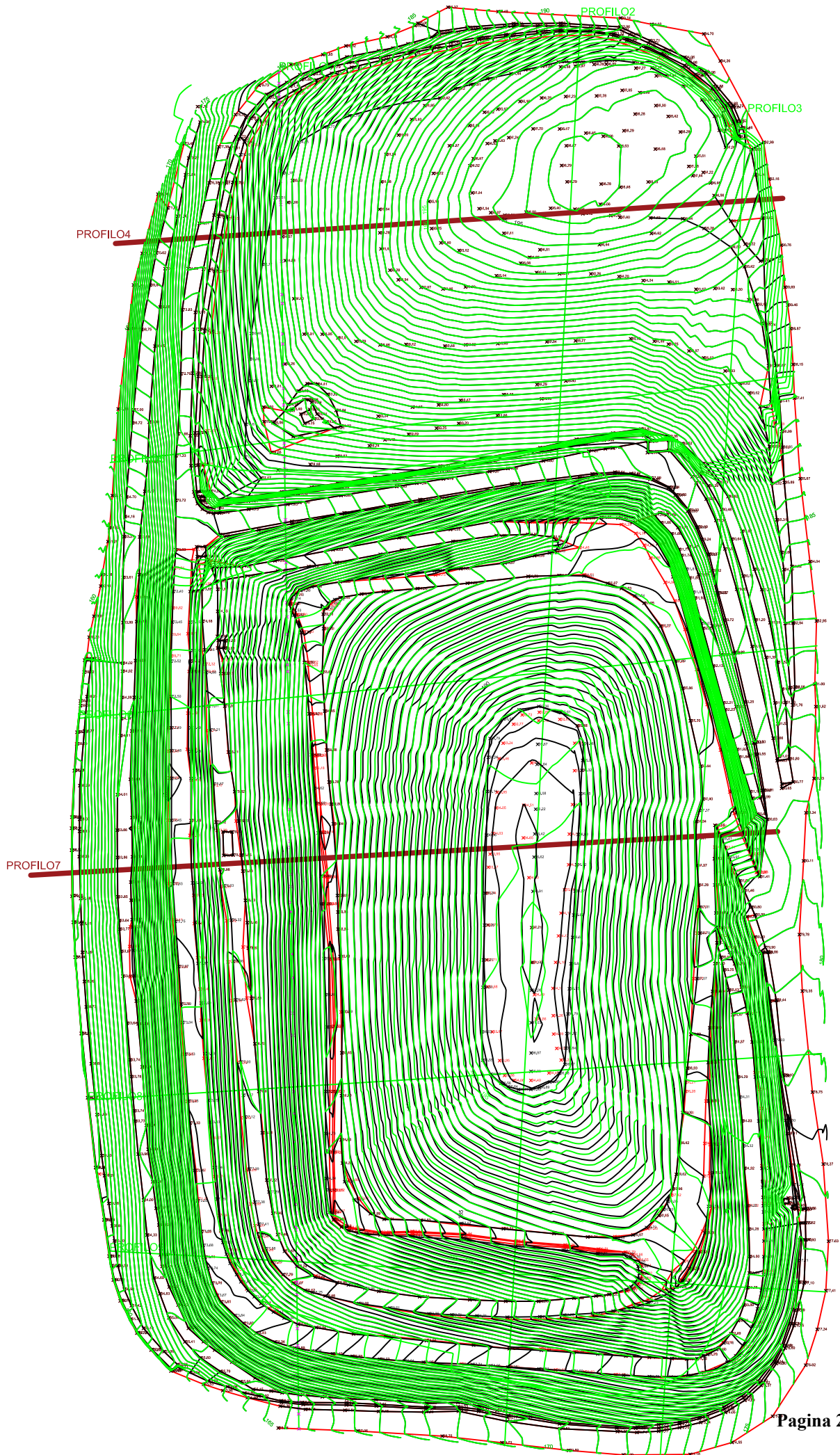
Le verifiche, eseguite con il metodo di Morgenster & Price in condizioni sismiche, hanno evidenziato, per tutte le superfici di scorrimento analizzate, un fattore di sicurezza maggiore di 1.3 (fattore minimo 1,33).

Atessa, ottobre 2022

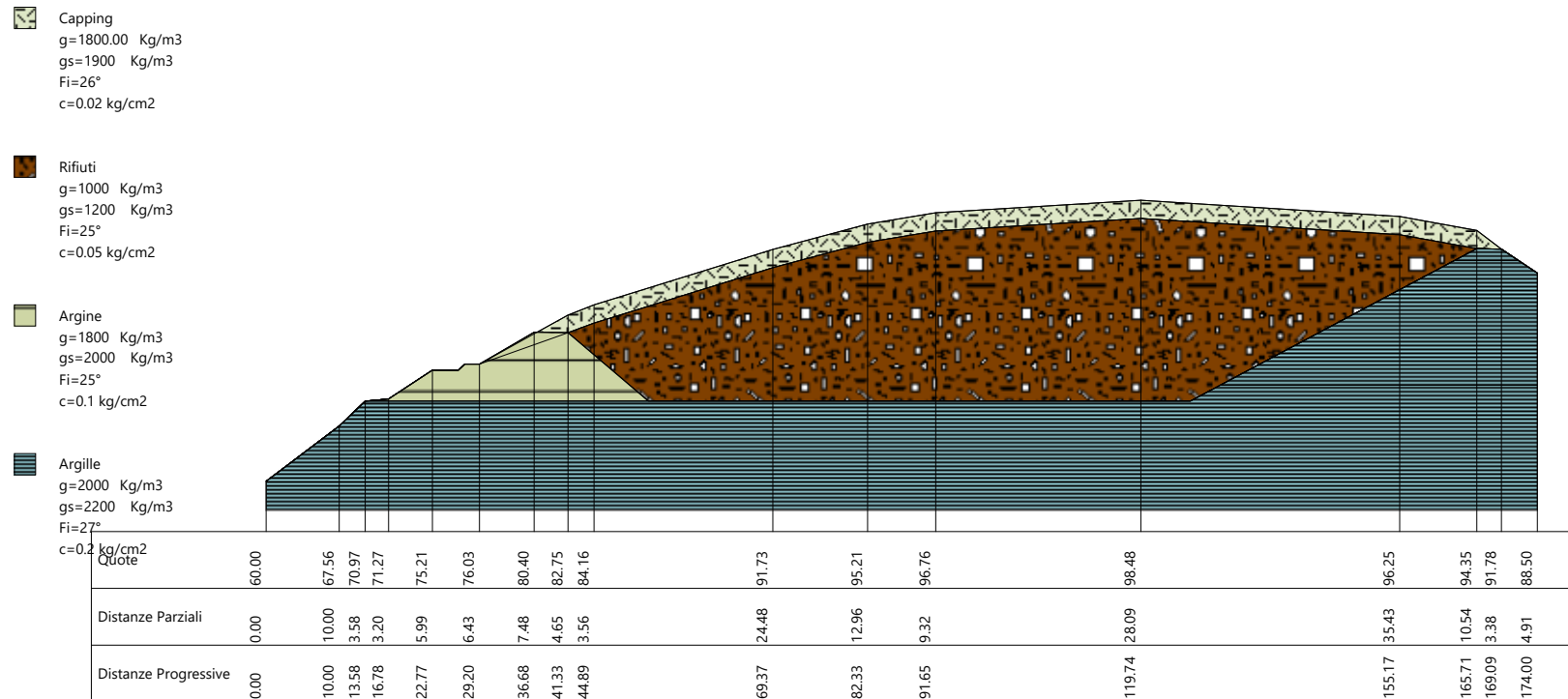


***Dr. Geol. Nicola Tullo***


# REPORT VERIFICHE DI STABILITA'





## SEZIONE 4




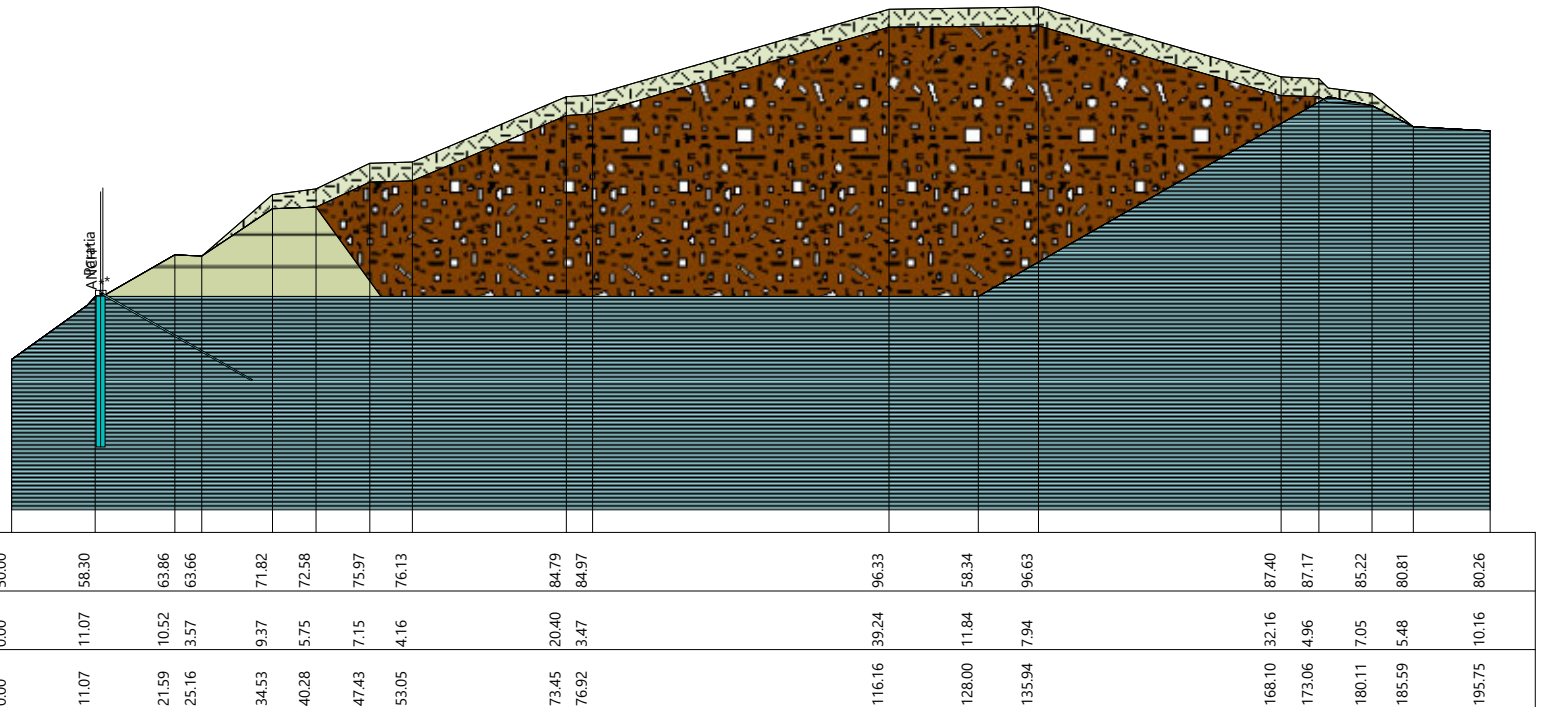
## SEZIONE 7

 Capping  
 $g=1800 \text{ Kg/m}^3$   
 $gs=1900 \text{ Kg/m}^3$   
 $Fi=26^\circ$   
 $c=0.02 \text{ kg/cm}^2$

 Rifiuti  
 $g=1000 \text{ Kg/m}^3$   
 $gs=1200 \text{ Kg/m}^3$   
 $Fi=25^\circ$   
 $c=0.05 \text{ kg/cm}^2$

 Rilevato  
 $g=1800 \text{ Kg/m}^3$   
 $gs=2000 \text{ Kg/m}^3$   
 $Fi=25^\circ$   
 $c=0.1 \text{ kg/cm}^2$

 Argilla o argilla limosa consistente  
 $g=2000 \text{ Kg/m}^3$   
 $gs=2200 \text{ Kg/m}^3$   
 $Fi=27^\circ$   
 $c=0.2 \text{ kg/cm}^2$



# VERIFICHE DI STABILITA'

## SEZ. 4

#### Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENTERN-PRICE (1965) - Sez. 4

Lat./Long.	42.0495491027832/14.6346006393433 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.18 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	135.14 m
Ascissa vertice destro superiore xs	100.08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	150.29 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.382	2.517	0.29
S.L.D.	50.0	0.461	2.532	0.333
S.L.V.	475.0	0.961	2.656	0.464
S.L.C.	975.0	1.216	2.649	0.509



## Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.573	0.2	0.0117	0.0058
S.L.D.	0.6915	0.2	0.0141	0.0071
S.L.V.	1.4415	0.2	0.0294	0.0147
S.L.C.	1.824	0.24	0.0446	0.0223

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0294

Coefficiente azione sismica verticale 0.0147

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	60.0
2	10.0	67.56
3	13.58	70.97
4	16.78	71.27
5	22.77	75.21
6	26.31	75.18
7	27.21	76.03
8	29.2	76.03
9	41.33	82.75
10	44.89	84.16
11	69.37	91.73
12	82.33	95.21
13	91.65	96.76
14	119.74	98.48
15	155.17	96.25
16	165.71	94.35
17	169.09	91.78
18	174.0	88.5

### Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	60.0
2	10.0	67.56
3	13.58	70.97
4	16.78	71.27
5	22.77	75.21
6	26.31	75.18
7	27.21	76.03
8	29.2	76.03
9	41.33	80.34

10	44.89	81.66
11	69.37	89.23
12	82.33	92.71
13	91.65	94.26
14	119.74	95.98
15	155.17	93.75
16	165.71	91.85
17	169.09	91.78
18	174.0	88.5

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	60.0
2	10.0	67.56
3	13.58	70.97
4	16.78	71.27
5	22.77	75.21
6	26.31	75.18
7	27.21	76.03
8	29.2	76.03
9	36.68	80.4
10	41.33	80.34
11	52.32	70.97
12	126.51	70.97
13	165.71	91.85
14	169.09	91.78
15	174.0	88.5

Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	60.0
2	10.0	67.56
3	13.58	70.97
4	52.32	70.97
5	126.51	70.97
6	165.71	91.85
7	169.09	91.78
8	174.0	88.5

### Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia
1	0.02		26	1800.00	1900	Capping
2	0.05		25	1000	1200	Rifiuti
3	0.1	0.4	25	1800	2000	Argine
4	0.2	2.0	27	2000	2200	Argille

### Risultati analisi pendio [C.I.V.E.T.A. - Stabilità chiusura scarica]

<b>Fs minimo individuato</b>	<b>1.36</b>
Ascissa centro superficie	18.57 m
Ordinata centro superficie	135.9 m
Raggio superficie	59.13 m

### Numero di superfici esaminate....(219)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4.2	135.1	68.9	1.54
2	9.0	135.9	70.1	1.63
3	13.8	135.1	63.7	1.52
4	18.6	135.9	59.1	1.36
5	23.4	135.1	59.5	1.55
6	28.2	135.9	60.9	1.64
7	33.0	135.1	54.1	1.61
8	37.7	135.9	55.2	1.67
9	42.5	135.1	54.8	1.71
10	47.3	135.9	55.9	1.78
11	52.1	135.1	49.5	1.84

12	56.9	135.9	48.5	1.88
13	61.7	135.1	46.2	1.91
14	66.5	135.9	45.2	2.11
15	71.3	135.1	42.9	2.38
16	76.1	135.9	49.5	2.75
17	80.9	135.1	47.5	3.11
18	85.7	135.9	49.0	3.56
19	90.5	135.1	47.7	4.08
20	95.3	135.9	49.2	4.75
21	100.1	135.1	63.4	5.90
22	4.2	136.7	70.4	1.54
23	9.0	137.4	71.6	1.63
24	13.8	136.7	65.2	1.52
25	18.6	137.4	60.6	1.36
26	23.4	136.7	61.0	1.55
27	28.2	137.4	62.4	1.64
28	33.0	136.7	55.6	1.61
29	37.7	137.4	56.7	1.67
30	42.5	136.7	56.3	1.71
31	47.3	137.4	57.4	1.79
32	52.1	136.7	50.8	1.84
33	56.9	137.4	49.8	1.85
34	61.7	136.7	47.5	1.93
35	66.5	137.4	46.5	2.14
36	71.3	136.7	44.2	2.45
37	76.1	137.4	50.8	2.75
38	80.9	136.7	48.8	3.12
39	85.7	137.4	49.5	3.65
40	90.5	136.7	48.6	4.08
41	95.3	137.4	49.7	4.78
42	100.1	136.7	64.7	5.85
43	4.2	138.2	71.9	1.54
44	9.0	138.9	73.1	1.63
45	13.8	138.2	66.7	1.52
46	18.6	138.9	62.1	1.37
47	23.4	138.2	62.5	1.56
48	28.2	138.9	63.9	1.64
49	33.0	138.2	57.1	1.61
50	37.7	138.9	58.2	1.68
51	42.5	138.2	57.8	1.72
52	47.3	138.9	58.9	1.79
53	52.1	138.2	52.1	1.83
54	56.9	138.9	51.1	1.84
55	61.7	138.2	48.8	1.95
56	66.5	138.9	47.8	2.18
57	71.3	138.2	52.8	2.50
58	76.1	138.9	52.2	2.76
59	80.9	138.2	50.2	3.13
60	85.7	138.9	50.0	3.59

61	90.5	138.2	50.0	4.08
62	95.3	138.9	50.2	4.86
63	100.1	138.2	65.8	5.81
64	4.2	139.7	73.4	1.53
65	9.0	140.4	68.3	1.71
66	13.8	139.7	68.2	1.52
67	18.6	140.4	63.6	1.37
68	23.4	139.7	63.9	1.56
69	28.2	140.4	65.4	1.64
70	33.0	139.7	58.6	1.61
71	37.7	140.4	59.7	1.68
72	42.5	139.7	59.3	1.72
73	47.3	140.4	60.4	1.78
74	52.1	139.7	53.4	1.82
75	56.9	140.4	52.4	1.85
76	61.7	139.7	50.1	1.98
77	66.5	140.4	49.1	2.24
78	71.3	139.7	54.2	2.51
79	76.1	140.4	53.5	2.78
80	80.9	139.7	51.5	3.13
81	85.7	140.4	50.9	3.61
82	90.5	139.7	51.3	4.07
83	95.3	140.4	59.1	4.87
84	100.1	139.7	67.2	5.78
85	4.2	141.2	74.9	1.53
86	9.0	142.0	69.8	1.68
87	13.8	141.2	69.7	1.52
88	18.6	142.0	65.0	1.38
89	23.4	141.2	71.8	1.82
90	28.2	142.0	66.9	1.65
91	33.0	141.2	60.1	1.61
92	37.7	142.0	61.2	1.68
93	42.5	141.2	60.8	1.72
94	47.3	142.0	61.9	1.78
95	52.1	141.2	54.5	1.80
96	56.9	142.0	53.3	1.95
97	61.7	141.2	51.4	2.01
98	66.5	142.0	50.4	2.31
99	71.3	141.2	55.5	2.52
100	76.1	142.0	54.9	2.80
101	80.9	141.2	52.9	3.14
102	85.7	142.0	60.7	3.62
103	90.5	141.2	52.0	4.10
104	95.3	142.0	60.4	4.85
105	100.1	141.2	68.6	5.74
106	4.2	142.7	76.4	1.53
107	9.0	143.5	71.3	1.67
108	13.8	142.7	71.2	1.52
109	18.6	143.5	66.5	1.38

110	23.4	142.7	73.2	1.81
111	28.2	143.5	68.4	1.68
112	33.0	142.7	61.6	1.61
113	37.7	143.5	62.7	1.69
114	42.5	142.7	62.3	1.72
115	47.3	143.5	62.3	1.81
116	52.1	142.7	61.1	1.92
117	56.9	143.5	60.2	2.00
118	61.7	142.7	58.9	2.12
119	66.5	143.5	58.1	2.30
120	71.3	142.7	56.8	2.52
121	76.1	143.5	56.0	2.81
122	80.9	142.7	54.2	3.16
123	85.7	143.5	62.1	3.61
124	90.5	142.7	61.0	4.17
125	95.3	143.5	61.8	4.84
126	100.1	142.7	69.6	5.71
127	4.2	144.2	77.9	1.53
128	9.0	145.0	79.1	1.63
129	13.8	144.2	72.7	1.52
130	18.6	145.0	68.0	1.39
131	23.4	144.2	74.7	1.81
132	28.2	145.0	69.9	1.68
133	33.0	144.2	63.2	1.61
134	37.7	145.0	64.2	1.69
135	42.5	144.2	63.6	1.73
136	47.3	145.0	62.7	1.84
137	52.1	144.2	61.5	1.93
138	56.9	145.0	60.6	1.99
139	61.7	144.2	59.3	2.11
140	66.5	145.0	58.5	2.30
141	71.3	144.2	57.2	2.52
142	76.1	145.0	56.4	2.82
143	80.9	144.2	55.1	3.21
144	85.7	145.0	62.9	3.65
145	90.5	144.2	61.8	4.15
146	95.3	145.0	63.0	4.86
147	100.1	144.2	70.6	5.68
148	9.0	146.5	80.6	1.63
149	13.8	145.7	74.2	1.52
150	18.6	146.5	69.5	1.39
151	23.4	145.7	69.8	1.57
152	28.2	146.5	71.4	1.67
153	33.0	145.7	64.7	1.60
154	37.7	146.5	65.3	1.70
155	42.5	145.7	64.0	1.76
156	47.3	146.5	63.2	1.83
157	52.1	145.7	61.9	1.90
158	56.9	146.5	61.0	1.98

159	61.7	145.7	59.8	2.12
160	66.5	146.5	58.9	2.28
161	71.3	145.7	57.6	2.53
162	76.1	146.5	56.8	2.83
163	80.9	145.7	64.1	3.20
164	85.7	146.5	63.6	3.62
165	90.5	145.7	63.2	4.15
166	95.3	146.5	63.7	4.83
167	100.1	145.7	71.9	5.66
168	4.2	147.3	81.0	1.53
169	9.0	148.0	75.8	1.62
170	13.8	147.3	75.7	1.52
171	18.6	148.0	71.0	1.40
172	23.4	147.3	71.3	1.57
173	28.2	148.0	72.9	1.67
174	33.0	147.3	66.2	1.60
175	37.7	148.0	65.7	1.70
176	42.5	147.3	64.4	1.78
177	47.3	148.0	63.6	1.82
178	52.1	147.3	62.3	1.89
179	56.9	148.0	61.4	1.96
180	61.7	147.3	60.2	2.10
181	66.5	148.0	59.3	2.27
182	71.3	147.3	58.0	2.52
183	76.1	148.0	57.2	2.86
184	80.9	147.3	64.7	3.18
185	85.7	148.0	64.5	3.61
186	90.5	147.3	64.5	4.15
187	95.3	148.0	64.4	4.82
188	100.1	147.3	73.4	5.63
189	4.2	148.8	82.5	1.53
190	9.0	149.5	77.3	1.62
191	13.8	148.8	77.2	1.52
192	18.6	149.5	72.5	1.40
193	23.4	148.8	72.8	1.57
194	28.2	149.5	74.4	1.68
195	33.0	148.8	73.4	1.68
196	37.7	149.5	73.0	1.73
197	42.5	148.8	64.8	1.75
198	47.3	149.5	64.0	1.77
199	52.1	148.8	62.7	1.88
200	56.9	149.5	61.8	1.96
201	61.7	148.8	60.6	2.10
202	66.5	149.5	59.7	2.27
203	71.3	148.8	58.4	2.53
204	76.1	149.5	57.6	2.85
205	80.9	148.8	65.4	3.16
206	85.7	149.5	66.0	3.61
207	90.5	148.8	65.6	4.14

208	95.3	149.5	65.6	4.82
209	100.1	148.8	74.8	5.61
210	13.8	150.3	78.7	1.53
211	23.4	150.3	74.2	1.58
212	33.0	150.3	74.1	1.66
213	42.5	150.3	72.5	1.81
214	52.1	150.3	63.1	1.83
215	61.7	150.3	61.0	2.03
216	71.3	150.3	58.8	2.48
217	80.9	150.3	66.1	3.14
218	90.5	150.3	66.3	4.09
219	100.1	150.3	75.9	5.59

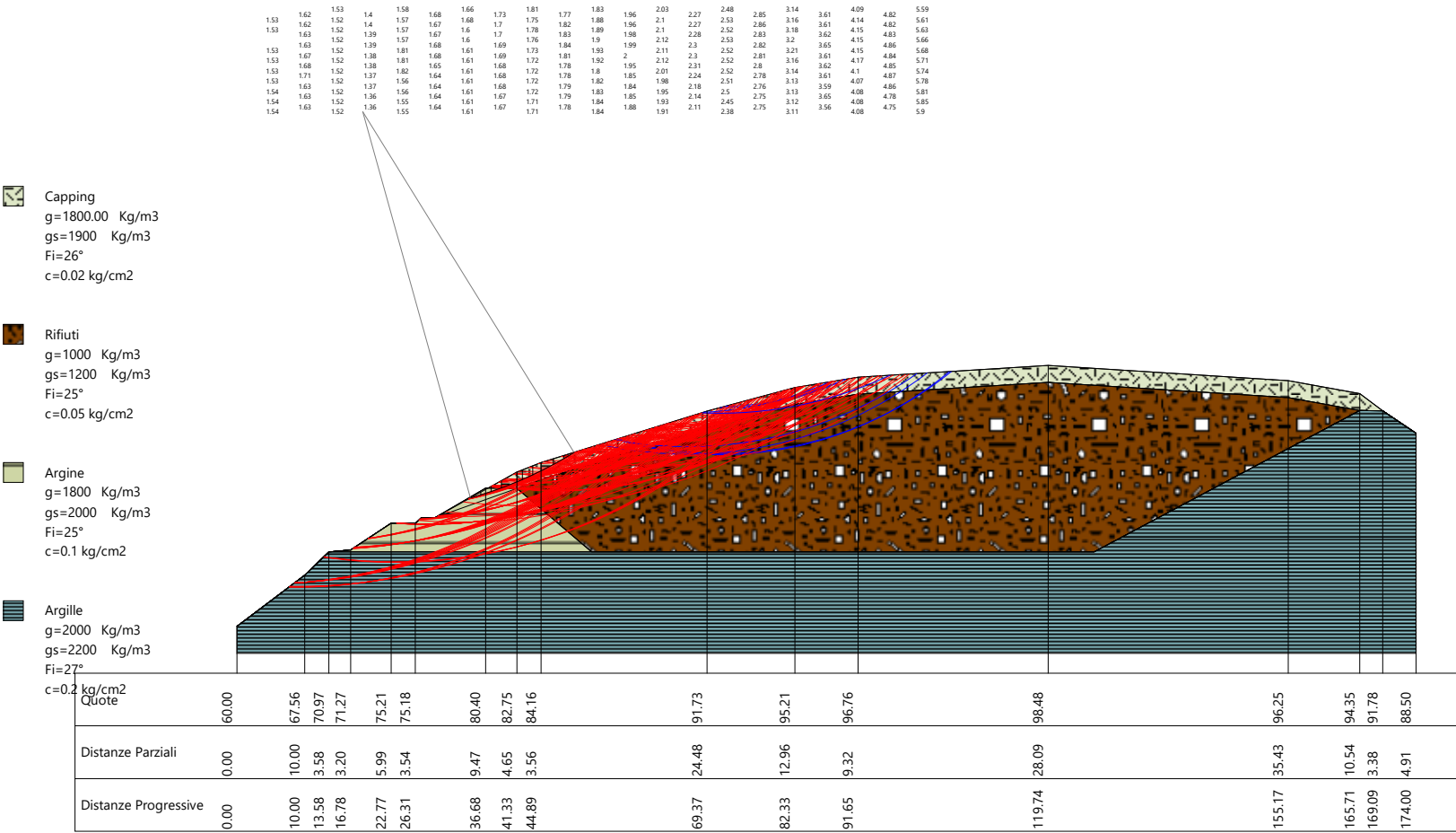
---



---



ANALISI DI STABILITA' - MORGENSTERN & PRICE - Sez. 4



# VERIFICHE DI STABILITA'

## SEZ. 7

**SEZ. 7 - Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)**

Lat./Long.	42.0495491027832/14.6346006393433 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-3.34 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	126.48 m
Ascissa vertice destro superiore xs	131.73 m
Ordinata vertice destro superiore ys	143.63 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.382	2.517	0.29
S.L.D.	50.0	0.461	2.532	0.333
S.L.V.	475.0	0.961	2.656	0.464
S.L.C.	975.0	1.216	2.649	0.509

## Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.573	0.2	0.0117	0.0058
S.L.D.	0.6915	0.2	0.0141	0.0071
S.L.V.	1.4415	0.2	0.0294	0.0147
S.L.C.	1.824	0.24	0.0446	0.0223

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0294

Coefficiente azione sismica verticale 0.0147

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	50.0
2	10.0	57.13
3	11.07	58.3
4	12.04	58.34
5	21.59	63.86
6	25.16	63.66
7	34.53	71.82
8	40.28	72.58
9	47.43	75.97
10	53.05	76.13
11	73.45	84.79
12	76.92	84.97
13	116.16	96.33
14	135.94	96.63
15	168.1	87.4
16	173.06	87.17
17	174.3	85.91
18	180.11	85.22
19	185.59	80.81
20	195.75	80.26

### Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	50.0
2	10.0	57.13
3	11.07	58.3
4	12.04	58.34
5	21.59	63.86
6	25.16	63.66
7	34.53	69.95
8	40.28	70.17

9	47.43	73.47
10	53.05	73.63
11	73.45	82.29
12	76.92	82.47
13	116.16	93.97
14	135.94	94.16
15	168.1	84.9
16	173.06	84.79
17	174.3	84.01
18	180.11	83.6
19	185.59	80.81
20	195.75	80.26

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	50.0
2	10.0	57.13
3	11.07	58.3
4	12.04	58.34
5	21.59	63.86
6	25.16	63.66
7	34.53	69.95
8	40.28	70.17
9	48.89	58.34
10	128.0	58.34
11	174.3	84.79
12	180.11	83.6
13	185.59	80.81
14	195.75	80.26

Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	50.0
2	10.0	57.13
3	11.07	58.3
4	12.04	58.34
5	48.89	58.34
6	128.0	58.34
7	174.3	84.79
8	180.11	83.6
9	185.59	80.81
10	195.75	80.26

## Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

## Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

## Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.02		26	1800	1900	Capping
2	0.05		25	1000	1200	Rifiuti
3	0.1	0.4	25	1800	2000	Rilevato
4	0.2	2.0	27	2000	2200	Argilla limosa consistente

## Pali...

N°	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	1.2	20	90	2	250	865	Tensione tangenziale

## Risultati analisi pendio [C.I.V.E.T.A. - Stabilità chiusura vasche]

<b>Fs minimo individuato</b>	<b>1.33</b>
Ascissa centro superficie	3.41 m
Ordinata centro superficie	132.48 m
Raggio superficie	74.51 m

## Numero di superfici esaminate....(211)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	-3.3	126.5	69.9	20.00
2	3.4	127.3	70.4	20.00
3	10.2	126.5	62.9	1.40
4	16.9	127.3	71.6	20.00
5	23.7	126.5	64.5	1.53

6	30.4	127.3	66.6	1.65
7	37.2	126.5	60.0	1.71
8	43.9	127.3	55.0	1.65
9	50.7	126.5	48.5	1.49
10	57.4	127.3	52.1	1.67
11	64.2	126.5	51.6	1.76
12	70.9	127.3	49.9	1.87
13	77.7	126.5	49.8	1.97
14	84.5	127.3	43.5	1.95
15	91.2	126.5	41.0	1.99
16	98.0	127.3	39.1	2.14
17	104.7	126.5	39.5	2.69
18	111.5	127.3	39.7	3.43
19	118.2	126.5	39.6	5.38
20	125.0	127.3	76.7	7.07
21	131.7	126.5	71.2	8.49
22	-3.3	128.2	71.2	1.46
23	3.4	129.0	71.8	20.00
24	10.2	128.2	64.0	1.49
25	16.9	129.0	65.0	1.49
26	23.7	128.2	65.5	1.53
27	30.4	129.0	68.2	1.65
28	37.2	128.2	61.5	1.71
29	43.9	129.0	56.6	1.65
30	50.7	128.2	50.0	1.52
31	57.4	129.0	53.6	1.67
32	64.2	128.2	53.1	1.76
33	70.9	129.0	51.3	1.87
34	77.7	128.2	50.1	1.96
35	84.5	129.0	52.7	2.16
36	91.2	128.2	42.4	1.99
37	98.0	129.0	40.5	2.15
38	104.7	128.2	41.0	2.71
39	111.5	129.0	39.2	3.40
40	118.2	128.2	39.4	5.16
41	125.0	129.0	77.4	7.11
42	131.7	128.2	72.0	8.65
43	-3.3	129.9	72.6	1.50
44	3.4	130.8	73.1	20.00
45	10.2	129.9	65.0	1.53
46	16.9	130.8	66.0	1.52
47	23.7	129.9	66.9	1.53
48	30.4	130.8	69.8	1.65
49	37.2	129.9	63.1	1.71
50	43.9	130.8	58.1	1.66
51	50.7	129.9	51.5	1.55
52	57.4	130.8	55.1	1.67
53	64.2	129.9	54.5	1.75
54	70.9	130.8	52.7	1.86

55	77.7	129.9	50.4	1.96
56	84.5	130.8	53.0	2.13
57	91.2	129.9	43.9	1.99
58	98.0	130.8	42.0	2.15
59	104.7	129.9	41.3	2.66
60	111.5	130.8	39.9	3.44
61	118.2	129.9	39.0	5.04
62	125.0	130.8	78.3	6.97
63	131.7	129.9	73.0	8.82
64	-3.3	131.6	74.0	1.52
65	3.4	132.5	74.5	1.33
66	10.2	131.6	66.0	1.46
67	16.9	132.5	67.7	1.53
68	23.7	131.6	68.5	1.53
69	30.4	132.5	71.4	1.65
70	37.2	131.6	64.7	1.70
71	43.9	132.5	59.7	1.66
72	50.7	131.6	53.1	1.58
73	57.4	132.5	56.7	1.66
74	64.2	131.6	56.0	1.75
75	70.9	132.5	54.2	1.85
76	77.7	131.6	51.0	1.96
77	84.5	132.5	53.3	2.10
78	91.2	131.6	45.4	1.99
79	98.0	132.5	43.4	2.15
80	104.7	131.6	41.2	2.60
81	111.5	132.5	41.1	3.46
82	118.2	131.6	38.5	5.54
83	125.0	132.5	70.8	10.39
84	131.7	131.6	74.0	8.89
85	-3.3	133.3	75.4	1.57
86	10.2	133.3	67.3	1.61
87	16.9	134.2	69.4	1.54
88	23.7	133.3	70.2	1.52
89	30.4	134.2	73.0	1.65
90	37.2	133.3	66.3	1.70
91	43.9	134.2	61.3	1.66
92	50.7	133.3	54.7	1.61
93	57.4	134.2	58.2	1.66
94	64.2	133.3	57.4	1.75
95	70.9	134.2	55.6	1.85
96	77.7	133.3	52.4	1.95
97	84.5	134.2	53.6	2.07
98	91.2	133.3	46.4	1.98
99	98.0	134.2	44.9	2.16
100	104.7	133.3	41.5	2.51
101	111.5	134.2	42.1	3.52
102	118.2	133.3	47.4	5.67
103	125.0	134.2	71.4	11.31



104	131.7	133.3	43.0	20.00
105	-3.3	135.1	76.8	3.59
106	10.2	135.1	69.0	1.60
107	16.9	135.9	71.0	1.55
108	23.7	135.1	71.8	1.52
109	30.4	135.9	74.6	1.65
110	37.2	135.1	67.9	1.70
111	43.9	135.9	62.8	1.65
112	50.7	135.1	56.2	1.65
113	57.4	135.9	59.7	1.67
114	64.2	135.1	58.8	1.75
115	70.9	135.9	57.0	1.85
116	77.7	135.1	53.8	1.95
117	84.5	135.9	53.8	2.03
118	91.2	135.1	46.4	1.83
119	98.0	135.9	46.4	2.17
120	104.7	135.1	43.0	2.51
121	111.5	135.9	41.7	3.70
122	118.2	135.1	47.5	5.50
123	125.0	135.9	81.0	7.13
124	131.7	135.1	76.3	9.26
125	10.2	136.8	70.7	1.60
126	16.9	137.6	72.7	1.54
127	23.7	136.8	73.5	1.52
128	30.4	137.6	76.3	1.64
129	37.2	136.8	69.5	1.70
130	43.9	137.6	64.4	1.65
131	50.7	136.8	57.8	1.69
132	57.4	137.6	61.3	1.67
133	64.2	136.8	60.3	1.75
134	70.9	137.6	58.5	1.86
135	77.7	136.8	55.3	1.95
136	84.5	137.6	54.1	1.97
137	91.2	136.8	56.5	2.32
138	98.0	137.6	47.8	2.18
139	104.7	136.8	44.4	2.51
140	111.5	137.6	51.4	3.72
141	118.2	136.8	48.6	5.48
142	125.0	137.6	82.1	7.19
143	131.7	136.8	77.4	9.50
144	10.2	138.5	72.4	1.61
145	16.9	139.3	74.4	1.54
146	23.7	138.5	75.1	1.53
147	30.4	139.3	77.9	1.64
148	37.2	138.5	71.1	1.68
149	43.9	139.3	66.0	1.64
150	50.7	138.5	67.9	1.71
151	57.4	139.3	62.8	1.67
152	64.2	138.5	61.7	1.75

153	70.9	139.3	59.9	1.86
154	77.7	138.5	56.7	1.95
155	84.5	139.3	54.9	1.92
156	91.2	138.5	56.8	2.27
157	98.0	139.3	49.3	2.18
158	104.7	138.5	45.7	2.51
159	111.5	139.3	51.7	3.62
160	118.2	138.5	49.8	5.45
161	125.0	139.3	46.2	12.52
162	131.7	138.5	78.3	9.88
163	-3.3	140.2	81.6	3.89
164	10.2	140.2	74.1	1.77
165	16.9	141.1	76.1	1.55
166	23.7	140.2	76.8	1.53
167	30.4	141.1	79.5	1.63
168	37.2	140.2	72.7	1.68
169	43.9	141.1	67.6	1.64
170	50.7	140.2	69.4	1.70
171	57.4	141.1	64.4	1.68
172	64.2	140.2	63.1	1.75
173	70.9	141.1	61.4	1.86
174	77.7	140.2	58.1	1.95
175	84.5	141.1	56.4	1.92
176	91.2	140.2	57.0	2.18
177	98.0	141.1	49.2	2.12
178	104.7	140.2	46.3	2.84
179	111.5	141.1	52.2	3.59
180	118.2	140.2	49.9	5.35
181	125.0	141.1	47.4	12.61
182	131.7	140.2	79.2	10.44
183	10.2	141.9	75.7	1.75
184	16.9	142.8	77.7	1.55
185	23.7	141.9	78.4	1.54
186	30.4	142.8	72.9	1.62
187	37.2	141.9	74.3	1.69
188	43.9	142.8	69.2	1.64
189	50.7	141.9	71.0	1.70
190	57.4	142.8	65.9	1.68
191	64.2	141.9	64.6	1.76
192	70.9	142.8	62.8	1.86
193	77.7	141.9	59.6	1.94
194	84.5	142.8	57.8	1.92
195	91.2	141.9	57.3	2.15
196	98.0	142.8	59.7	2.53
197	104.7	141.9	56.5	2.92
198	111.5	142.8	53.4	3.61
199	118.2	141.9	49.9	5.35
200	125.0	142.8	48.7	12.25
201	131.7	141.9	80.2	10.85

202	10.2	143.6	77.4	1.64
203	23.7	143.6	80.1	1.54
204	37.2	143.6	75.9	1.69
205	50.7	143.6	72.5	1.70
206	64.2	143.6	66.0	1.76
207	77.7	143.6	61.0	1.94
208	91.2	143.6	57.6	2.10
209	104.7	143.6	56.3	2.87
210	118.2	143.6	50.3	5.69
211	131.7	143.6	81.1	12.30

---

ANALISI DI STABILITA' - MORGENSTERN & PRICE - Sez. 7

	1.64	1.55	1.54	1.62	1.69	1.64	1.7	1.68	1.76	1.86	1.94	1.92	2.1	2.53	2.87	3.61	5.69	12.25	12.3
3.89	1.77	1.55	1.53	1.63	1.69	1.64	1.7	1.68	1.76	1.86	1.94	1.92	2.15	2.12	2.92	3.59	5.35	12.61	10.44
	1.61	1.54	1.53	1.64	1.68	1.64	1.71	1.67	1.75	1.86	1.95	1.92	2.27	2.18	2.84	3.62	5.45	12.52	9.88
	1.6	1.55	1.52	1.65	1.7	1.65	1.69	1.67	1.75	1.85	1.95	2.03	2.32	2.17	2.51	3.7	5.48	7.13	9.5
3.59	1.6	1.54	1.52	1.65	1.7	1.66	1.65	1.66	1.75	1.85	1.95	2.07	1.83	2.16	2.51	3.52	5.5	11.31	9.26
1.97	1.61	1.53	1.52	1.65	1.7	1.66	1.61	1.66	1.75	1.85	1.95	2.1	1.98	2.15	2.51	3.46	5.67	10.39	20
1.52	1.46	1.53	1.53	1.65	1.7	1.66	1.58	1.66	1.75	1.85	1.96	2.1	1.99	2.15	2.6	3.44	5.54	8.89	8.89
1.5	1.53	1.52	1.53	1.65	1.71	1.66	1.55	1.67	1.75	1.86	1.96	2.13	1.99	2.15	2.66	3.44	5.04	6.97	8.82
1.46	1.49	1.49	1.53	1.65	1.71	1.65	1.52	1.67	1.76	1.87	1.96	2.16	1.99	2.15	2.71	3.4	5.16	7.11	8.65
20	1.4	20	1.53	1.65	1.71	1.65	1.49	1.67	1.76	1.87	1.97	1.95	1.99	2.14	2.69	3.43	5.38	7.07	8.49

Capping  
g=1800 Kg/m3  
gs=1900 Kg/m3  
Fi=26°  
c=0.02 kg/cm2

Rifiuti  
g=1000 Kg/m3  
gs=1200 Kg/m3  
Fi=25°  
c=0.05 kg/cm2

Rilevato  
g=1800 Kg/m3  
gs=2000 Kg/m3  
Fi=25°  
c=0.1 kg/cm2

Argilla o argilla limosa consistente  
g=2000 Kg/m3  
gs=2200 Kg/m3  
Fi=27°  
c=0.2 kg/cm2

