

S.I.G.E.D. SRL

DISCARICA S.I.G.E.D. DI SCALA ERRE (SS)

PROGETTO ESECUTIVO CAPPING II LOTTO DISCARICA S.I.G.E.D. DI SCALA ERRE (SS)

ALLEGATO : VERIFICHE DI STABILITA' SUL FRONTE DEI RIFIUTI ABBANCATI NEL SETTORE MERIDIONALE DEL 2° LOTTO DELLA DISCARICA S.I.G.E.D. DI SCALA ERRE E DELLA STRATIGRAFIA DI COPERTURA CAPPING

Comm. 1412_IC110_23_ALL 1

Milano, Settembre 2023


BOSSICH GEOENGINEERING S.r.l.
Società di Geoingegneria
L'AMMINISTRATORE
Dr. Geol. F. Bossich

A cura di: **Dr. Geol. F.Bossich**

INDICE

VERIFICHE DI STABILITA' DELLE SCARPATE DELLA DISCARICA.....	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
SOFTWARE ESTERNI.....	4
RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'ALLO STATO ATTUALE.....	4
TABULATI VERIFICHE DI STABILITA' STATICHE	7
TABULATI VERIFICHE DI STABILITA' DINAMICHE.....	8
VERIFICA DI STABILITA' IN CONDIZIONI SISMICHE DEL FRONTE DI RIFIUTO A CAPPING ULTIMATO: METODO DI SPENCER.....	14
STABILITA' DELLA COPERTURA DEL CAPPING IN RELAZIONE ALLA NUOVA MORFOLOGIA PROPOSTA.....	18
VERIFICA DI STABILITA' DEL SISTEMA GEOSINTETICO DI COPERTURA	20
MODELLO ANALITICO DI CALCOLO ADOTTATO.....	22
STABILITA' GLOBALE DELLA COPERTURA DEL CAPPING IN RELAZIONE ALLA NUOVA MORFOLOGIA PROPOSTA.....	24
VERIFICHE DI STABILITA' DELLE SCARPATE DEL RILEVATO FINALE DELLA DICARICA SIGED DI SCALA ERRE 1 E 2 LOTTO	27

VERIFICHE DI STABILITA' DELLE SCARPATE DELLA DISCARICA

Le condizioni di stabilità della scarpata meridionale del secondo lotto della discarica SIGED vennero compiutamente analizzate nel rapporto di lavoro "BOSSICH GEOENGINEERING SRL - S.I.G.E.D. SRL DISCARICA IN Loc. SCALA ERRE (SS) VERIFICHE DI STABILITA' SUL FRONTE DEI RIFIUTI ABBANCATI NEL 2° LOTTO DELLA DISCARICA S.I.G.E.D. DI SCALA ERRE (SS) Comm. 1347 / E128 / 20_STAB , Milano, Dicembre 2020"

La verifica di cui al titolo è dedicata all'analisi della stabilità globale delle strutture realizzate in terra sede dell'argine della vasca di contenimento dei rifiuti e interessanti il corpo dei rifiuti, il fronte dei rifiuti abbancati e l'insieme terreno di fondazione - discarica sia in condizioni statiche che in presenza di azioni sismiche effettuate ai sensi delle Norme Tecniche per le costruzioni vigenti (2018).

Le verifiche di stabilità sono state condotte utilizzando il criterio più cautelativo di Bishop rispetto ad altri criteri utilizzabili per le verifiche di stabilità del pendio (Janbu, Fellenius, Morgenstern & Price, Sarma, Bell) con superficie circolare e tra tutte le superfici di scorrimento possibili, è stata scelta quella corrispondente al fattore di sicurezza minimo, e cioè alla situazione più critica.

Il calcolo è stato condotto con codice di calcolo Slope su licenza della software house Geostru.

Il software permette di ricavare anche i parametri sismici sito specifici che vengono poi implementati in termini di SLV nel codice di calcolo.

Sono state prese inoltre le condizioni più severe tenendo conto del transiente sismico sito specifico e l'abbattimento dei parametri geotecnici come da NTC 2018: inoltre sono state eseguite le verifiche di cui al titolo nelle condizioni di massima saturazione da parte della falda del sedime di fondazione. (in condizioni non saturazione le condizioni di stabilità aumentano di circa il 20%) .

Inoltre nella verifiche sono state introdotte anche azioni del peso di automezzi sulla pista di bordo discarica (200 kN/m²)

Si riportano a fine relazione le simulazioni con la superficie più critica determinata dal software utilizzato.

Per l'analisi della stabilità è stata utilizzata la sezione più impervia ricavata da apposite sezioni di rilievo topografico (sezioni A e B) effettuate con stazione totale e riportate nella Tav 02P.

I terreni naturali ed il rifiuto sono stati caratterizzati dal punto di vista geotecnico con i parametri riassunti nella successiva tabella, determinati sia dalle indagini pregresse, sia

dalle indagini attuali, sia da dati bibliografici, espressi in condizioni drenate

LITAZIONE	Peso di volume efficace in sito (kN/m ³)	Angolo di attrito efficace (°)	Coesione efficace (kPa)	Coesione non drenata (kPa)
Rifiuto fangoso coesivo	10.5	26	2	35
Rifiuto (coesivo frizionale) e riporti di copertura e arginale	14.0	32	10	0 - 85
Terreno naturale fondo cava	19.0	35	10	0 - 65

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Ministero delle infrastrutture e dei trasporti: - “Norme tecniche per le costruzioni DM.14.01.2008 – (G.U. n°29 del 04.02.2008 supp. ord. n°30)”.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Allegato al voto n. 36 del 27 luglio 2007 “-Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”.
- Eurocodice 7.1 (1997).
- “Progettazione geotecnica”.
- Parte I: “Regole Generali. UNI”
- Eurocodice 7.3 (2002). “Progettazione geotecnica”.
- Parte II: “Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI”
- Ministero delle infrastrutture e dei trasporti:
- Decreto 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale,, n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale

SOFTWARE ESTERNI

- GEOSTRU PS – “Parametri Sismici”_Geostru software – www.geostru.com
- SLOPE. – Analisi stabilità versanti_ Licenza Geostru Software

RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'ALLO STATO ATTUALE

L'analisi di queste combinazioni è stata analizzata secondo gli Stati Limite (NTC 2018) in condizioni statiche e sismiche. In condizioni statiche permangono le condizioni identiche alle NTC 2008 (A2+M2+R2) e cioè con i parametri geotecnici abbattuti.

Per l'analisi di fronti di scavo e rilevati in condizioni sismiche (FRONTI DI SCAVO E RILEVATI - §7.11.4 NTC 2018) la combinazione sismica da usare per queste verifiche è la seguente ($A_i = 1$, $M_i = 1$, R_2), con $R_2 = 1.2$

Ossia con coefficienti unitari sulle azioni e sui parametri caratteristici e riduzione della resistenza globale sulla superficie.

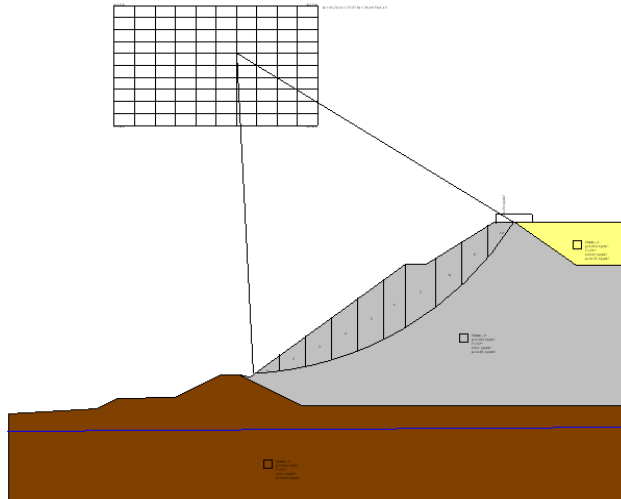
A scopo cautelativo per le analisi si è tenuto conto dell'altezza originale (attuale) del rilevato di scarica e non quello ridotto di 1 m (rettifica a q.52 m s.l.m.), in quanto successivamente verrà riposizionata la stratigrafia del capping con il metro di terreno vegetale (vedasi verifiche al capitolo successivo).

Per alcune analisi di stabilità si è deciso di porre un vincolo alle superfici di rottura, così da poter analizzare nel particolare la stabilità globale del sedime di fondazione del rilevato.

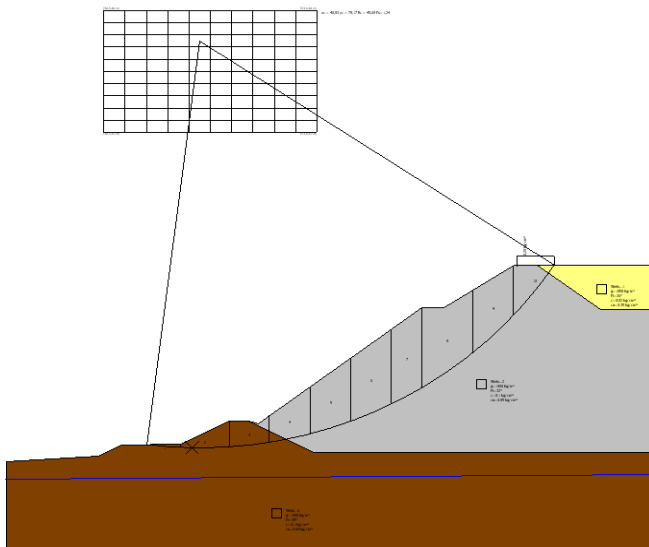
In condizioni drenate si ottengono i seguenti Fattori di sicurezza minimi secondo Bishop:

VERIFICA	Fattore di Sicurezza Minimo	N° simulazioni	Volume significativo analizzato
1347_20_STAB 1	1.12	213	scarpata in rifiuto in condizioni statiche
1347_20_STAB 2	1.24	201	scarpata in rifiuto e arginello al piede in condizioni statiche
1347_20_STAB 1 SIS	1.24	213	scarpata in rifiuto in condizioni sismiche
1347_20_STAB 2 SIS	1.37	201	scarpata in rifiuto e arginello al piede in condizioni sismiche

Verifica sul fronte dei rifiuti



Verifica sul fronte dei rifiuti e arginello al piede



Pertanto poiché i F_s dell'analisi globale del pendio sono sempre superiori a 1 l'analisi è verificata secondo le NTC 2018 e cioè:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq \frac{\sigma_s}{\sigma_m} * \frac{1}{R_2} \Rightarrow 1$$

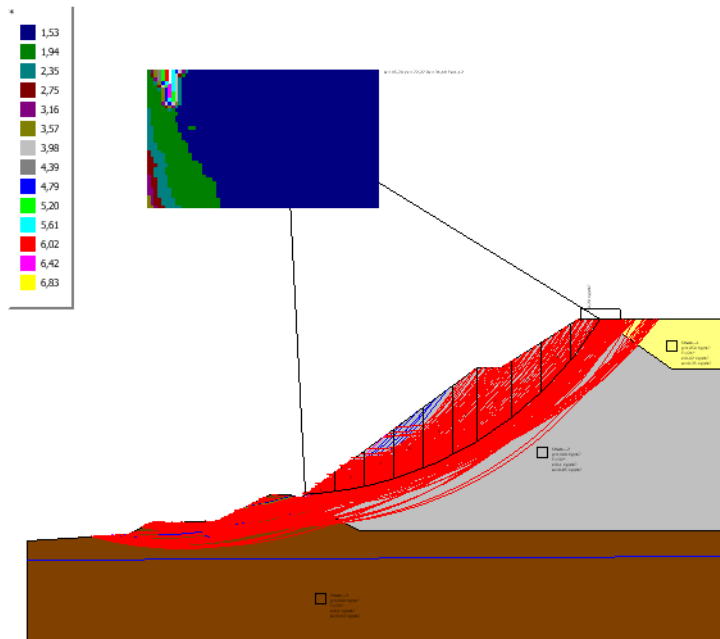
Nell'Allegato alla relazione si riportano le figure relative alle analisi di stabilità dove si riportano le

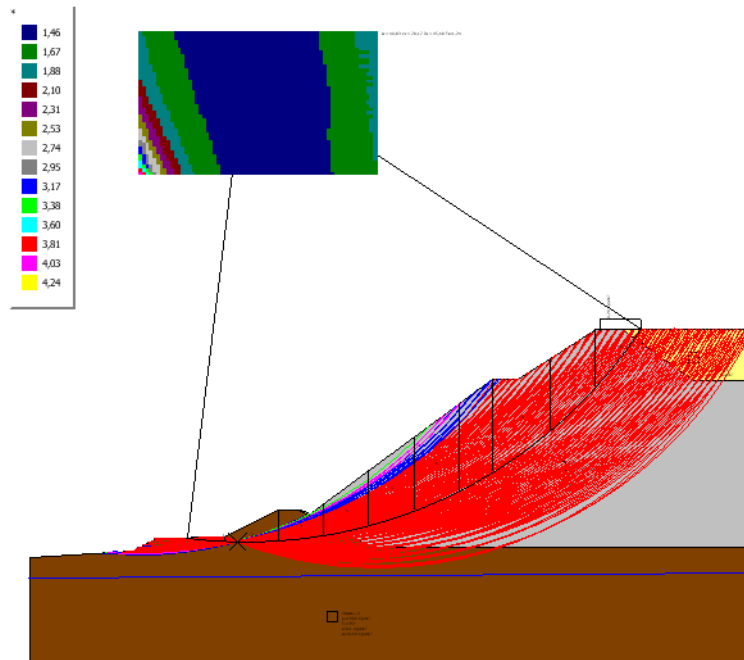
superfici di scorrimento elaborate, con i tabulati delle sezioni di calcolo output utilizzate.

In particolare si evince come le condizioni di stabilità siano confermate sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche e con fattori di sicurezza nelle prime condizioni inferiori alle seconde, come frequentemente accade con le nuove norme sulle costruzioni 2018.

Per agevolare la lettura si riportano in dettaglio le verifiche di stabilità in condizioni sismiche in quanto le più gravose in termini di sicurezza.

TABULATI VERIFICHE DI STABILITA' STATICHE 1347_20_STAB 1 Analisi di stabilità dei pendii conBISHOP





TABULATI VERIFICHE DI STABILITA' DINAMICHE

1347_20 _ STAB 1 SIS Analisi di stabilità dei pendii conBISHOP

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	31,95 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	64,04 m
Ascissa vertice destro superiore xs	54,87 m
Ordinata vertice destro superiore ys	77,76 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,014
Coefficiente azione sismica verticale	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,1	35,5
7	47,1	35,2
8	47,2	35,3
9	64,7	48,2
10	67,1	48,2
11	74,7	53,0
12	77,1	53,0
13	90,0	53,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	19,93	29,0
2	90,07	29,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,1	35,5
7	47,1	35,2
8	47,2	35,3
9	64,7	48,2
10	67,1	48,2
11	74,7	53,0
12	77,1	53,0
13	77,1	53,0
14	84,0	48,0
15	90,0	48,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,0	35,5
7	53,0	32,0
8	90,0	32,0

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

c: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0.02	0.35	26	1050	1200	0,00	Fanghi	
2	0.1	0.85	32	1400	1800	0,00	Rifiuto indifferenziato	
3	0.1	0.60	35	1900	2200	0,00	Terreno naturale	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	75	53	79	53	0,2

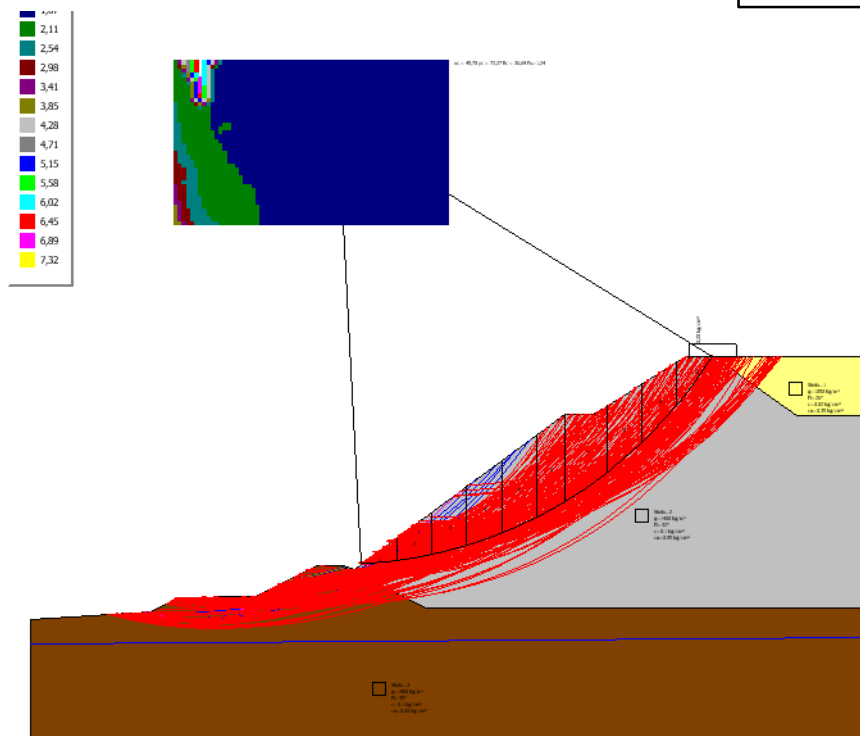
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A1+M1+R2]]

Fs minimo individuato	1,24
Ascissa centro superficie	45,7 m
Ordinata centro superficie	72,27 m
Raggio superficie	36,69 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 45,698 yc = 72,27 Rc = 36,695 Fs=1,2399

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,93	5,3	2,94	3985,41	55,8	27,9	0,1	32,0	0,0	3674,0	3519,8
2	2,93	10,0	2,97	11224,7	157,15	78,57	0,1	32,0	0,0	10287,3	6318,8
3	2,93	14,6	3,03	17459,54	244,43	122,22	0,1	32,0	0,0	15782,6	8662,7
4	2,93	19,4	3,11	22634,45	316,88	158,44	0,1	32,0	0,0	20263,4	10597,3
5	2,93	24,4	3,21	26664,29	373,3	186,65	0,1	32,0	0,0	23771,5	12144,3
6	2,42	29,0	2,76	24115,59	337,62	168,81	0,1	32,0	0,0	21531,4	10899,6
7	3,44	34,4	4,17	29934,33	419,08	209,54	0,1	32,0	0,0	26687,6	14013,1
8	2,93	40,7	3,86	21934,26	307,08	153,54	0,1	32,0	0,0	19614,9	10835,0
9	2,93	47,1	4,3	17993,52	251,91	125,95	0,1	32,0	0,0	16062,3	9637,4
10	2,93	54,4	5,03	12639,74	176,96	88,48	0,1	32,0	0,0	10708,6	7877,9



1347_20_STAB 2 SIS Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	30,52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	67,88 m
Ascissa vertice destro superiore xs	53,44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	81,6 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,014
Coefficiente azione sismica verticale	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,1	35,5
7	47,1	35,2
8	47,2	35,3
9	64,7	48,2
10	67,1	48,2
11	74,7	53,0
12	77,1	53,0
13	90,0	53,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	19,93	29,0
2	90,07	29,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,1	35,5
7	47,1	35,2
8	47,2	35,3
9	64,7	48,2
10	67,1	48,2
11	74,7	53,0
12	77,1	53,0
13	77,1	53,0
14	84,0	48,0
15	90,0	48,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,0	35,5
7	53,0	32,0
8	90,0	32,0

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

c: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0.02	0.35	26	1050	1200	0,00	Fanghi	
2	0.1	0.85	32	1400	1800	0,00	Rifiuto indifferenziato	
3	0.1	0.60	35	1900	2200	0,00	Terreno naturale	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	75	53	79	53	0,2

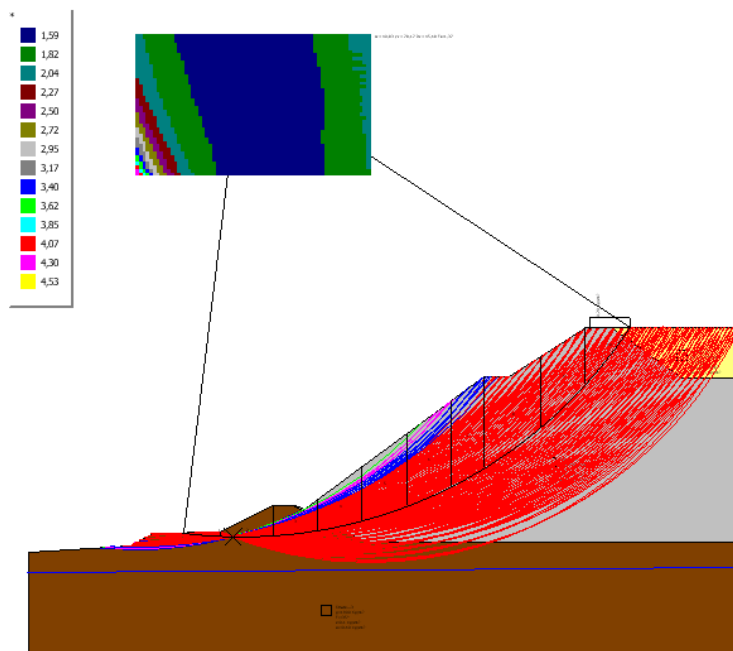
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A1+M1+R2]]

Fs minimo individuato	1,37
Ascissa centro superficie	40,83 m
Ordinata centro superficie	78,17 m
Raggio superficie	45,68 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 40,83 yc = 78,172 Rc = 45,68 Fs=1,3667

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,63	-4,8	3,64	1500,15	21,0	10,5	0,1	35,0	0,0	1756,5	2970,0
2	5,2	0,7	5,2	16835,32	235,69	117,85	0,1	35,0	0,0	16707,8	10304,6
3	4,3	6,7	4,33	21795,32	305,13	152,57	0,1	35,0	0,0	20601,6	11439,0
4	4,38	12,2	4,48	25749,33	360,49	180,25	0,1	32,0	0,0	23790,6	11796,0
5	4,38	17,9	4,6	38308,19	536,31	268,16	0,1	32,0	0,0	35036,7	16155,3
6	4,38	23,8	4,79	47871,67	670,2	335,1	0,1	32,0	0,0	43691,7	19565,2
7	3,26	29,2	3,74	39854,71	557,97	278,98	0,1	32,0	0,0	36589,1	16219,3
8	5,49	35,8	6,77	56679,69	793,52	396,76	0,1	32,0	0,0	52475,0	24121,2
9	4,38	43,8	6,07	39196,7	548,75	274,38	0,1	32,0	0,0	37178,1	17864,5
10	4,38	52,1	7,12	26303,98	368,26	184,13	0,1	32,0	0,0	25000,1	13869,8



VERIFICA DI STABILITA' IN CONDIZIONI SISMICHE DEL FRONTE DI RIFIUTO A CAPPING ULTIMATO: METODO DI SPENCER

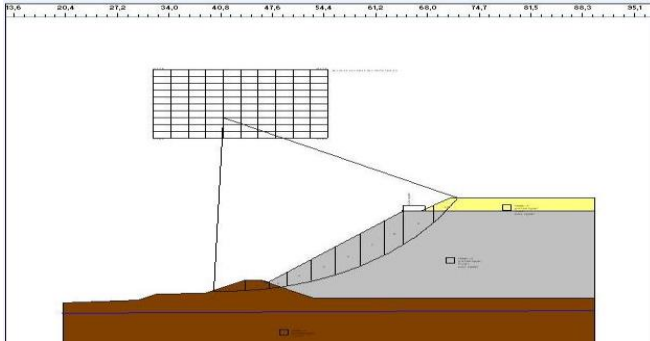
Come per i precedenti paragrafi, le verifiche in oggetto sono state condotte in campo bidimensionale con programma GEOSTRU SLOPE in licenza, valutando le condizioni sismiche in quanto più cautelative.

A seguire sono riportate integralmente gli output delle verifiche con fattore di sicurezza FS minimo calcolato su 7 metodiche più usuali. I fattori FS risultanti sempre superiori all'unità con i relativi coefficienti riduttivi all'equilibrio γ_R normati e visibili nei fogli output.

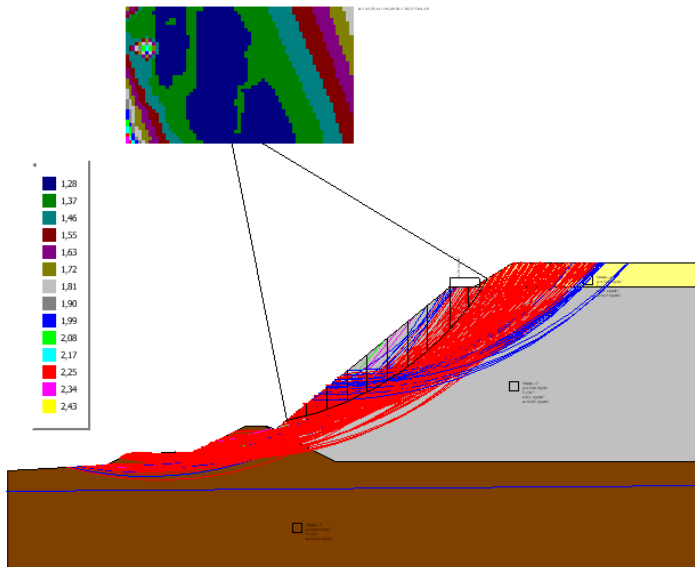
Pertanto la verifica di stabilità in condizioni sismiche del fronte di rifiuto a capping ultimato risulta soddisfatta.

Metodica di calcolo	Condizioni sismiche
FELLENIOUS	1.19
BISHOP	1.19
JAMBU	1.35
MORGENSTERN & PRICE	1.19
SPENCER	1.19
BELL	1.20

GEOMETRIA DI VERIFICA



E' stata condotta anche la verifica nelle condizioni di capping ultimato per i lotti 1 e 2, al fine di garantire i necessari elementi conoscitivi per lungo periodo: anche in questo caso è stata inserita la massima escursione positiva della falda ed i sovraccarichi per transito automezzi sul ciglio di scarpata.



Proprietà Configurazione

Maglia centri / Opere di intervento / Carichi

Vincoli / Opzioni di analisi / Sintesi calcolo

Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 213
 Valore minimo di Fs: 1,19
 Valore max di Fs: 2,43

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
42,26	66,09	30,57	1,19146

Ricalcola

Intervalli di visualizzazione

Superficie a fattore minimo
 Superfici calcolate
 Superfici da visualizzare

1,19 - 1,56 1,56 - 1,94
 1,94 - 2,31 2,31 - 2,69
 2,69 - 3,06 3,06 - 3,43

Visualizza

Maglia centri Mappa Fattori
 Isolinee
 Mappa colori

Pos. legenda (x,y)

Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

Relazione ridotta

VERIFICA DI STABILITA' IN CONDIZIONI SISMICHE : METODO DI SPENCER

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	31,95 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	64,04 m
Ascissa vertice destro superiore xs	54,87 m
Ordinata vertice destro superiore ys	77,76 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,014
Coefficiente azione sismica verticale	0,007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,1	35,5
7	47,1	35,2
8	47,2	35,3
9	64,7	49,5
10	67,1	49,5
11	71,0	52,0
12	77,1	52,0
13	90,0	52,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	19,93	29,0
2	90,07	29,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9
5	44,0	35,5
6	46,1	35,5
7	47,1	35,2
8	47,2	35,3
9	64,7	49,5
10	67,1	49,5
11	90,0	49,5

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	20,0	31,0
2	30,0	31,6
3	32,3	32,8
4	38,8	32,9

5	44,0	35,5
6	46,0	35,5
7	53,0	32,0
8	90,0	32,0

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

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.1	0.2	27	1500	1700	0,00	TERRENO VEGETALE
2	0.1	0.85	31	1500	1800	0,00	FANGO STABILIZZATO E RIFIUTO ETEROGENEO
3	0	0.60	33	1800	2200	0,00	TERRENO NATURALE

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	64,7	49,5	67,7	49,5	0,2

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,19
Ascissa centro superficie	42,26 m
Ordinata centro superficie	66,09 m
Raggio superficie	30,57 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 42,26 yc = 66,095 Rc = 30,573 Fs=1,1915

Lambda = 0,648

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	2,03	13,13	2,09	1843,36
2	2,03	17,08	2,12	5193,45
3	2,03	21,11	2,18	8072,48
4	2,03	25,25	2,25	10444,54
5	2,03	29,55	2,33	12260,11

6	2,03	34,03	2,45	13449,78
7	2,03	38,77	2,6	13914,78
8	2,3	44,21	3,21	15217,4
9	1,76	49,78	2,73	11922,13
10	2,03	55,72	3,61	5315,16

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1363,86	2104,89	0,0	0,0	951,94	2027,37	0,0
2	2857,19	4409,57	1363,86	2104,89	4227,21	3558,8	0,0
3	4139,06	6387,92	2857,19	4409,57	7059,42	4897,22	0,0
4	4973,21	7675,27	4139,06	6387,92	9244,86	5951,42	0,0
5	5213,35	8045,89	4973,21	7675,27	10629,7	6654,18	0,0
6	4798,99	7406,41	5213,35	8045,89	11104,61	6960,48	0,0
7	3762,03	5806,03	4798,99	7406,41	10609,66	6851,17	0,0
8	1877,22	2897,16	3762,03	5806,03	10157,05	7103,08	0,0
9	191,0	294,78	1877,22	2897,16	6726,7	5167,06	0,0
10	13,03	20,11	191,0	294,78	2826,6	4046,5	0,0

STABILITA' DELLA COPERTURA DEL CAPPING IN RELAZIONE ALLA NUOVA MORFOLOGIA PROPOSTA

La modifica del profilo di fine conferimento rifiuti, in particolare nelle aree laterali della discarica, determina un nuovo assetto morfologico della copertura definitiva, caratterizzato da una debole pendenza nella parte centrale ed un raccordo al piano campagna nella fascia perimetrale con una generale riduzione dell' inclinazione di quelle preesistenti

Come si evince dalla tabella a seguire la sezione a pendenza maggiore si sviluppa nel transetto 4Est in cui l'inclinazione sull'orizzontale è di 21 ° sessagesimali-

Si riportano pertanto le verifiche di carattere geotecnico a sostegno delle nuove soluzioni progettuali.

Nell'eventualità che non si utilizzino trincee di ancoraggio sommitali per i geosintetici (consigliati), si riportano le condizioni gerarchicamente più critiche da analizzare nei confronti della stabilità sia statica sia sismica ai sensi delle NTC 2018 all'interfaccia tra i seguenti elementi stratigrafici della copertura:

1. geocomposito drenante su geomembrana in HDPE
2. terreno vegetale su geocomposito drenante
3. geomembrana in HDPE su geocomposito bentonitico
4. strato limoso argilloso su geocomposito bentonitico

In ogni caso si consiglia di utilizzare guaine in PEHD rugoso in ambo le faccie ed ancoraggi in trincea a "girappoggio" per le tratte più acclivi e lunghe.

Si riportano a livello indicativo valori di angolo di attrito all'interfaccia dei più usuali materiali utilizzabili nella costruzione dei capping discariche

INTERFACCIA	ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO φ'_{T1}
Geomembrana HDPE - Sabbia	15+28
Geomembrana HDPE - Argilla	5+29
Geotessile - Sabbia	22+44
Geocomposito bentonitico - Sabbia	20+25
Geocomposito bentonitico - Argilla	14+16
Geomembrana HDPE a.m. - Ghiaia sferoidale (Pm gravel)	20+25
Geomembrana HDPE a.m. - Sabbia	30+45
Geomembrana HDPE a.m. - Argilla compattata	7+35 ($c' = 20+30$ kPa)
Geotessile - Argilla	15+33

Figura 5 – Caratteristiche di resistenza al taglio di interfaccia geosintetico-terreno (Manassero et al., 1996, 2011)

INTERFACCIA	ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO φ'_{T1}
Georete - Geomembrana HDPE	8+10
Geomembrana HDPE - Geotessile	8+18
Geotessile - Georete	10+27
Geocomposito bentonitico - Geomembrana HDPE a.m.	15+25
Geocomposito bentonitico - Geomembrana HDPE	8+16
Geocomposito bentonitico	7+35 ($c' = 20+30$ kPa)
Georete - Geomembrana HDPE a.m.	10+25
Geotessile - Geomembrana HDPE a.m.	14+52

Figura 6 – Caratteristiche di resistenza al taglio di interfaccia geosintetico-geosintetico (Manassero et al., 1996, 2011)

VERIFICA 1

Come è noto, l'interfaccia più debole tra il “pacchetto” di copertura è quella che regola la stabilità del capping in pendio. Nel caso in esame l'interfaccia meno resistente, ossia che possiede il minore angolo di attrito, è quella tra il geotessile non tessuto del geocomposito drenante e la geomembrana. A tale interfaccia si può attribuire un angolo di attrito pari a $\varphi'_i=21^\circ$.

Tale valore è stato ricavato, in modo conservativo, dalla normativa UNE 104425-11/2001 “Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con lamina de polietileno de alta densidad”, di cui si allega tabella.

La tabella in questione in particolare per le guaine in HDPE ricalca esperienze svolte dallo scrivente (dal 1983) e risultati sperimentali sui geosintetici reperibili in bibliografia

Coefficientes aproximados de rozamiento entre materiales

ϕ°	Arcilla	Arena	Grava	Geotextil Agujado	Geotextil Termosoldado	PEAD Rugoso	PEAD Liso	Geocom-puesto impermeabilizante	Residuos
Arcilla	18								
Arena	22	26							
Grava	24	30	35						
Geotextil Agujado	28	28	27	20					
Geotextil Termosoldado	23	21	21	20	17				
PEAD Rugoso	21	24	35	27	21	30			
PEAD Liso	15	18	18	9	8	24	15		
Geocompuesto Impermeabilizante	30	30	28	22	20	30	16	25	
Residuos	30	30	32	25	19	30	12	25	35

A livello operativo si consiglia di “cucire“ (se necessario per le pendenze) tra loro i pannelli con legature in PehD parallelamente alla massima pendenza delle scarpate in modo da creare un effetto di ancoraggio a campana continuo a 360 °.

Il geocomposito bentonico sarà opportuno che abbia una robusta impuntura.

VERIFICA 2

Nel presente paragrafo si illustra il procedimento di calcolo seguito per definire il valore di resistenza a trazione del geocomposito di rinforzo tridimensionale previsto all'interfaccia tra il terreno di copertura finale e il sottostante telo geosintetico.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le normative di riferimento adottate sono le seguenti:

- D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni 2018”;
- Circolare 17 luglio 2018, "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n. 36 “Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti”.

La natura della verifica riguarda la possibile traslazione del sistema di copertura sintetico/naturale, lungo il piano di posa, per effetto delle azioni applicate.

VERIFICA DI STABILITA' DEL SISTEMA GEOSINTETICO DI COPERTURA

Le verifiche di stabilità allo scivolamento sono state implementate in accordo con le nuove disposizioni normative introdotte dalle NTC 2018.

Rispetto al precedente approccio progettuale, che si rifaceva al principio delle tensioni ammissibili, il nuovo riferimento normativo rappresentato dalle NTC 2008, prevede l'adozione dell'approccio agli stati limite (sia ultimo – SLU - che di esercizio - SLE) per le verifiche di stabilità di un'opera.

Occorrerà pertanto in fase preliminare specificare apertamente le scelte progettuali adottate in termini di parametri di progetto e di tipologia di verifiche, specificando secondo quali tipi di approcci

verrà eseguita la verifica di stabilità.

La logica di fondo su cui si fondano le nuove disposizioni tecniche si riassumono nella seguente disequazione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d rappresenta il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni sulla struttura, mentre R_d rappresenta il valore di progetto della resistenza.

Generalmente le verifiche possono essere eseguite secondo uno dei seguenti possibili approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

- Combinazione: (A1+M1+R3)

Ciascun approccio con le relative combinazioni coinvolgono una serie di parametri numerici (amplificativi o riduttivi a seconda della natura della grandezza fisica coinvolta) che la normativa suddivide in tre categorie:

- coefficienti parziali sulle azioni (parametri A)
- coefficienti parziali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni (parametri M)
- coefficienti parziali sulle resistenze (parametri R)

Il secondo approccio identifica una combinazione con gruppi di coefficienti adottabili sia nel dimensionamento strutturale che in quello geotecnico.

Si è deciso quindi di adottare l'approccio 2 combinazione A1+M1+R3.

Di seguito vengono riportati integralmente le tabelle relative a ciascuna dei 3 gruppi di fattori numerici, a seguito estrapolazione dal testo unico NTC 2018, cap. 6 Progettazione geotecnica.

Tab. 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficienti parziali γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti G_2	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni Variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Si precisa che lo strato di terreno posto sopra il sistema geosintetico è stato considerato come un'azione permanente di tipo strutturale, contribuendo in maniera sostanziale al comportamento dell'opera. Pertanto, la sua componente W (forza peso applicata al sistema) è stata in condizioni statiche amplificata del fattore γ_{G1} pari a 1,3 (vedi tabella A1).

Tab. 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	Grandezza alla quale applicare il coeff. parziale	Coefficienti parziali γ_M	M1	M2

Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.5.1 - Coefficienti parziali per le resistenze			
Tipo di verifica	coefficienti parziali γ_R		
	R1	R2	R3
Scorrimento	1	1	1,1

MODELLO ANALITICO DI CALCOLO ADOTTATO

Il modello di calcolo assunto per le verifiche di stabilità allo scivolamento del sistema di copertura della sponda è schematizzato nel Figura 1 sottostante.

Si tratta di un versante definito di lunghezza L , alla cui base è prevista l'applicazione di una componente stabilizzante P_p dovuta alla spinta passiva del terreno che si genera in corrispondenza del cuneo posto alla base del pendio.

Lo schema concettuale prevede la presenza di uno strato di terreno lungo tutto lo sviluppo del versante (L) per uno spessore t .

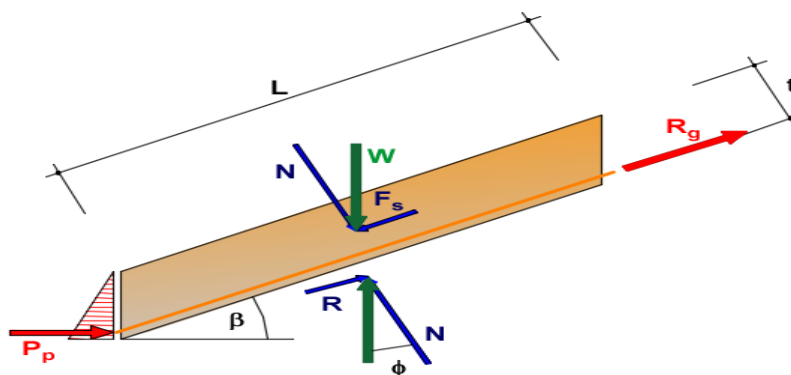


Figura 1 – Schema di calcolo usato per le verifiche

La componente forza peso del terreno (W) genera due componenti, F_s parallela e N normale al pendio.

Per effetto dell'angolo di attrito all'interfaccia tra terreno e prodotto geosintetico si genererà una componente resistita R .

Nel caso in cui la componente **R** non fosse in grado di rendere verificata la disequazione di progetto ($E_d \leq R_d$), sarà necessario attivare una componente aggiuntiva **R_g**, generata dal telo aggrappante, che consentirà il soddisfacimento della relazione analitica.

La verifica viene impostata sulla base dei seguenti step:

- Applicazione dei coefficienti correttivi secondo le NTC 2018;
- Sulla base del modello di calcolo adottato, **si valuta inizialmente il valore di R**, al fine di verificare se, in base alle condizioni geometriche al contorno della sezione analizzata, si renda necessario ricorrere all'impiego di un geosintetico di rinforzo;
- Nel caso in cui la verifica non dovesse rispettare i requisiti minimi imposti dalla normativa, si procede con il calcolo della resistenza a trazione del geosintetico di rinforzo (**R_g**).

RISULTATI DI CALCOLO

La sezione analizzata presenta le seguenti caratteristiche geometriche

L_{tot} = 22 m di cui:

- I primi 5 m con canalina di ancoraggio rompitratta parallela alle isoipse
- I restanti 17 m dalla canalina di ancoraggio sommitale rompitratta alla canale di drenaggio al piede scarpata (ancoraggio al piede)

Riassumendo la geometria di verifica è la seguente:

- L = **17 m**;
- β = **21°**;

Il primo step di calcolo prevede di determinare il valore di **R_d**.

Le **forze agenti** sul sistema valutate dal modello sono rappresentate dalla componente della forza peso del terreno lungo il pendio (Figura 1).

$$W = \gamma_d \cdot t \cdot L = \mathbf{353.60 \text{ kN/m}}$$

Dove:

- γ = peso specifico del terreno all'umidità naturale = **16 kN/m³**;
- γ_{G1} = 1.3;
- c' = coesione = **0 kN/m²** cautelativamente
- t = spessore dello strato di terreno = **1 m**;
- L = lunghezza del pendio = **17 m**;

La componente peso dello strato di terreno gravante sulla barriera composita viene considerata un'azione permanente di tipo strutturale per il sistema, per cui viene opportunamente amplificata del fattore 1,3 (γ_{G1} della tabella delle NTC relativamente ai parametri M), ottenendo un valore pari a **20.80 kN/m²**.

La componente parallela al pendio generata dalla forza peso è la seguente:

$$E_d = F_s = W \cdot \sin(\beta) = \mathbf{353.60 \cdot \sin(21) = 126.72 \text{ kN/m}}$$

Le **forze resistenti R_d** sono rappresentate dalla sola componente **R** sviluppata lungo la superficie di interfaccia ritenuta potenzialmente critica e la spinta passiva al piede **P_p**.

Il valore di δ (angolo di attrito all'interfaccia) pari viene ridotto attraverso il coefficiente γ_m che viene posto pari a 1.10 per le resistenze:

$$\delta_{\text{ridotto}} = \arctan(\tan(\delta/\gamma_m(\phi))) = \mathbf{21.10^\circ}$$

Ottenendo, così **R**:

$$R = N \cdot \tan(\delta_{\text{ridotto}}) = \mathbf{330.11 \cdot \tan(21.10) = 127.39 \text{ kN/m}}$$

Dove:

$$N = \text{Componente normale di } W = W \cdot \cos(\beta) = \mathbf{353.60 \cdot \cos(21) = 330.11 \text{ kN/m}}$$

Pertanto si verifica la condizione in cui $E_d \leq R_d$, il rinforzo non è necessario ed il pendio risulta stabile

VERIFICA 3 e 4

L'angolo d'attrito disponibile all'interfaccia tra geomembrana in HDPE e telo bentonitico e tra strato limoso di copertura provvisoria su bentonitico o TNT (Geotessile non tessuto) cautelativamente è sempre applicabile uguale o superiore a 21° (raggiungendo anche i 30 °) pertanto la verifica è omologa a quella precedente (terreno vegetale su geocomposito drenante) e soddisfatta.

STABILITA' GLOBALE DELLA COPERTURA DEL CAPPING IN RELAZIONE ALLA NUOVA MORFOLOGIA PROPOSTA

Da ultimo si verificano le condizioni di stabilità globali della copertura e del rifiuto abbancato con le nuove pendenze di progetto. Dalle verifiche esperite con software dedicato si evince un fattore di sicurezza conforme alle norme NTC 2018 sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche. A seguire i dettagli delle verifiche.

7.11.4 FRONTI DI SCAVO E RILEVATI (NTC 2018)

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ ed $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, **ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto**

calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

PARAMETRI SISMICI DETERMINATI CON GEOSTRU PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50 Tipo di elaborazione: Fronti di scavo e rilevati

Tipo di elaborazione: Fronti di scavo e rilevati

Sito in esame.

Coordinate WGS84

latitudine: 40.086143

longitudine: 8.980026

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 60 [anni]

ag: 0,025 g

Fo: 2,685

Tc*: 0,299 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 101 [anni]

ag: 0,031 g

Fo: 2,730

Tc*: 0,307 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 949 [anni]

ag: 0,060 g

Fo: 2,976
Tc*: 0,371 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1950 [anni]
ag: 0,071 g
Fo: 3,061
Tc*: 0,393 [s]

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

SLO:

Ss: 1,800
Cc: 2,280
St: 1,000
Kh: 0,000
Kv: 0,000
Amax: 0,448
Beta: 0,000

SLD:

Ss: 1,800
Cc: 2,260
St: 1,000
Kh: 0,027
Kv: 0,013
Amax: 0,554
Beta: 0,470

SLV:

Ss: 1,800
Cc: 2,050
St: 1,000
Kh: 0,041
Kv: 0,020
Amax: 1,057
Beta: 0,380

SLC:

Ss: 1,800
Cc: 1,990
St: 1,000
Kh: 0,000
Kv: 0,000
Amax: 1,248
Beta: 0,000

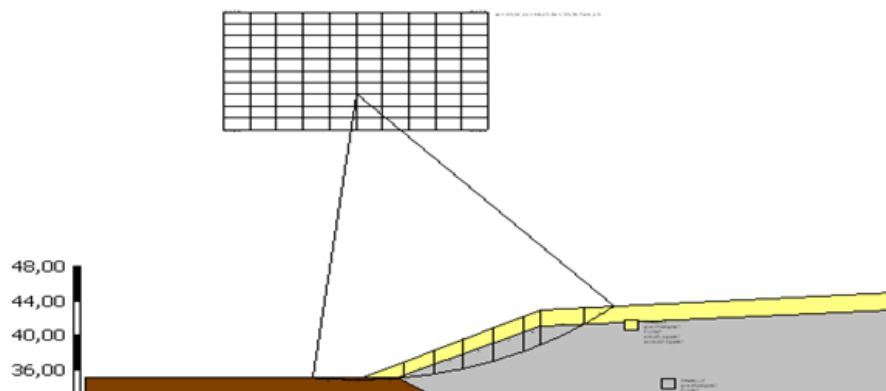
VERIFICHE DI STABILITA' DELLE SCARPATE DEL RILEVATO FINALE DELLA DICARICA SIGED DI SCALA ERRE 1 E 2 LOTTO

Le verifiche in oggetto sono state condotte in campo bidimensionale con programma GEOSTRU SLOPE in licenza, valutando le condizioni sia statiche e sismiche.

A seguire sono riportate integralmente gli output delle verifiche con fattore di sicurezza FS minimo calcolato su 7 metodiche più usuali. I fattori FS risultanti sempre superiori all'unità con i relativi γ_R normati e visibili nei fogli output

Metodica di calcolo	Condizioni sismiche
FELLENIOUS	2.57
BISHOP	2.56
JAMBU	2.94
MORGENSTERN & PRICE	2.56
SPENCER	2.55
BELL	2.66
SARMA	2.61

Schema generale di calcolo



ANALISI DI STABILITA' CAPPING GLOBALE IN CONDIZIONI SISMICHE : METODO DI BISHOP

Zona	SCALA ERRE SS
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	31,95 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	64,04 m
Ascissa vertice destro superiore xs	54,87 m
Ordinata vertice destro superiore ys	77,76 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,041
Coefficiente azione sismica verticale	0,0 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	20,0	35,0
2	47,0	35,0
3	44,0	35,0
4	59,4	43,0
5	90,0	45,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	20,0	35,0
2	47,0	35,0
3	47,0	35,0
4	47,0	35,0
5	47,0	35,0
6	59,4	41,0
7	90,0	43,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	20,0	35,0
2	47,0	35,0
3	57,0	28,0
4	90,0	28,0

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

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0,02	0.02	27	1500	1600	0,00	CAPPING	
2	0,85		25	1050	1150	0,00	RIFIUTO	
3	0,6	0	33	1800	2100	0,00	TERRENO NATURAL E	

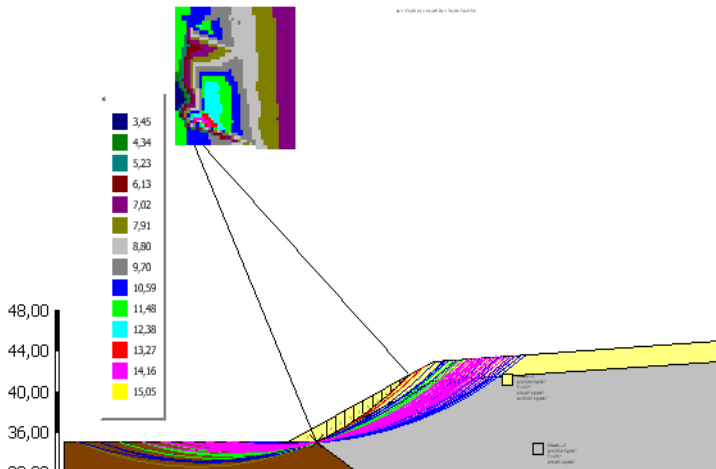
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2,56
Ascissa centro superficie	33,09 m
Ordinata centro superficie	66,09 m
Raggio superficie	34,06 m

Numero di superfici esaminate....(55)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	40,0	64,7	30,5	9,22
2	41,1	64,0	29,6	8,28
3	42,3	64,7	30,1	7,45
4	43,4	64,0	29,3	6,79
5	33,1	66,1	34,1	2,56
6	38,8	65,4	31,5	9,95
7	41,1	65,4	31,0	7,90
8	42,3	66,1	31,5	7,37
9	43,4	65,4	30,6	6,74
10	34,2	66,8	34,2	15,05
11	35,4	67,5	34,5	12,21
12	37,7	67,5	33,8	11,01
13	38,8	66,8	32,8	9,76
14	40,0	67,5	33,2	8,75
15	41,1	66,8	32,3	7,56
16	42,3	67,5	32,8	7,30
17	43,4	66,8	32,0	6,69
18	44,6	67,5	32,6	6,22
19	31,9	68,2	36,4	2,58
20	33,1	68,8	36,6	3,24
21	36,5	68,2	34,8	11,95
22	40,0	68,8	34,6	8,40
23	42,3	68,8	34,2	7,25
24	44,6	68,8	33,9	6,22
25	35,4	70,2	37,1	12,45
26	36,5	69,5	36,1	11,40
27	37,7	70,2	36,4	10,72
28	40,0	70,2	35,9	8,09
29	42,3	70,2	35,5	7,20
30	43,4	69,5	34,7	6,65
31	44,6	70,2	35,3	6,22
32	31,9	70,9	38,9	3,27
33	37,7	71,6	37,8	9,97
34	38,8	70,9	36,8	9,04
35	40,0	71,6	37,3	8,38
36	42,3	71,6	36,9	7,15
37	43,4	70,9	36,1	6,64
38	44,6	71,6	36,7	6,23

39	40,0	73,0	38,6	8,29
40	42,3	73,0	38,3	7,12
41	44,6	73,0	38,0	6,25
42	33,1	74,3	41,7	4,84
43	38,8	73,6	39,5	8,43
44	40,0	74,3	40,0	8,22
45	41,1	73,6	39,1	7,64
46	44,6	74,3	39,4	6,26
47	33,1	75,7	43,0	5,37
48	34,2	76,4	43,3	11,91
49	37,7	77,1	43,1	8,80
50	38,8	76,4	42,2	8,83
51	40,0	77,1	42,7	8,09
52	41,1	76,4	41,8	7,56
53	42,3	77,1	42,3	7,09
54	43,4	76,4	41,5	6,73
55	41,1	77,8	43,2	7,53



Proprietà		Coordinate	
Maglia centri	Opere di intervento	Carichi	
Vincoli	Opzioni di analisi	Sintesi calcolo	
Sintesi calcolo			
Superfici calcolate		55	
Valore minimo di Fs		2,56	
Valore max di Fs		15,05	
Ricalcola			
Xc	Yc	Rc	Fs
33,09	66,09	34,06	2,55566
Ricalcola			
Intervallo di visualizzazione			
<input type="radio"/> Superficie a fattore minimo			
<input checked="" type="radio"/> Superfici calcolate			
<input type="radio"/> Superfici da visualizzare			
<input type="radio"/> 2,56 - 4,81		<input type="radio"/> 4,81 - 7,05	
<input type="radio"/> 7,05 - 9,30		<input type="radio"/> 9,30 - 11,55	

Pertanto poiché i Fs dell'analisi globale del pendio sono sempre superiori a 1 l'analisi è verificata secondo le NTC 2018 e cioè:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq \frac{\sigma_s}{\sigma_m} * \frac{1}{R_2} \Rightarrow 1$$

