

S.S. 260 "PICENTE"
**LAVORI DI ADEGUAMENTO PLANO ALTIMETRICO
DELLA SEDE STRADALE**

Lotto "3" – da San Pelino a Marana di Montereale (Aq)
**Convenzione di Cofinanziamento ANAS – Regione Abruzzo – Provincia di
L'Aquila in data 28/11/05 Rep. n°25597**

CUP: F11B07000480001 – CIG: 665875741B

PROGETTO ESECUTIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



Sede di Firenze
Viale G. Amendola n.6 int.3
50121 Firenze – 0552001660
www.politecnica.it

Direttore della Progettazione Responsabile Opere stradali ed idrauliche	Responsabile Opere Strutturali Coordinatore Sicurezza in fase di progettazione	Responsabile Geologia	Direttore Tecnico Responsabile Opere Impiantistiche	Responsabile Ambientale
Ing. Marcello Mancone Ord. ing. di Firenze n.5723	Ing. Tommaso Conti Ord. ing. di Pistoia n.1149/A	Dott. Pietro Accolti Gil Ord. geol. della Toscana n.728	Ing. Francesco Frassinetti Ord. ing. Bologna n.5897/A	Arch. Maria Cristina Fregni Ord. arch. di Modena n.611

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. FRANCESCO RUOCCO

IMPRESA ESECUTRICE :

Responsabile di Commessa
Geom. Giacomo Giona
Direttore Tecnico
Ing. Mauro Martini



08–OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO

08.4–RILEVATI IN TERRA RINFORZATA

VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

CODICE PROGETTO		NOME FILE	PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	08.60_P00_OS00_STR_DT07_A	08.60	
L0718B	E	1801	CODICE ELAB. P00 OS00 STR DT07	A	–
A	CONSEGNA LUGLIO 2018	07/2018	CODING	T. CONTI	M.MANCONE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

INDICE.....	1
1. GENERALITÀ	2
1.1. Scopo del documento.....	2
1.2. Normativa di riferimento	2
2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	2
3. METODI DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA	3
3.1. Programma di calcolo.....	3
3.2. Introduzione all'analisi di stabilità.....	3
3.3. Metodo dell'equilibrio limite	3
3.4. Metodo dei conci.....	4
3.5. Metodo di Bishop (1955).....	5
3.6. Valutazione dell'azione sismica.....	5
3.7. Ricerca della superficie di scorrimento critica	6
4. AZIONE SISMICA DI VERIFICA	7
4.1. Periodo di riferimento	7
4.2. Spettri di risposta	7
4.3. Stabilità globale versante	11
5. CARICHI DA TRAFFICO	11
6. ALLEGATO DI CALCOLO	12
6.1. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 1.....	13
6.2. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 2.....	19
6.3. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 3.....	25
6.4. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 4.....	31
6.5. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 5.....	37
6.6. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata rampa 4	43
6.7. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata rampa 5	49
6.8. Verifica di stabilità globale in condizioni di breve termine	57
6.9. Sintesi dei fattori di sicurezza.....	62

1. GENERALITÀ

1.1. Scopo del documento

Nell'ambito della progettazione esecutiva relativa ai lavori di adeguamento piano altimetrico della S.S.260 "Picente" nel tratto della provincia di L'Aquila compreso tra l'innesto della S.S. 80 ed il confine regionale, 3° lotto, da San Pelino a Marana di Montereale, il presente documento esibisce le verifiche di stabilità globale dei versanti, relativamente alle zone che vedono la presenza di terre rinforzate.

1.2. Normativa di riferimento

L'analisi dell'opera e le verifiche di stabilità globale sono condotte in accordo alle vigenti disposizioni legislative e in particolare alle seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008. -Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 29 del 04/02/2008 -Suppl. Ordinario n.30) [NTC08]
- CSLLPP -Circolare 2 febbraio 2009, n.617. – Nuova Circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 27 del 26/02/2009 – Suppl. Ordinario n. 27) [CENTC08]
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si esibiscono di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione individuato lungo l'area di intervento. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nell'elaborato dedicato.

UG di verifica	Peso specifico - γ [kN/m ³]	Coesione - c' [kPa]	Angolo di attrito - ϕ' [°]
Alt2	20	20	35
MCC1b	24	72	35.2
MSS-MCC2	24	96	33.4
b	19	5	24

3. METODI DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA

3.1. Programma di calcolo

Le analisi di stabilità globale sono state effettuate adottando i metodi dell'equilibrio limite, ai fini dell'individuazione delle superfici circolari di scorrimento, sfruttando il codice di calcolo SLOPE/W 2015 (software GeoStru).

3.2. Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

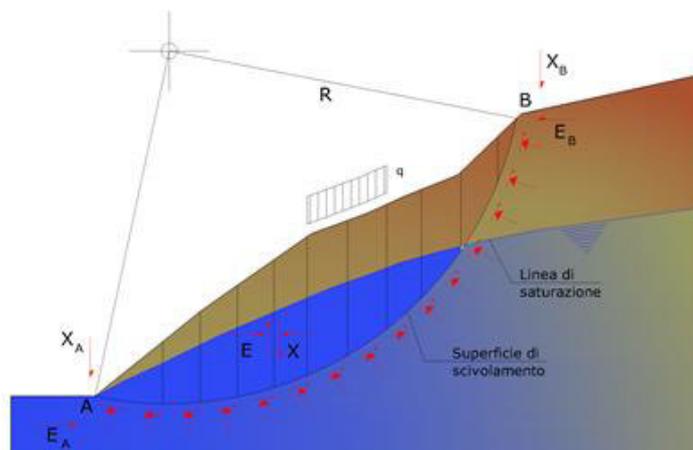
3.3. Metodo dell'equilibrio limite

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

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

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



3.4. Metodo dei conci

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

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

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

Mentre le equazioni a disposizione sono:

8. equazioni di equilibrio dei momenti n ;
9. equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
10. equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
11. equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

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

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

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

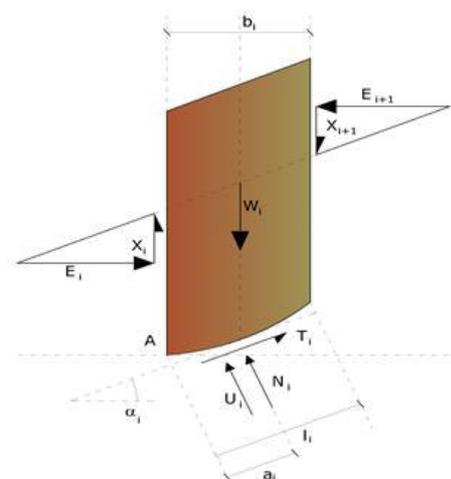
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

3.5. Metodo di Bishop (1955)

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

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

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



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

3.6. Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

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

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

1. **FH** e **FV** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
2. **W** peso concio;
3. **Kx** coefficiente sismico orizzontale;
4. **Ky** coefficiente sismico verticale.

3.7. Ricerca della superficie di scorrimento critica

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

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia mxn e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

4. AZIONE SISMICA DI VERIFICA

4.1. Periodo di riferimento

Il periodo di riferimento per l'azione sismica dipende dal tipo di opera e dalla classe d'uso. I tipi d'opera sono quelli previsti alla tabella 2.4.I delle NTC08 e sono riportati nella tabella 3.1.

Tipi di costruzione		Vita nominale VN in anni
1	Opere provvisorie -Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva(*)	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 3.1 – Vita nominale per diversi tipi di opera

(*) Le verifiche sismiche in strutture provvisorie o in fase costruttiva possono omettersi se la durata è inferiore ai 2 anni

La classe d'uso dipende dall'entità delle conseguenze di una interruzione dell'operatività e/o del collasso della struttura e prevede 4 classi associate a 4 coefficienti (cfr § 2.4.2 NTC08) riportati in tabella 3.2.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tab. 3.2 – Coefficienti d'uso

La variante migliorativa prevede di adottare una Classe d'Uso pari a IV e quindi un coefficiente $C_U = 2$. Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta definito dal prodotto: $V_R = V_N C_U \geq 100$ anni. Il periodo di ritorno dell'azione sismica, per i diversi stati limite, risulta definito dall'espressione: $T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$ (Tab. C.3.2.II della CENTC08) essendo PVR la probabilità di superamento nel periodo di riferimento e definita in 81% (SLO), 63% (SLD), 10% (SLV) e 5% (SLC).

4.2. Spettri di risposta

Lo spettro di risposta elastico ($S_e(T)$ accelerazione spettrale orizzontale, con T periodo proprio della struttura) in accelerazione per le componenti orizzontali definito dalle espressioni di tabella 3.3 (valido per $T \leq 4$ s) dove η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione: $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{0.5} \geq 0.55$.

I fattori a_g ed F_0 rappresentano rispettivamente l'accelerazione massima al sito (m/s^2) ed il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (rilevabili dalle tabelle predisposte dall'INGV e reperibili nell'Allegato B delle NTC08) sul suolo di riferimento.

Le categorie topografiche previste dalle NTC08 sono 4 (fanno riferimento a quanto richiamato nell'EC8:5 - Annex A) e prevedono i coefficienti riportati in tabella 3.4 unitamente ai relativi coefficienti di amplificazione topografica ST. I coefficienti ST sono riferiti alla sommità del pendio o in cresta.

Categoria	Caratteristiche topografiche	ST
T1	Superficie pianeggiate, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.00
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra $15^\circ \div 30^\circ$	1.20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.40

Tab. 3.4 – Coefficienti di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica (SS) dipende dalla natura del suolo e prevede 5 categorie principali di suolo e 2 categorie aggiuntive.

In tabella 3.5 sono riportate le diverse categorie di sottosuolo previste dalle NTC08 (NSPT = numero di colpi/300 mm di prova penetrometrica dinamica standard, per terreni a grana grossa; $c_{U,30}$ = coesione non drenata, per terreni a grana fine; $V_{s,30}$ = velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m dalla base della fondazione). Il coefficiente di amplificazione stratigrafica viene definito nella tabella 3.6 in funzione delle diverse categorie di terreno.

TC è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante espresso in secondi dalla relazione: $TC = CC \cdot T^*C$ dove CC è un coefficiente funzione della stratigrafia (cfr tab. 3.5) e T^*C è rilevabile nell'allegato B delle NTC08.

TB è il periodo corrispondente al tratto dello spettro ad accelerazione costante espresso in secondi dalla relazione: $TB = TC / 3$.

TD è il periodo corrispondente del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi dalla relazione: $TD = 4.0 \cdot (a_g / g) + 1.6$.

Categoria	Descrizione	NSPT,30	$c_{U,30}$ (kPa)	$V_{s,30}$ (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m			> 800
B	Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	> 50	> 250	$360 \div 800$

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	15÷50	70÷250	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 15	< 70	< 180
E	Terreni dei sottosuoli C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento con $V_{s,30} > 800$ m/s			
S1	Depositi di terreni che includono almeno un strato di almeno 8 m di terreni a grana grossa di bassa consistenza, oppure 3 m di torba o di argille altamente organiche		10÷20	< 100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione. Di argille sesitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tab. 3.5 – Categorie di sottosuolo

Categoria di sottosuolo	SS	CC
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 (ag/g) \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T^* C) - 0.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_0 (ag/g) \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T^* C) - 0.33$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 (ag/g) \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T^* C) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 (ag/g) \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T^* C) - 0.40$

Tab. 3.6 – Coefficiente di amplificazione stratigrafica

Si sintetizzano di seguito le caratteristiche sismiche di progetto.

La progettazione delle strutture farà riferimento a:

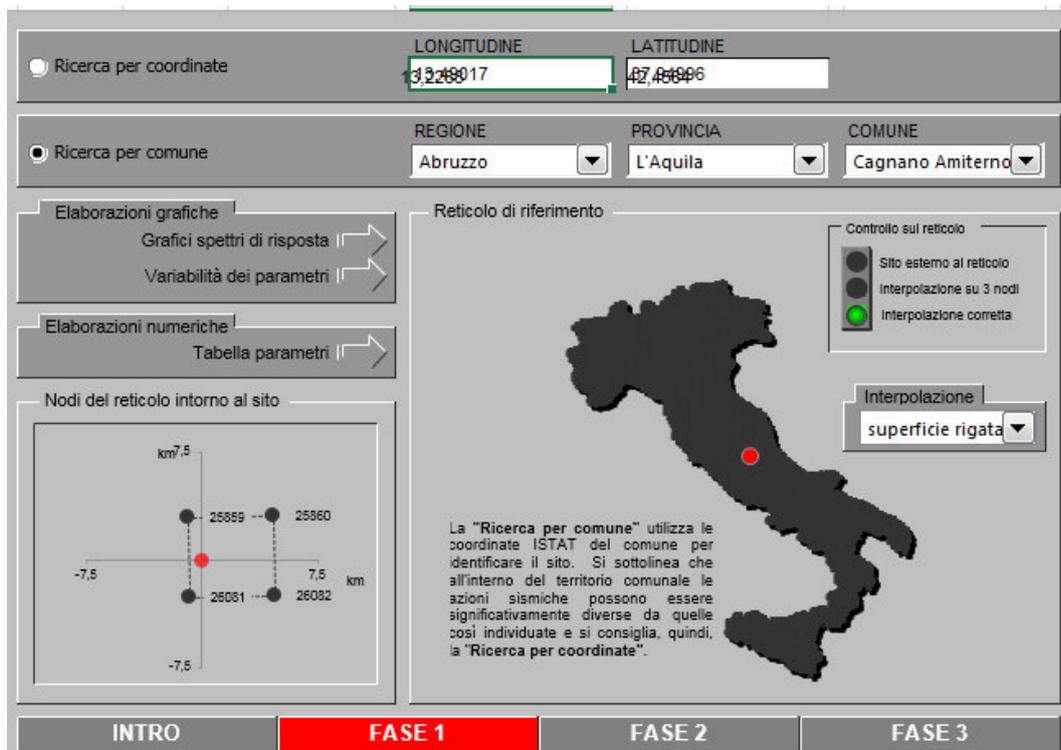
- vita nominale: $V_N = 50$ anni
- classe d'uso: III (base di gara)
- **classe d'uso: IV (Variante Migliorativa)**

da cui risulta:

- coefficiente d'uso: $C_U = 1.5$ (base di gara)
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 75$ anni (base di gara)
- **periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni (Variante Migliorativa)**

Il calcolo delle azioni sismiche, di seguito descritte, viene condotto nel rispetto delle "Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008" e s.m.i.

Il sito preso come riferimento per la determinazione delle azioni sismiche è Cagnano Amiterno (AQ).



LONGITUDINE: 13,268017 LATITUDINE: 42,44866

REGIONE: Abruzzo PROVINCIA: L'Aquila COMUNE: Cagnano Amiterno

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito: km7,5, -7,5, 7,5, -7,5, 25859, 25860, 26081, 26082

Controllo sul reticolo: Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,330 g
F_a	2,336
T_c	0,361 s
S_s	1,084
C_c	1,343
S_t	1,200
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,301
η	1,250
T_E	0,162 s
T_C	0,487 s
T_D	2,313 s

Pertanto per le analisi in condizioni sismiche dell'opera in oggetto sono stati utilizzati i seguenti valori:

- categoria di sottosuolo: B
- Coefficiente topografico T2: $S_t=1.20$
- fattore di sito: $S_s = 1.084$
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido: $a_g = 0.330$ g
- massima accelerazione $a_{max} = 0.429$ g

4.3. Stabilità globale versante

Con riferimento ai parametri suddetti, la determinazione dei coefficienti sismici per le verifiche di stabilità dell'opera è stata condotta in accordo al paragrafo 7.11.3.5.2 del DM 14/01/2008; in particolare, assumendo $\beta_s = 0.28$, come ricavabile seguente Tabella 1.

Tabella 1: coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

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

Da cui risulta:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.120$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.060$$

5. CARICHI DA TRAFFICO

Si tiene conto del traffico stradale mediante l'applicazione di un carico uniformemente distribuito sulla carreggiata di entità pari a 20kPa. Cautelativamente questo è stato considerato anche nell'analisi in condizioni sismiche.

6. ALLEGATO DI CALCOLO

Le verifiche riportate di seguito relativamente ai pendii caratterizzati dalla presenza di terre rinforzate, sono effettuate, per ciascuna delle terre, in corrispondenza delle sezioni più critiche nei confronti del controllo della stabilità globale; queste prevedono l'altezza massima dell'opera. Per quanto riguarda le unità geotecniche considerate nel calcolo, per ciascuna verifica si è assunto quale suolo di fondazione quello corrispondente all'unità caratterizzata dai parametri geotecnici più sfavorevoli, tra quelle presenti nell'ambito del tratto con la terra rinforzata in esame.

Le verifiche mostrate nei paragrafi successivi fanno riferimento all'analisi in condizioni sismiche, effettuata considerando il coefficiente sismico verticale k_v con segno negativo: questa rappresenta la tipologia di analisi più critica con riferimento al tipo di verifiche da effettuare.

Nel paragrafo conclusivo si riportano in forma tabellare i coefficienti di sicurezza relativi sia alle condizioni statiche che sismiche.

Di seguito si fornisce un prospetto che sintetizza le caratteristiche adottate per ciascuna sezione di calcolo.

Progressive (Inizio-fine tratto)	T.R.	Altezza massima dell'opera [m]	UG di verifica	Peso specifico - γ [kN/m ³]	Coesione - c' [kPa]	Angolo di attrito - ϕ' [°]	Falda [m dal p.c.]
Pk 0+669.15-0+773.74	TR.01	6,25	Alt2	20	20	35	-
Pk 1+072.12-1+156.05	TR.02	11,45	MCC1b	24	72	35.2	-
Pk 1+370.06-1+494.06	TR.03	7,80	MCC1b	24	72	35.2	-
Pk 1+768.89-2+025.15	TR.04	9,90	MSS-MCC2	24	96	33.4	-
Pk 2+225.56-2+557.85	TR.05	6,90	MSS-MCC2	24	96	33.4	-
Pk 0+015.00-0+311.30	TR.rampa4	6,30	b	19	5	24	-1.5
Pk 0+161.49-0+247.36	TR.rampa5	4,20	MCC1b	24	72	35.2	-1.5

6.1. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 1

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-10.48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	37.66 m
Ascissa vertice destro superiore xs	48.64 m
Ordinata vertice destro superiore ys	69.32 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	13.55	2.11
3	18.41	5.45
4	19.9	5.48
5	26.59	11.49
6	33.69	11.46
7	34.21	12.57
8	36.6	17.7
9	37.1	17.7
10	38.75	18.8
11	51.94	18.8
12	62.34	24.96
13	64.78	25.17
14	74.02	31.69
15	76.36	31.88
16	80.0	34.11

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	13.55	2.11
3	18.41	5.45
4	19.9	5.48

5	26.59	11.49
6	33.69	11.46
7	34.21	12.57
8	36.22	12.57
9	36.22	12.57
10	36.22	12.75
11	38.22	12.75
12	38.22	13.19
13	40.22	13.19
14	40.22	13.71
15	42.22	13.71
16	42.22	14.23
17	44.22	14.23
18	44.22	14.74
19	46.22	14.74
20	46.22	15.3
21	48.22	15.3
22	48.22	15.93
23	50.22	15.93
24	50.22	16.56
25	51.94	16.56
26	51.94	18.8
27	62.34	24.96
28	64.78	25.17
29	74.02	31.69
30	76.36	31.88
31	80.0	34.11

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale
2	20		35	2000	2000	ALT-2

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	41.54	18.95	51.54	18.95	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

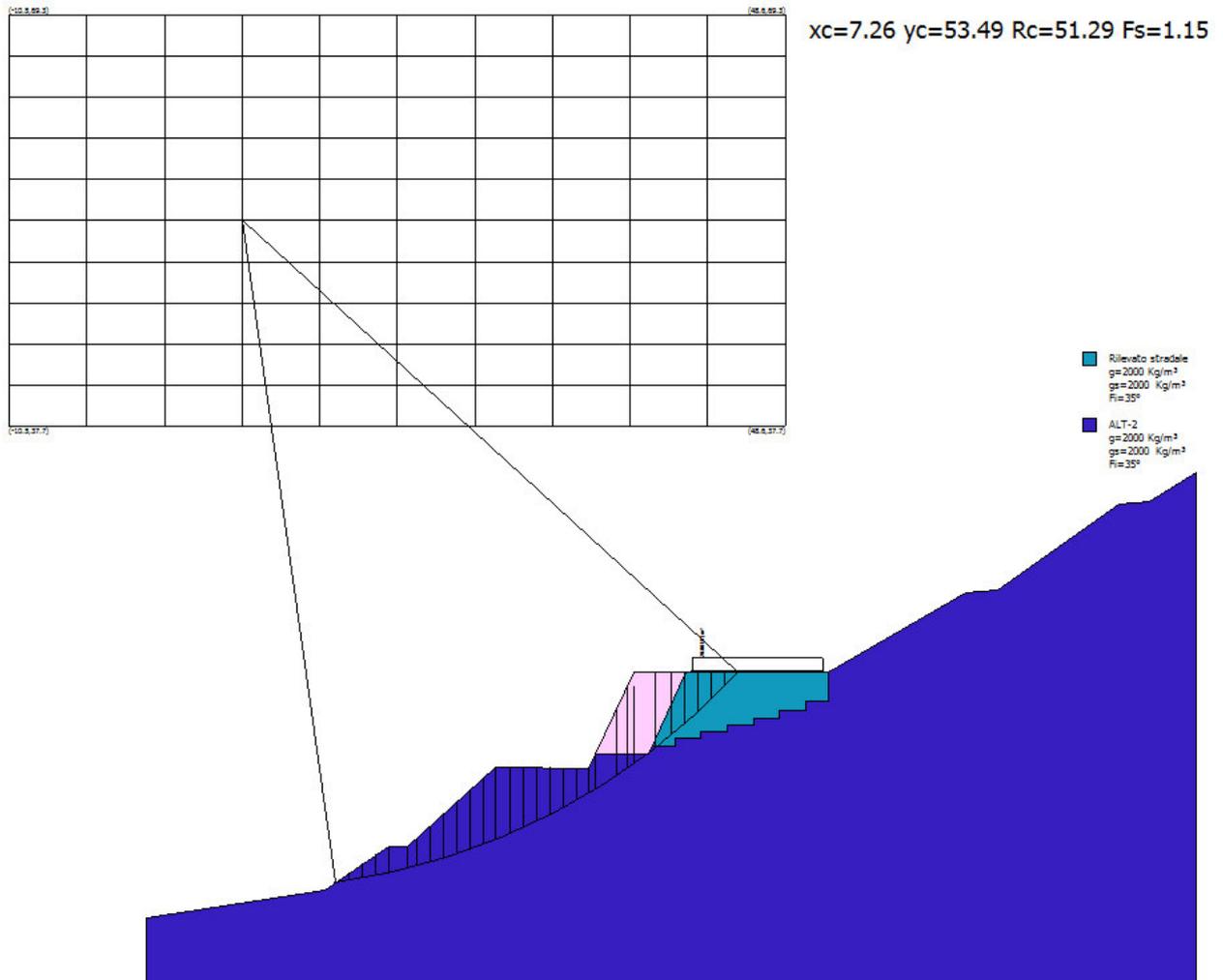
Fs minimo individuato	1.15
Ascissa centro superficie	7.26 m
Ordinata centro superficie	53.49 m
Raggio superficie	51.29 m

xc = 7.258 yc = 53.49 Rc = 51.294 Fs=1.148

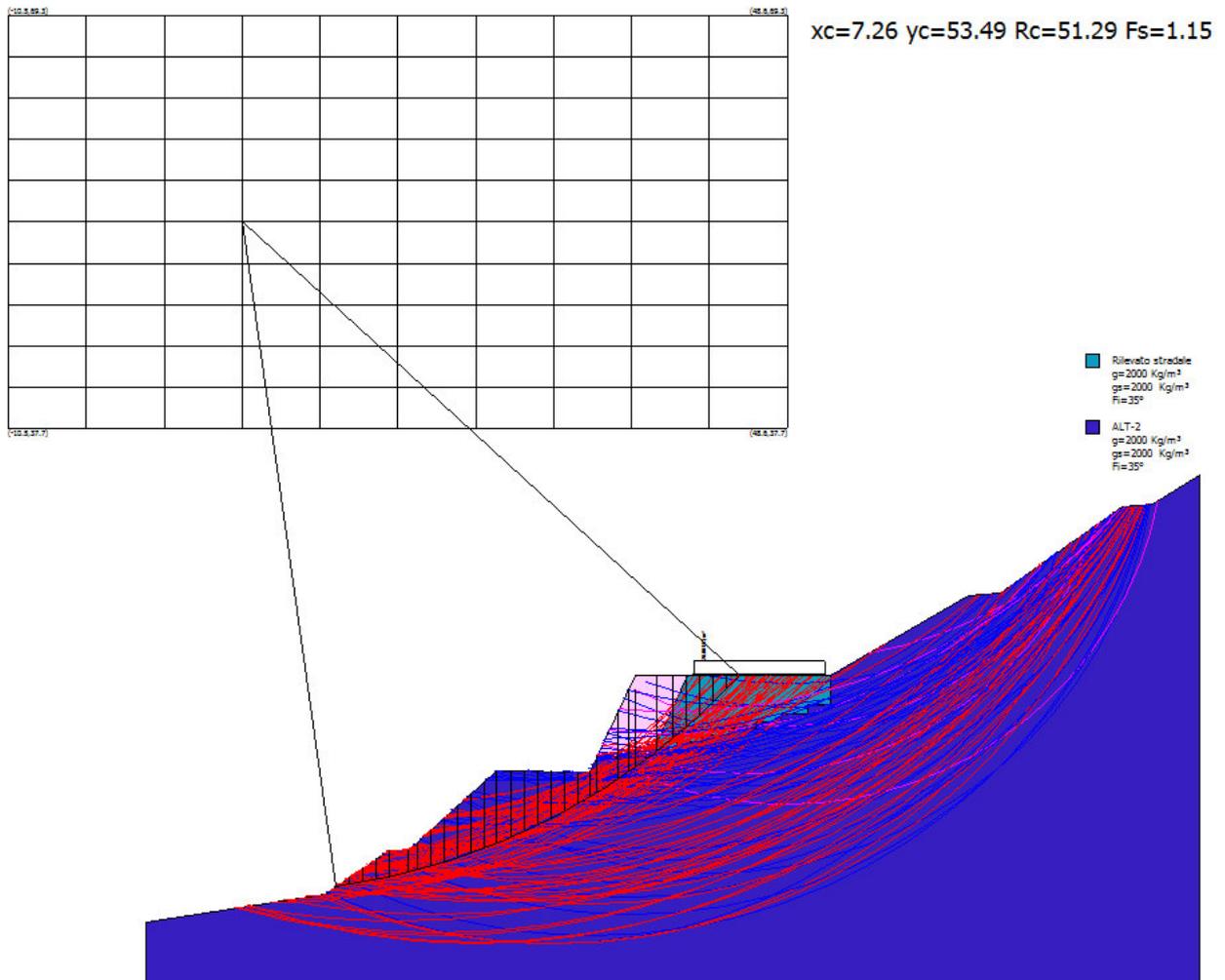
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.02	8.6	1.03	5.52	0.66	-0.33	16.0	29.3	0.0	3.4	14.6
2	1.02	9.7	1.04	16.26	1.95	-0.98	16.0	29.3	0.0	13.2	19.0
3	1.02	10.9	1.04	26.56	3.19	-1.59	16.0	29.3	0.0	22.6	23.2
4	0.95	12.0	0.97	33.6	4.03	-2.02	16.0	29.3	0.0	29.0	25.2
5	1.49	13.4	1.53	54.55	6.55	-3.27	16.0	29.3	0.0	46.5	40.0
6	0.63	14.6	0.65	23.43	2.81	-1.41	16.0	29.3	0.0	19.8	17.0
7	1.02	15.6	1.06	48.53	5.82	-2.91	16.0	29.3	0.0	41.5	31.9
8	1.02	16.8	1.07	60.96	7.31	-3.66	16.0	29.3	0.0	52.6	36.8
9	1.02	18.0	1.07	72.91	8.75	-4.37	16.0	29.3	0.0	63.1	41.6
10	1.02	19.2	1.08	84.4	10.13	-5.06	16.0	29.3	0.0	73.3	46.2
11	1.02	20.4	1.09	95.4	11.45	-5.72	16.0	29.3	0.0	83.0	50.6
12	0.96	21.6	1.03	99.17	11.9	-5.95	16.0	29.3	0.0	86.3	51.4
13	1.08	22.8	1.18	112.27	13.47	-6.74	16.0	29.3	0.0	97.4	58.1
14	1.02	24.1	1.12	96.61	11.59	-5.8	16.0	29.3	0.0	83.0	51.0
15	1.02	25.3	1.13	87.13	10.46	-5.23	16.0	29.3	0.0	74.1	47.2
16	1.02	26.6	1.14	77.09	9.25	-4.63	16.0	29.3	0.0	64.6	43.1
17	1.02	27.9	1.16	66.48	7.98	-3.99	16.0	29.3	0.0	54.6	38.9
18	1.02	29.2	1.17	55.28	6.63	-3.32	16.0	29.3	0.0	44.1	34.4
19	0.91	30.4	1.05	39.21	4.71	-2.35	16.0	29.3	0.0	29.9	26.6
20	0.52	31.4	0.61	23.61	2.83	-1.42	16.0	29.3	0.0	18.1	15.7
21	1.64	32.8	1.95	127.52	15.3	-7.65	16.0	29.3	0.0	105.6	71.6
22	0.75	34.4	0.91	84.57	10.15	-5.07	16.0	29.3	0.0	72.5	43.7
23	0.5	35.2	0.61	59.88	7.19	-3.59	16.0	29.3	0.0	51.6	30.7
24	1.65	36.7	2.06	190.08	22.81	-11.4	16.0	29.3	0.0	163.5	98.7
25	1.18	38.7	1.52	123.87	14.86	-7.43	0.0	29.3	0.0	117.1	52.0
26	1.02	40.3	1.34	88.56	10.63	-5.31	0.0	29.3	0.0	84.4	37.4
27	1.02	41.8	1.37	79.48	9.54	-4.77	0.0	29.3	0.0	76.3	33.9
28	1.02	43.4	1.41	72.33	8.68	-4.34	0.0	29.3	0.0	70.1	31.1
29	1.02	45.0	1.44	52.45	6.29	-3.15	0.0	29.3	0.0	51.4	22.8
30	1.02	46.6	1.49	29.41	3.53	-1.76	0.0	29.3	0.0	29.1	12.9

Superficie a fattore minimo

Sintesi calcolo			
Superfici calcolate	138		
SF Min, SF Max	1.15	2.10	



Superfici calcolate



6.2. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 2

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-34.72 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	38.18 m
Ascissa vertice destro superiore xs	35.3 m
Ordinata vertice destro superiore ys	84.86 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.32	0.37
2	28.02	16.98
3	29.23	19.58
4	33.36	28.44
5	33.86	28.44
6	35.5	29.54
7	45.12	29.54
8	46.25	28.52
9	48.25	28.52
10	50.09	30.36
11	55.22	30.36
12	60.08	31.94
13	69.04	32.78
14	81.65	39.59

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.32	0.37
2	28.02	16.98
3	36.05	16.98
4	36.05	20.18
5	38.03	20.18
6	38.03	22.66

7	40.03	22.66
8	40.03	25.16
9	42.03	25.16
10	42.03	26.43
11	46.25	26.43
12	46.25	28.52
13	48.25	28.52
14	50.09	30.36
15	55.22	30.36
16	60.08	31.94
17	69.04	32.78
18	81.65	39.59

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale
2	72		35.2	2400	2400	MCC1b

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	36.89	29.7	44.89	29.7	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.3
Ascissa centro superficie	7.29 m
Ordinata centro superficie	42.85 m
Raggio superficie	36.93 m

xc = 7.291 yc = 42.846 Rc = 36.929 Fs=1.296

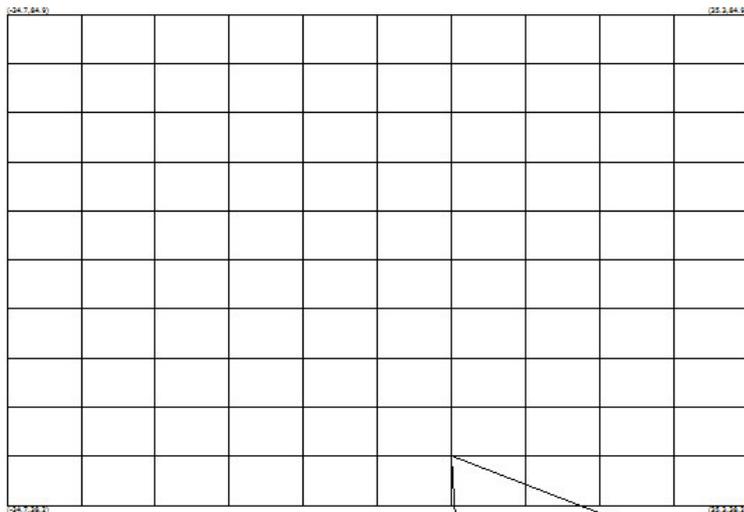
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.07	4.6	1.07	7.08	0.85	-0.42	57.6	29.4	0.0	3.5	44.7
2	1.07	6.2	1.07	20.65	2.48	-1.24	57.6	29.4	0.0	15.4	49.5
3	1.07	7.9	1.08	33.42	4.01	-2.01	57.6	29.4	0.0	26.3	53.9
4	1.07	9.6	1.08	45.4	5.45	-2.72	57.6	29.4	0.0	36.2	58.1

Verifica di stabilità dei pendii in presenza di terre rinforzate

5	1.07	11.3	1.09	56.57	6.79	-3.39	57.6	29.4	0.0	45.4	61.9
6	1.07	13.0	1.1	66.92	8.03	-4.01	57.6	29.4	0.0	53.6	65.5
7	1.07	14.7	1.1	76.42	9.17	-4.59	57.6	29.4	0.0	61.0	68.7
8	1.07	16.4	1.11	85.07	10.21	-5.1	57.6	29.4	0.0	67.6	71.7
9	1.07	18.1	1.12	92.83	11.14	-5.57	57.6	29.4	0.0	73.3	74.4
10	1.07	19.9	1.14	99.7	11.96	-5.98	57.6	29.4	0.0	78.2	76.8
11	1.07	21.6	1.15	105.62	12.67	-6.34	57.6	29.4	0.0	82.3	79.0
12	1.07	23.4	1.16	110.59	13.27	-6.64	57.6	29.4	0.0	85.5	80.8
13	1.07	25.3	1.18	114.54	13.74	-6.87	57.6	29.4	0.0	87.8	82.4
14	1.07	27.1	1.2	117.44	14.09	-7.05	57.6	29.4	0.0	89.1	83.7
15	1.07	29.0	1.22	119.25	14.31	-7.15	57.6	29.4	0.0	89.4	84.7
16	1.07	30.9	1.24	119.89	14.39	-7.19	57.6	29.4	0.0	88.6	85.4
17	1.23	33.0	1.47	137.74	16.53	-8.26	57.6	29.4	0.0	99.9	99.0
18	1.21	35.3	1.48	152.7	18.32	-9.16	57.6	29.4	0.0	113.1	104.6
19	0.76	37.2	0.95	114.61	13.75	-6.88	57.6	29.4	0.0	88.1	73.4
20	1.07	39.0	1.37	184.05	22.09	-11.04	57.6	29.4	0.0	145.3	113.0
21	1.07	41.2	1.42	209.48	25.14	-12.57	57.6	29.4	0.0	169.5	124.4
22	1.23	43.6	1.7	270.71	32.49	-16.24	57.6	29.4	0.0	224.0	157.3
23	0.9	45.9	1.3	200.39	24.05	-12.02	0.0	29.3	0.0	204.9	80.5
24	1.24	48.4	1.87	264.05	31.69	-15.84	0.0	29.3	0.0	275.6	108.3
25	0.89	50.9	1.41	174.56	20.95	-10.47	0.0	29.3	0.0	186.6	73.3
26	1.07	53.4	1.79	194.13	23.3	-11.65	0.0	29.3	0.0	213.0	83.7
27	1.07	56.3	1.92	172.24	20.67	-10.33	0.0	29.3	0.0	195.3	76.7
28	1.07	59.4	2.1	136.69	16.4	-8.2	0.0	29.3	0.0	161.4	63.4
29	1.07	62.9	2.34	96.18	11.54	-5.77	0.0	29.3	0.0	119.4	46.9
30	1.07	66.8	2.71	46.75	5.61	-2.81	0.0	29.3	0.0	61.9	24.3

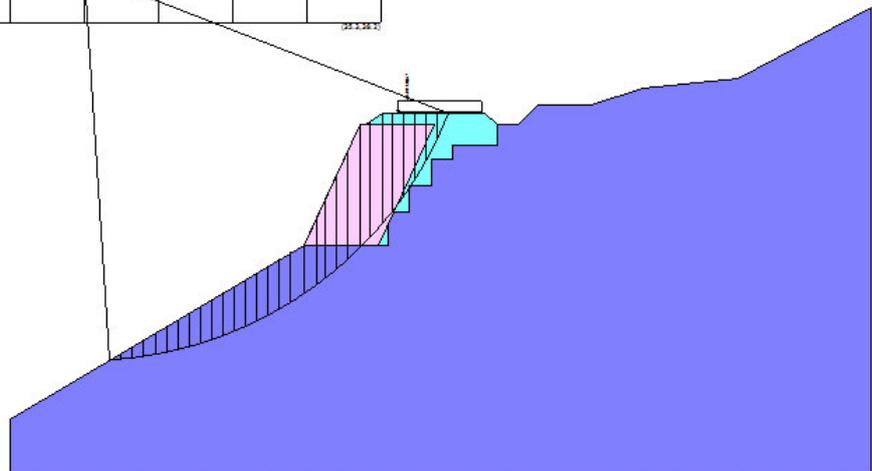
Superficie a fattore minimo

Sintesi calcolo				
Superfici calcolate	106			
SF Min, SF Max	1.30	3.62		
Ricalcola				
Xc	Yc	Rc	Fs	
7.291	42.84	36.92	1.2964€	

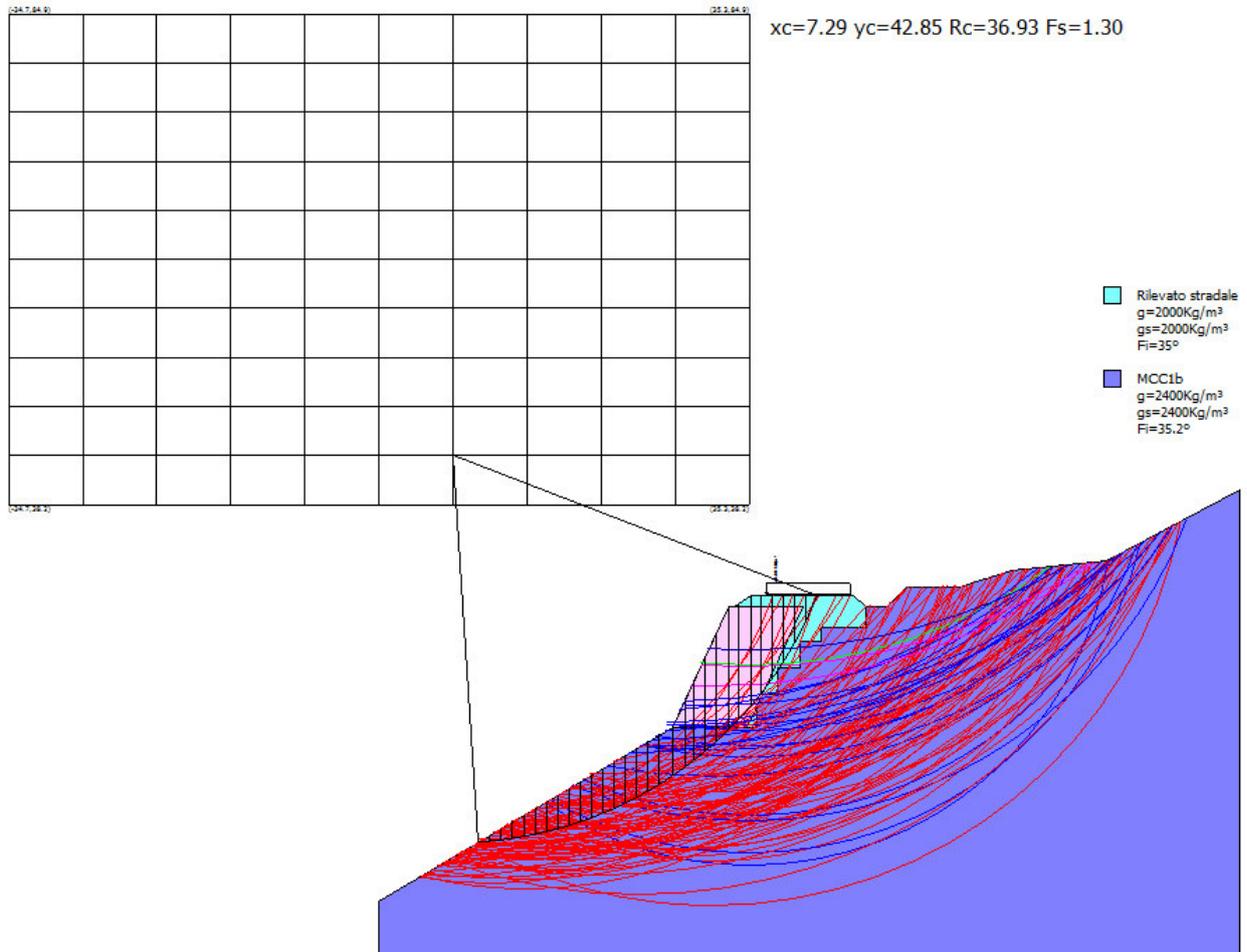


$x_c=7.29$ $y_c=42.85$ $R_c=36.93$ $F_s=1.30$

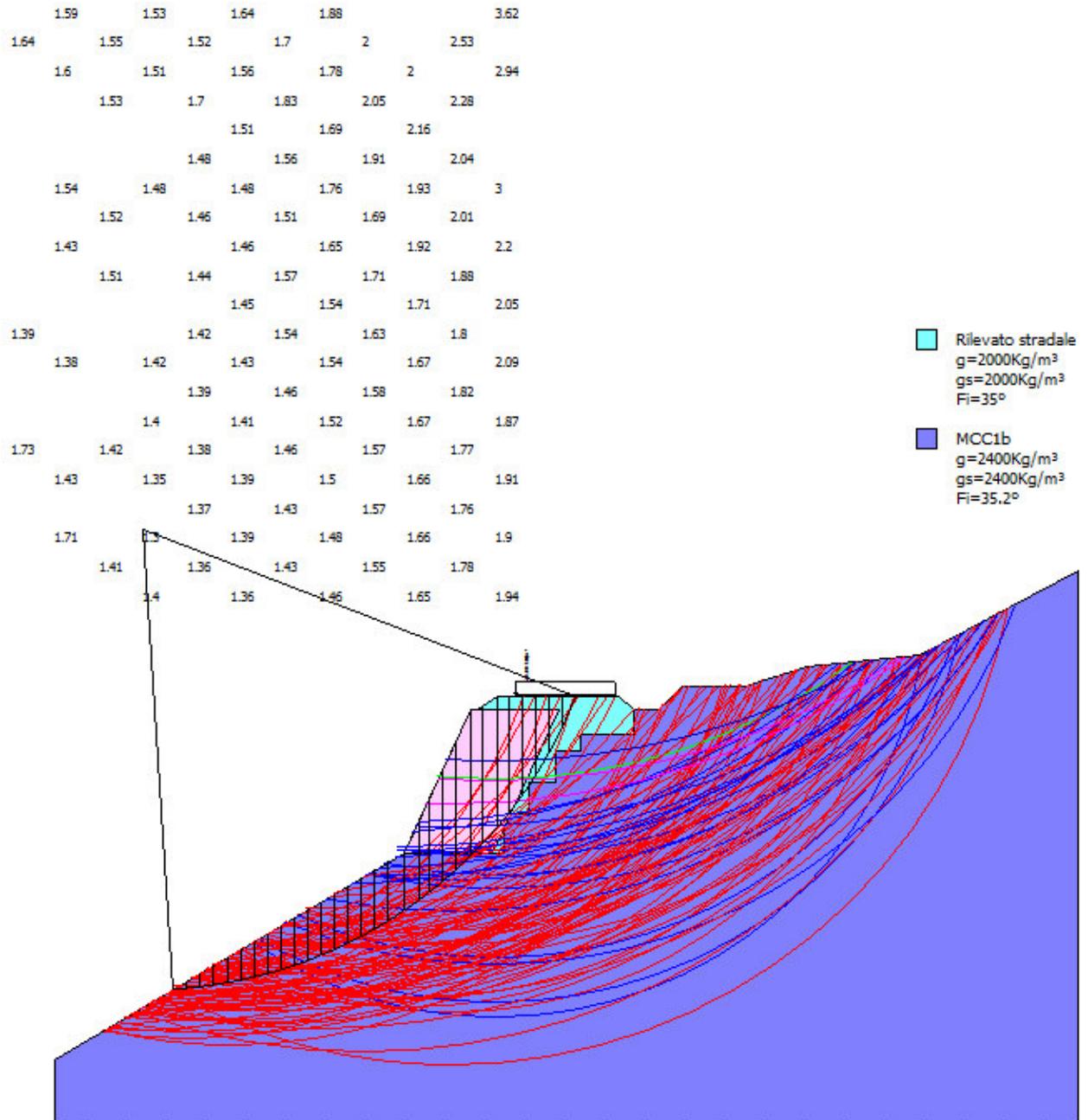
- Rilevato stradale
 $g=2000\text{Kg}/\text{m}^3$
 $g_s=2000\text{Kg}/\text{m}^3$
 $F_i=35^\circ$
- MCC1b
 $g=2400\text{Kg}/\text{m}^3$
 $g_s=2400\text{Kg}/\text{m}^3$
 $F_i=35.2^\circ$



Superfici calcolate



Mappa fattori



6.3. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 3

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-8.63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	36.14 m
Ascissa vertice destro superiore xs	49.58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	66.95 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1.79	2.7
2	7.8	4.62
3	34.89	9.32
4	38.39	16.32
5	38.89	16.32
6	40.54	17.42
7	52.11	18.05
8	54.78	18.15
9	55.91	19.28
10	58.11	19.28
11	58.54	24.4
12	61.0	29.35
13	65.6	31.23
14	67.26	31.28
15	71.53	33.96
16	81.79	35.79

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1.79	2.7
2	7.8	4.62
3	34.89	9.32
4	34.89	8.66

5	36.89	8.66
6	36.89	9.04
7	40.89	9.04
8	40.89	9.93
9	42.89	9.93
10	42.89	11.52
11	44.89	11.52
12	44.89	12.92
13	46.89	12.92
14	46.89	14.23
15	48.89	14.23
16	48.89	15.54
17	50.04	15.54
18	50.04	16.85
19	52.12	16.85
20	52.11	18.05
21	54.78	18.15
22	55.91	19.28
23	58.11	19.28
24	58.54	24.4
25	61.0	29.35
26	65.6	31.23
27	67.26	31.28
28	71.53	33.96
29	81.79	35.79

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale	
2	72		35.2	2400	2400	MCC1b	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	41.92	17.53	51.92	18.07224	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

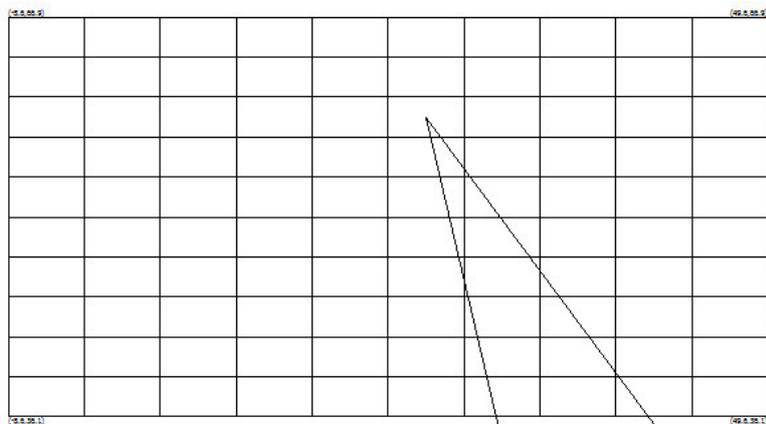
Fs minimo individuato	1.37
Ascissa centro superficie	23.38 m
Ordinata centro superficie	59.24 m
Raggio superficie	51.15 m

xc = 23.382 yc = 59.243 Rc = 51.146 Fs=1.367

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.63	13.4	0.65	6.83	0.82	-0.41	0.0	29.3	0.0	6.4	2.4
2	0.63	14.1	0.65	20.41	2.45	-1.22	0.0	29.3	0.0	19.2	7.2
3	0.63	14.9	0.65	33.88	4.07	-2.03	0.0	29.3	0.0	31.9	11.9
4	0.63	15.6	0.65	47.25	5.67	-2.84	0.0	29.3	0.0	44.4	16.6
5	0.94	16.5	0.98	95.44	11.45	-5.73	0.0	29.3	0.0	89.6	33.4
6	0.32	17.2	0.33	36.8	4.42	-2.21	0.0	29.3	0.0	34.5	12.9
7	0.63	17.8	0.66	72.26	8.67	-4.34	0.0	29.3	0.0	67.8	25.2
8	0.63	18.5	0.66	74.88	8.99	-4.49	0.0	29.3	0.0	70.2	26.1
9	0.58	19.3	0.61	70.91	8.51	-4.25	0.0	29.3	0.0	66.5	24.8
10	0.68	20.0	0.72	83.48	10.02	-5.01	0.0	29.3	0.0	78.2	29.1
11	0.63	20.8	0.67	74.56	8.95	-4.47	0.0	29.3	0.0	69.9	26.0
12	0.63	21.5	0.68	83.08	9.97	-4.98	0.0	29.3	0.0	77.9	29.0
13	0.63	22.3	0.68	81.85	9.82	-4.91	0.0	29.3	0.0	76.7	28.6
14	0.63	23.1	0.68	79.04	9.48	-4.74	0.0	29.3	0.0	74.1	27.6
15	0.63	23.8	0.69	76.1	9.13	-4.57	0.0	29.3	0.0	71.4	26.6
16	0.63	24.6	0.69	73.04	8.77	-4.38	0.0	29.3	0.0	68.6	25.6
17	0.63	25.4	0.7	69.86	8.38	-4.19	0.0	29.3	0.0	65.7	24.5
18	0.63	26.2	0.7	66.54	7.98	-3.99	0.0	29.3	0.0	62.7	23.3
19	0.63	26.9	0.7	63.09	7.57	-3.79	0.0	29.3	0.0	59.5	22.2
20	0.63	27.7	0.71	60.13	7.22	-3.61	57.6	29.4	0.0	44.8	44.0
21	0.63	28.5	0.71	55.79	6.7	-3.35	0.0	29.3	0.0	52.8	19.7
22	0.63	29.3	0.72	51.93	6.23	-3.12	0.0	29.3	0.0	49.3	18.3
23	0.63	30.1	0.73	49.22	5.91	-2.95	57.6	29.4	0.0	33.5	40.4
24	0.63	31.0	0.73	44.15	5.3	-2.65	57.6	29.4	0.0	28.3	38.7
25	0.63	31.8	0.74	42.14	5.06	-2.53	57.6	29.4	0.0	26.0	38.1
26	0.63	32.6	0.75	36.71	4.41	-2.2	57.6	29.4	0.0	20.4	36.2
27	0.84	33.6	1.01	36.55	4.39	-2.19	57.6	29.4	0.0	14.5	44.2
28	0.41	34.5	0.5	9.65	1.16	-0.58	57.6	29.4	0.0	-1.2	18.8
29	0.63	35.2	0.77	9.55	1.15	-0.57	57.6	29.4	0.0	-7.2	26.7
30	0.63	36.0	0.78	3.24	0.39	-0.19	57.6	29.4	0.0	-13.9	24.5

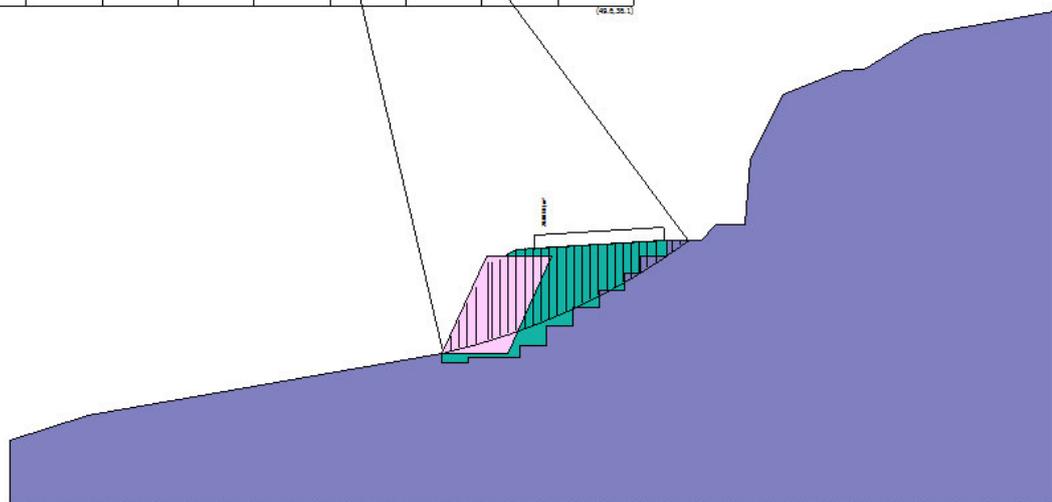
Superficie a fattore minimo

Sintesi calcolo			
Superfici calcolate			117
SF Min, SF Max	1.37		9.70
Ricalcola			
Xc	Yc	Rc	Fs
23.38	59.24	51.14	1.3672: 

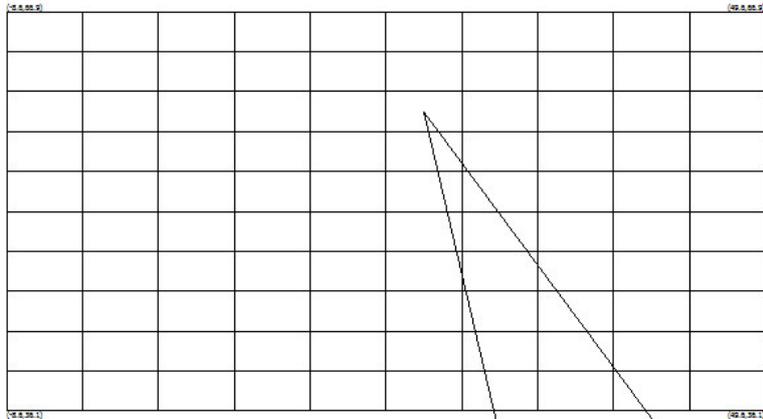


$x_c=23.38$ $y_c=59.24$ $R_c=51.15$ $F_s=1.37$

- Rilevato stradale
 $g=2000\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2000\text{Kg/m}^3$
 $F_i=35^\circ$
- MCC1b
 $g=2400\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2400\text{Kg/m}^3$
 $F_i=35.2^\circ$

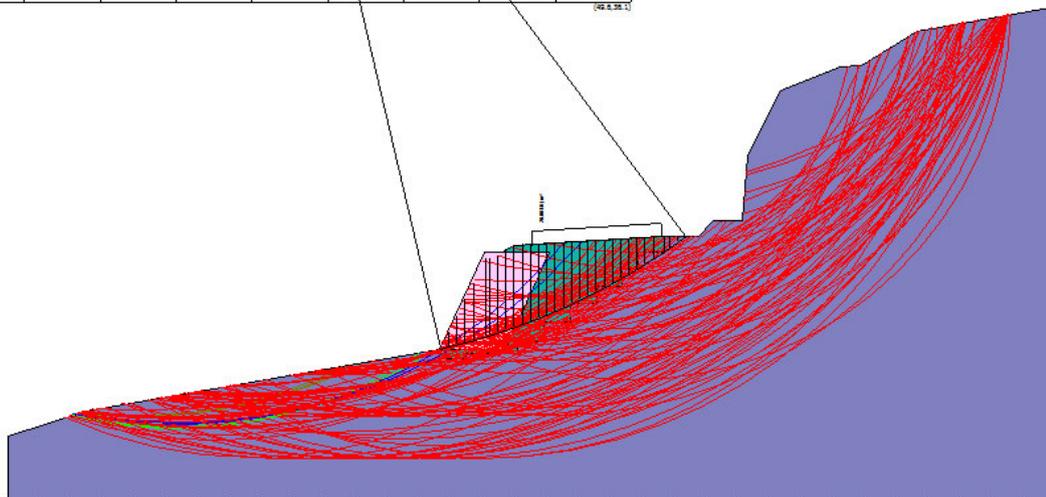


Superfici calcolate

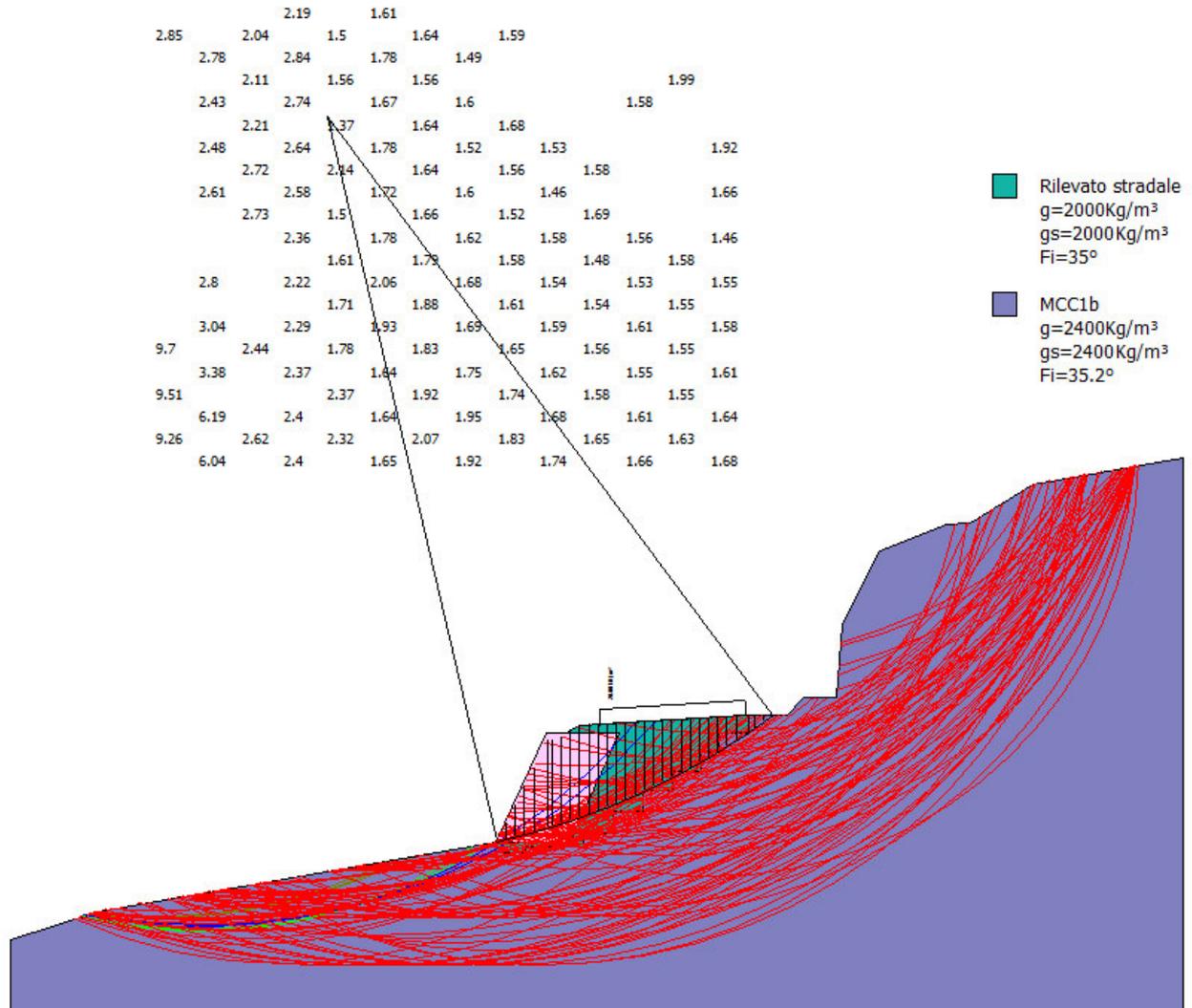


$xc=23.38$ $yc=59.24$ $Rc=51.15$ $Fs=1.37$

- Rilevato stradale
 $g=2000\text{Kg/m}^3$
 $gs=2000\text{Kg/m}^3$
 $Fi=35^\circ$
- MCC1b
 $g=2400\text{Kg/m}^3$
 $gs=2400\text{Kg/m}^3$
 $Fi=35.2^\circ$



Mappa fattori



6.4. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 4

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-29.09 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	46.71 m
Ascissa vertice destro superiore xs	50.87 m
Ordinata vertice destro superiore ys	91.8 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	31.87	11.9
3	36.22	12.58
4	40.22	14.42
5	40.59	14.58
6	44.84	23.71
7	45.34	23.71
8	46.99	24.81
9	58.15	24.12
10	59.09	24.07
11	59.27	26.98
12	59.79	26.98
13	60.29	26.48
14	60.79	26.48
15	61.29	26.98
16	61.75	26.98
17	63.66	32.25
18	75.51	41.37
19	87.69	48.8

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0

2	31.87	11.9
3	36.22	12.58
4	40.22	14.42
5	40.22	13.05
6	45.93	13.05
7	45.93	14.55
8	47.93	14.55
9	47.93	17.12
10	49.93	17.12
11	49.93	19.77
12	51.93	19.77
13	51.93	22.07
14	53.42	22.07
15	53.42	23.81
16	58.15	23.48
17	58.15	24.12
18	59.09	24.07
19	59.27	26.98
20	59.79	26.98
21	60.29	26.48
22	60.79	26.48
23	61.29	26.98
24	61.75	26.98
25	63.66	32.25
26	75.51	41.37
27	87.69	48.8

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale	
2	96		33.4	2400	2400	MCC2	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	48.58	24.71	58.58	24.09512	20

Verifica di stabilità dei pendii in presenza di terre rinforzate

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.38
Ascissa centro superficie	26.88 m
Ordinata centro superficie	55.73 m
Raggio superficie	43.72 m

xc = 26.883 yc = 55.728 Rc = 43.72 Fs=1.382

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.63	15.5	0.65	0.83	0.1	-0.05	76.8	27.8	0.0	-7.6	30.4
2	0.63	16.4	0.66	2.37	0.28	-0.14	76.8	27.8	0.0	-6.6	30.9
3	0.72	17.3	0.75	4.38	0.53	-0.26	76.8	27.8	0.0	-6.5	35.6
4	0.55	18.1	0.57	3.83	0.46	-0.23	0.0	29.3	0.0	3.6	1.3
5	0.63	19.0	0.67	15.68	1.88	-0.94	0.0	29.3	0.0	14.7	5.4
6	0.63	19.8	0.67	29.64	3.56	-1.78	0.0	29.3	0.0	27.8	10.3
7	0.63	20.7	0.67	43.48	5.22	-2.61	0.0	29.3	0.0	40.8	15.0
8	0.63	21.6	0.68	57.17	6.86	-3.43	0.0	29.3	0.0	53.7	19.8
9	0.63	22.5	0.68	70.72	8.49	-4.24	0.0	29.3	0.0	66.4	24.5
10	0.92	23.6	1.01	127.8	15.34	-7.67	0.0	29.3	0.0	120.1	44.3
11	0.34	24.5	0.37	51.35	6.16	-3.08	0.0	29.3	0.0	48.3	17.8
12	0.63	25.2	0.7	94.48	11.34	-5.67	0.0	29.3	0.0	89.0	32.8
13	0.63	26.1	0.7	95.94	11.51	-5.76	0.0	29.3	0.0	90.5	33.3
14	0.55	27.0	0.62	85.02	10.2	-5.1	0.0	29.3	0.0	80.3	29.6
15	0.71	27.9	0.8	107.0	12.84	-6.42	0.0	29.3	0.0	101.3	37.3
16	0.63	28.9	0.72	90.13	10.82	-5.41	0.0	29.3	0.0	85.6	31.5
17	0.63	29.9	0.73	92.91	11.15	-5.57	0.0	29.3	0.0	88.4	32.6
18	0.63	30.8	0.73	92.83	11.14	-5.57	0.0	29.3	0.0	88.6	32.7
19	0.63	31.8	0.74	87.62	10.51	-5.26	0.0	29.3	0.0	83.9	30.9
20	0.63	32.8	0.75	83.73	10.05	-5.02	76.8	27.8	0.0	61.5	59.2
21	0.63	33.7	0.76	77.37	9.28	-4.64	76.8	27.8	0.0	54.8	57.3
22	0.63	34.7	0.77	70.85	8.5	-4.25	0.0	29.3	0.0	68.7	25.3
23	0.63	35.8	0.78	68.25	8.19	-4.09	76.8	27.8	0.0	44.7	54.7
24	0.63	36.8	0.79	61.2	7.34	-3.67	76.8	27.8	0.0	37.1	52.6
25	0.63	37.8	0.8	57.08	6.85	-3.42	76.8	27.8	0.0	32.3	51.5
26	0.63	38.9	0.81	49.43	5.93	-2.97	76.8	27.8	0.0	23.8	49.2
27	0.63	39.9	0.82	41.51	4.98	-2.49	76.8	27.8	0.0	15.0	46.7
28	0.63	41.0	0.84	33.3	4.0	-2.0	76.8	27.8	0.0	5.7	44.2
29	0.63	42.1	0.85	24.79	2.97	-1.49	76.8	27.8	0.0	-4.1	41.5
30	0.63	43.3	0.87	14.55	1.75	-0.87	0.0	29.3	0.0	14.8	5.5

Superficie a fattore minimo

Sintesi calcolo

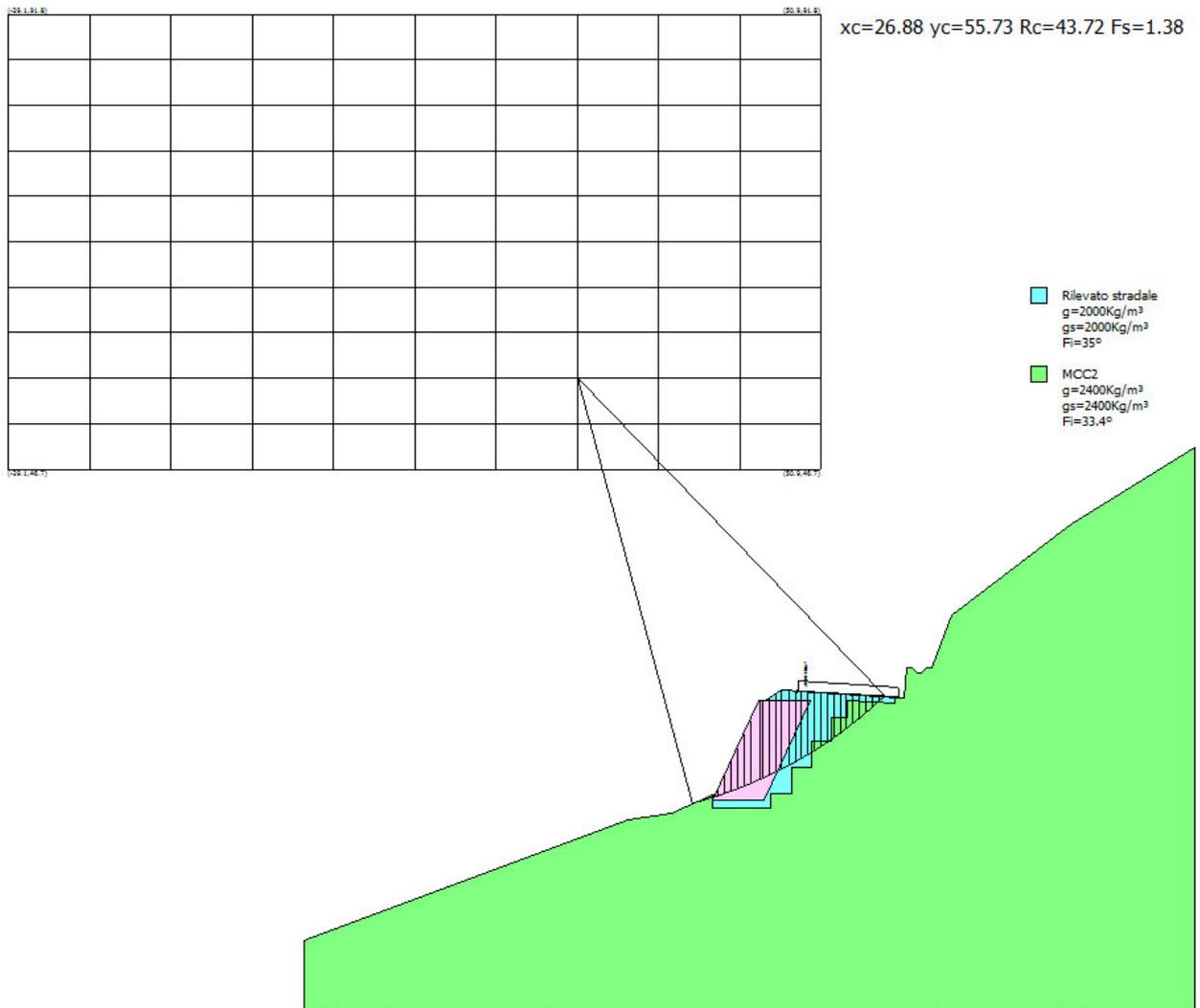
Superfici calcolate

SF Min, SF Max

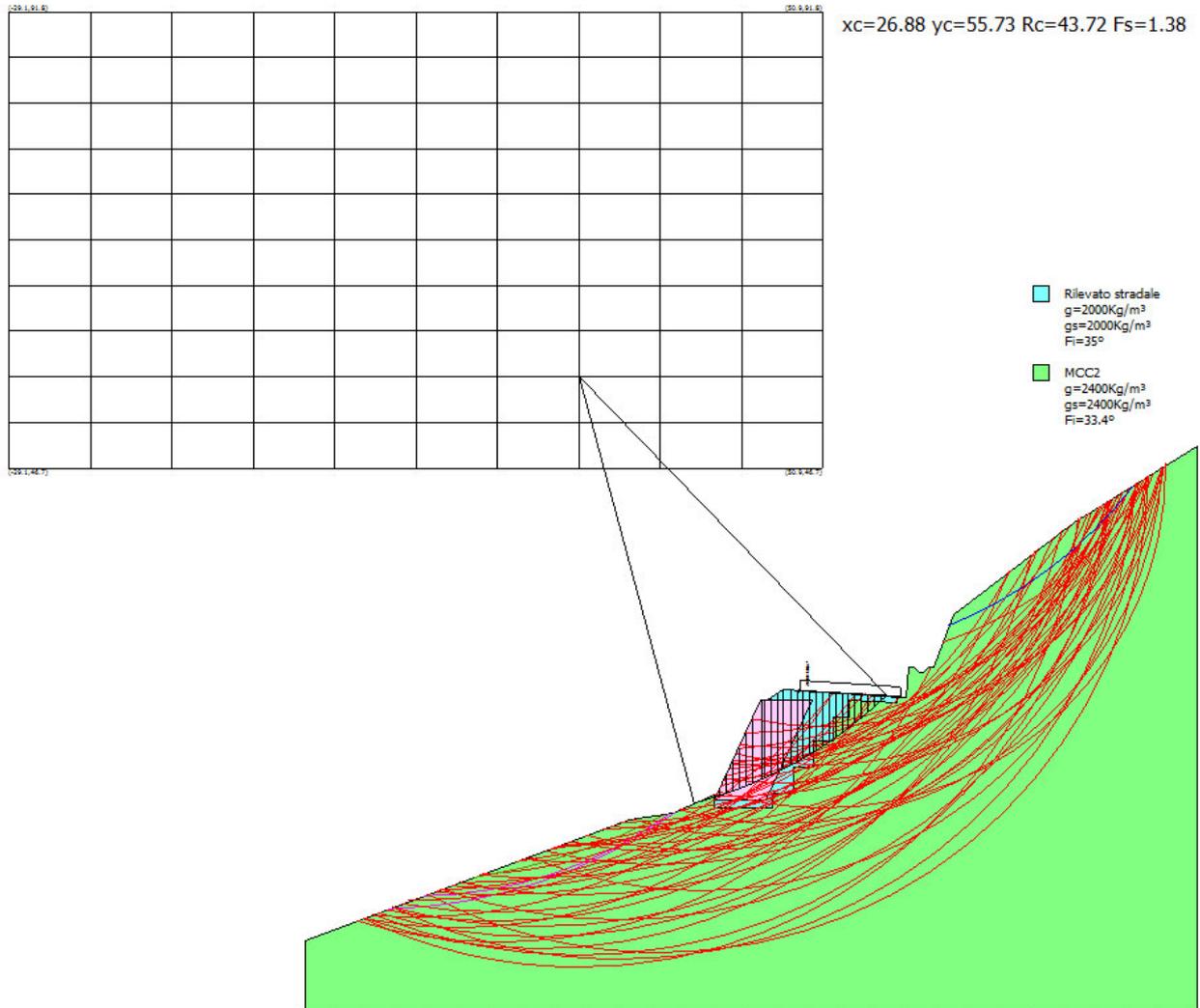
Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
<input type="text" value="26.88"/>	<input type="text" value="55.72"/>	<input type="text" value="43.71"/>	<input type="text" value="1.3818!"/>



Superfici calcolate



6.5. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata 5

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-10.05 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	41.26 m
Ascissa vertice destro superiore xs	54.7 m
Ordinata vertice destro superiore ys	76.75 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	15.61	10.97
2	29.57	17.36
3	31.5	19.82
4	32.97	19.74
5	33.1	19.75
6	35.77	25.5
7	36.27	25.5
8	37.92	26.6
9	54.81	27.13
10	56.16	27.18
11	59.52	30.54
12	60.21	30.6
13	63.66	32.3
14	67.54	33.21
15	77.75	36.66
16	86.96	40.42

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	15.61	10.97
2	29.57	17.36
3	31.5	19.82
4	32.97	19.74

5	32.97	18.74
6	34.98	18.74
7	34.98	18.92
8	37.42	18.92
9	37.42	19.12
10	39.42	19.12
11	39.42	20.78
12	41.42	20.78
13	41.42	21.96
14	43.42	21.96
15	43.42	23.6
16	45.42	23.6
17	45.42	24.97
18	45.53	24.97
19	45.53	26.21
20	54.81	26.59
21	54.81	27.13
22	56.16	27.18
23	59.52	30.54
24	60.21	30.6
25	63.66	32.3
26	67.54	33.21
27	77.75	36.66
28	86.96	40.42

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale	
2	96		33.4	2400	2400	MCC2	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	40.1	26.8	53.1	27.21364	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.14
Ascissa centro superficie	22.33 m
Ordinata centro superficie	51.91 m
Raggio superficie	34.23 m

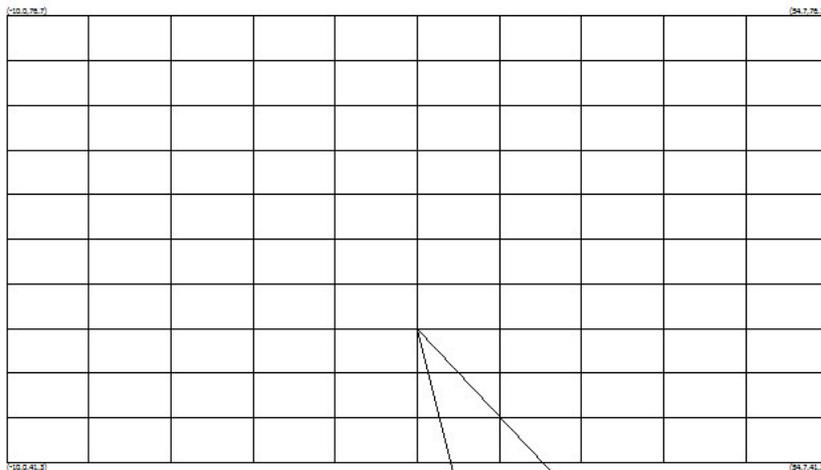
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

xc = 22.326 yc = 51.909 Rc = 34.225 Fs=1.138

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.5	14.5	0.52	2.88	0.35	-0.17	76.8	27.8	0.0	-4.7	29.7
2	0.38	15.2	0.39	5.93	0.71	-0.36	76.8	27.8	0.0	-0.3	23.8
3	0.62	16.1	0.65	10.98	1.32	-0.66	76.8	27.8	0.0	-0.1	39.8
4	0.5	17.1	0.52	6.56	0.79	-0.39	76.8	27.8	0.0	-2.7	31.0
5	0.35	17.8	0.37	3.35	0.4	-0.2	76.8	27.8	0.0	-3.3	21.2
6	0.12	18.2	0.13	0.84	0.1	-0.05	0.0	29.3	0.0	0.8	0.3
7	1.03	19.3	1.09	25.34	3.04	-1.52	0.0	29.3	0.0	23.2	10.4
8	0.5	20.6	0.53	25.71	3.09	-1.54	0.0	29.3	0.0	23.5	10.5
9	0.5	21.5	0.54	34.36	4.12	-2.06	0.0	29.3	0.0	31.4	14.1
10	0.65	22.5	0.7	57.16	6.86	-3.43	0.0	29.3	0.0	52.2	23.4
11	0.35	23.5	0.38	34.52	4.14	-2.07	0.0	29.3	0.0	31.5	14.1
12	0.5	24.2	0.55	47.73	5.73	-2.86	0.0	29.3	0.0	43.6	19.5
13	0.5	25.2	0.55	48.75	5.85	-2.92	0.0	29.3	0.0	44.5	19.9
14	0.5	26.1	0.56	49.67	5.96	-2.98	0.0	29.3	0.0	45.4	20.3
15	0.3	26.8	0.33	29.72	3.57	-1.78	0.0	29.3	0.0	27.2	12.2
16	0.7	27.8	0.8	68.88	8.27	-4.13	0.0	29.3	0.0	63.0	28.2
17	0.5	28.9	0.57	45.87	5.5	-2.75	0.0	29.3	0.0	42.0	18.8
18	0.5	29.9	0.58	43.26	5.19	-2.6	0.0	29.3	0.0	39.7	17.8
19	0.5	30.8	0.58	41.06	4.93	-2.46	0.0	29.3	0.0	37.7	16.9
20	0.5	31.8	0.59	47.72	5.73	-2.86	0.0	29.3	0.0	43.9	19.7
21	0.5	32.8	0.6	44.77	5.37	-2.69	0.0	29.3	0.0	41.3	18.5
22	0.5	33.8	0.6	41.7	5.0	-2.5	0.0	29.3	0.0	38.6	17.3
23	0.5	34.8	0.61	38.5	4.62	-2.31	0.0	29.3	0.0	35.8	16.0
24	0.5	35.9	0.62	35.18	4.22	-2.11	0.0	29.3	0.0	32.8	14.7
25	0.5	36.9	0.63	31.72	3.81	-1.9	0.0	29.3	0.0	29.7	13.3
26	0.5	38.0	0.63	28.12	3.37	-1.69	0.0	29.3	0.0	26.4	11.8
27	0.5	39.0	0.64	24.37	2.92	-1.46	0.0	29.3	0.0	23.0	10.3
28	0.5	40.1	0.65	20.47	2.46	-1.23	0.0	29.3	0.0	19.4	8.7
29	0.5	41.2	0.66	16.41	1.97	-0.98	0.0	29.3	0.0	15.7	7.0
30	0.5	42.3	0.68	10.18	1.22	-0.61	0.0	29.3	0.0	9.8	4.4

Superficie a fattore minimo

Sintesi calcolo			
Superfici calcolate	147		
SF Min, SF Max	1.14	7.67	
Ricalcola			
Xc	Yc	Rc	Fs
22.32	51.90	34.22	1.13766

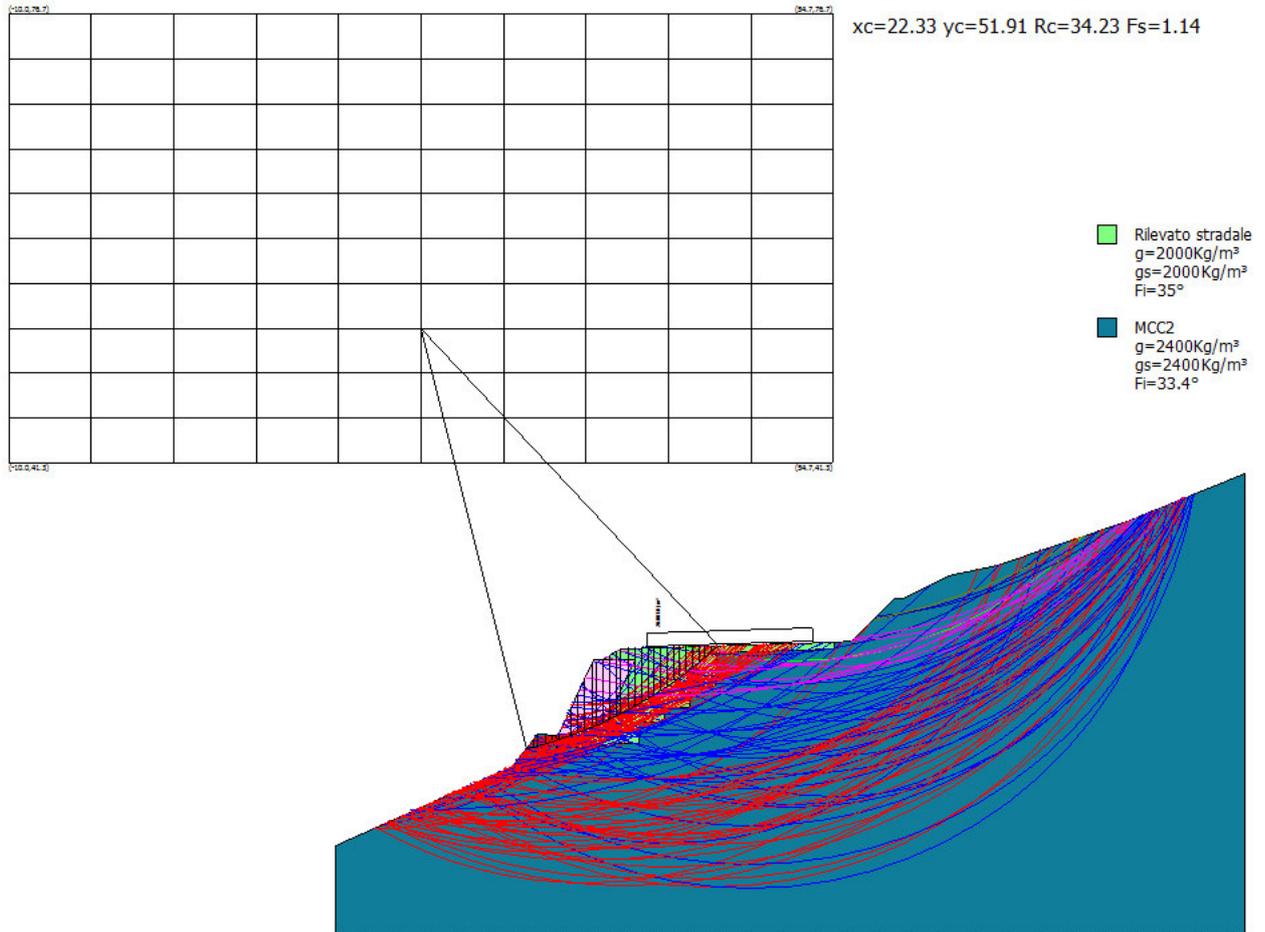


xc=22.33 yc=51.91 Rc=34.23 Fs=1.14

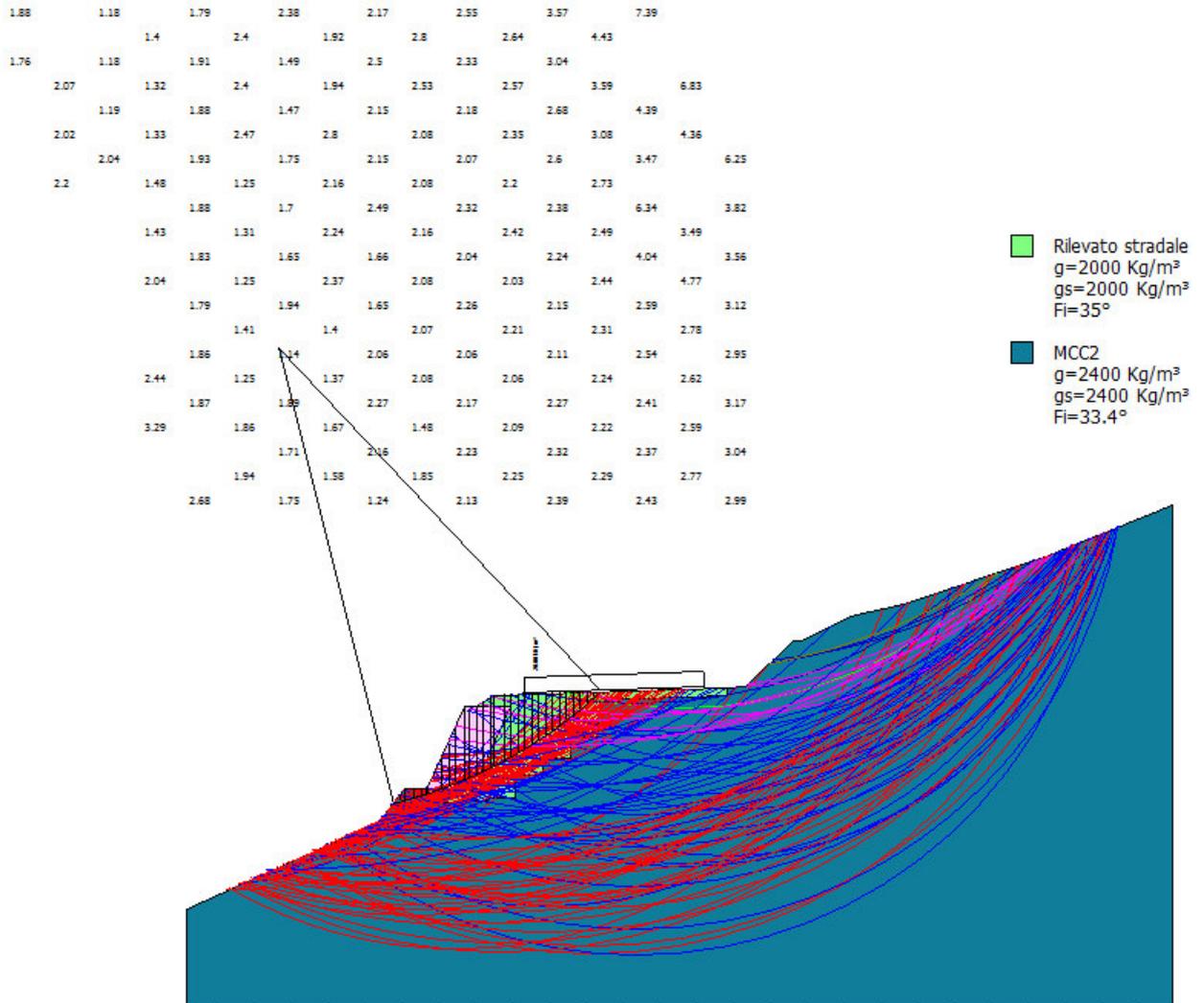
- Rilevato stradale
 $g=2000\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2000\text{Kg/m}^3$
 $F_i=35^\circ$
- MCC2
 $g=2400\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2400\text{Kg/m}^3$
 $F_i=33.4^\circ$



Superfici calcolate



Mappa fattori



6.6. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata rampa 4

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-9.99 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	19.34 m
Ascissa vertice destro superiore xs	28.01 m
Ordinata vertice destro superiore ys	42.66 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	4.9	9.01
2	6.05	8.43
3	7.87	7.99
4	9.25	7.62
5	9.52	7.61
6	9.91	7.63
7	20.71	7.21
8	20.71	6.97
9	21.31	6.97
10	21.31	7.97
11	21.81	7.97
12	21.81	8.97
13	23.25	12.06
14	23.75	12.06
15	25.4	13.16
16	34.78	12.81
17	34.76	13.83
18	45.28	13.51
19	50.31	13.46

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	4.9	7.51
2	6.05	6.93
3	7.87	6.49
4	9.25	6.12
5	9.52	6.11
6	9.91	6.13
7	22.27	5.65
8	22.96	5.73
9	26.94	5.27
10	27.65	5.19
11	29.17	5.02
12	30.9	4.76
13	32.2	4.69
14	32.52	4.66
15	33.07	4.65
16	35.25	4.6
17	35.87	4.64
18	38.97	4.66
19	40.32	4.63
20	48.88	4.54
21	49.15	4.53
22	49.2	4.53
23	49.38	4.53
24	50.4	4.53

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	4.9	9.01
2	6.05	8.43
3	6.05	8.43
4	7.87	7.99
5	9.25	7.62
6	9.52	7.61
7	9.91	7.63
8	20.71	7.21
9	20.71	5.87
10	27.65	5.87
11	30.86	5.46
12	34.78	5.31
13	40.32	5.36
14	50.31	5.55

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale
2	5		24	1900	1900	b

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	26.57	13.14	32.57	12.91616	20
2	35.59	13.96	41.59	13.77635	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.04
Ascissa centro superficie	18.51 m
Ordinata centro superficie	20.5 m
Raggio superficie	16.08 m

xc = 18.512 yc = 20.502 Rc = 16.085 Fs=1.041

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.58	-36.4	0.72	1.5	0.18	-0.09	4.0	19.6	0.0	4.8	4.0
2	0.27	-34.6	0.33	1.81	0.22	-0.11	4.0	19.6	0.0	3.8	2.3
3	0.39	-33.2	0.47	4.27	0.51	-0.26	4.0	19.6	0.0	7.7	4.0
4	1.96	-28.3	2.23	46.05	5.53	-2.76	4.0	19.6	0.0	67.9	28.9
5	0.8	-22.8	0.87	27.82	3.34	-1.67	4.0	19.6	2.9	32.6	13.2
6	0.8	-19.8	0.85	32.01	3.84	-1.92	4.0	19.6	5.1	33.4	13.4
7	0.8	-16.8	0.84	35.48	4.26	-2.13	4.0	19.6	6.9	33.9	13.5
8	0.8	-13.8	0.82	38.27	4.59	-2.3	4.0	19.6	8.4	34.1	13.5
9	0.8	-10.9	0.81	40.42	4.85	-2.43	4.0	19.6	9.5	34.1	13.4
10	0.8	-8.0	0.81	41.94	5.03	-2.52	4.0	19.6	10.3	33.8	13.3
11	0.8	-5.1	0.8	42.85	5.14	-2.57	4.0	19.6	10.8	33.4	13.2
12	0.8	-2.3	0.8	43.16	5.18	-2.59	4.0	19.6	10.9	32.8	13.0
13	0.8	0.6	0.8	42.87	5.14	-2.57	4.0	19.6	10.8	31.9	12.7
14	0.8	3.4	0.8	41.99	5.04	-2.52	4.0	19.6	10.3	31.0	12.4
15	0.83	6.4	0.84	42.08	5.05	-2.52	4.0	19.6	9.9	31.0	12.6
16	1.15	9.9	1.17	50.7	6.08	-3.04	4.0	19.6	11.6	36.9	15.6
17	0.42	12.8	0.43	37.66	4.52	-2.26	4.0	19.6	3.5	32.4	11.6
18	0.97	15.3	1.01	113.42	13.61	-6.81	4.0	19.6	6.8	101.0	34.9
19	0.63	18.3	0.66	83.82	10.06	-5.03	4.0	19.6	2.6	76.9	26.2
20	0.8	21.0	0.86	108.45	13.01	-6.51	4.0	19.6	0.7	102.1	34.8
21	0.72	23.9	0.79	100.56	12.07	-6.03	4.0	19.6	0.0	95.6	32.5
22	0.88	27.1	0.99	120.21	14.42	-7.21	0.0	29.3	0.0	108.0	52.8
23	0.8	30.5	0.93	111.75	13.41	-6.71	0.0	29.3	0.0	100.7	49.3
24	0.8	33.9	0.96	109.17	13.1	-6.55	0.0	29.3	0.0	99.0	48.4
25	0.8	37.4	1.01	99.7	11.96	-5.98	0.0	29.3	0.0	91.3	44.7

26	0.8	41.1	1.06	88.97	10.68	-5.34	0.0	29.3	0.0	82.8	40.5
27	0.8	45.0	1.13	76.77	9.21	-4.61	0.0	29.3	0.0	72.9	35.7
28	0.8	49.2	1.23	62.8	7.54	-3.77	0.0	29.3	0.0	61.4	30.0
29	0.8	53.8	1.36	46.57	5.59	-2.79	0.0	29.3	0.0	47.3	23.1
30	0.8	59.0	1.55	25.01	3.0	-1.5	0.0	29.3	0.0	26.8	13.1

Superficie a fattore minimo

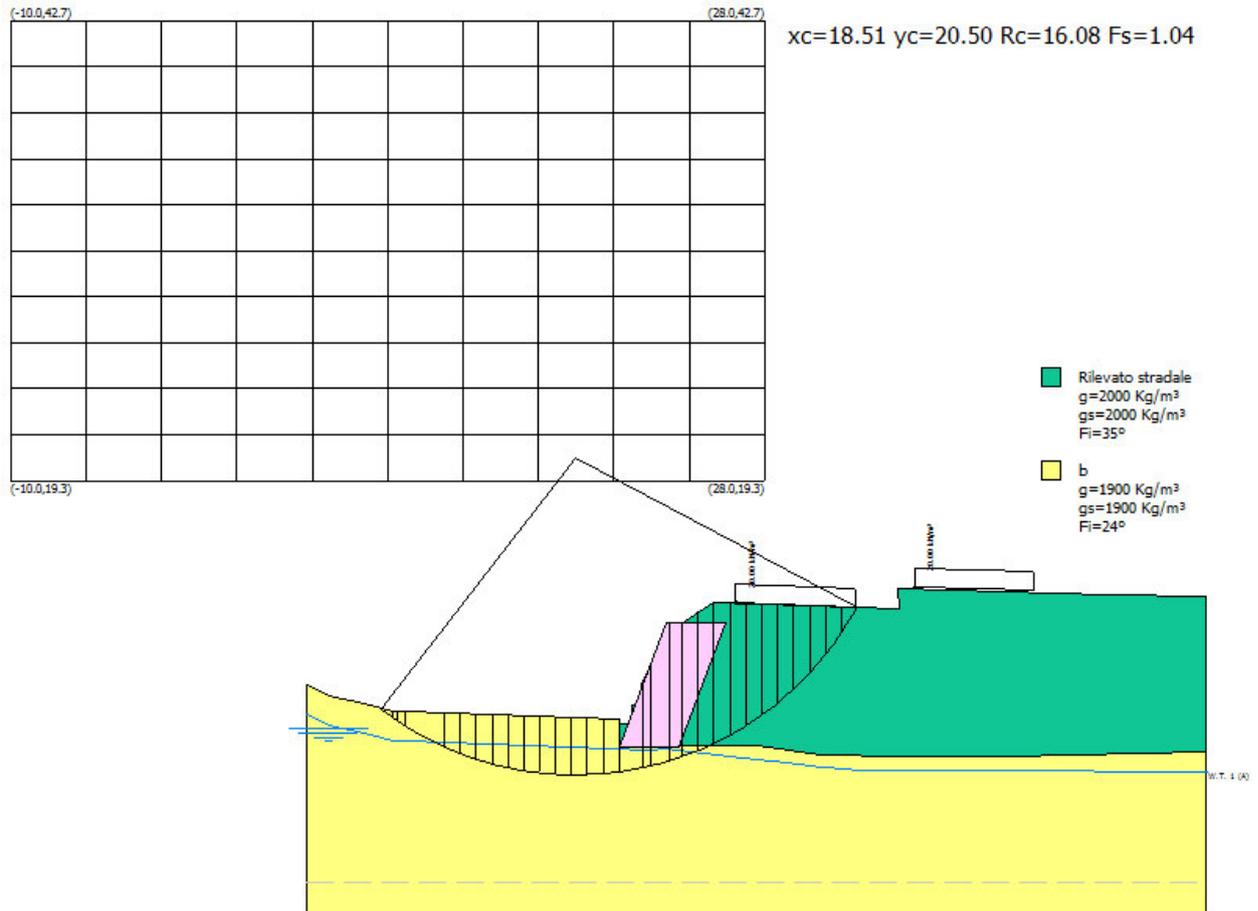
Sintesi calcolo

Superfici calcolate

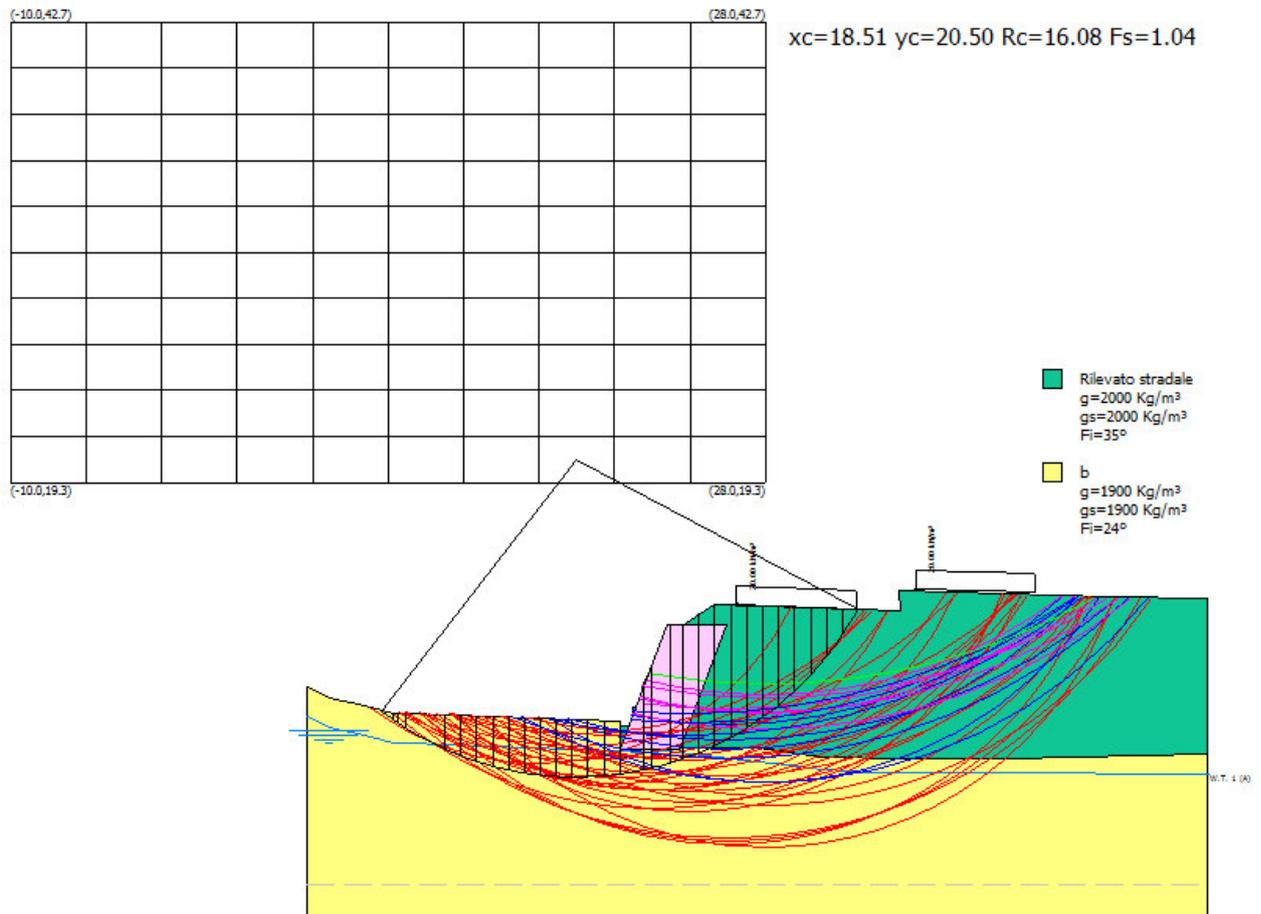
SF Min, SF Max

Ricalcola

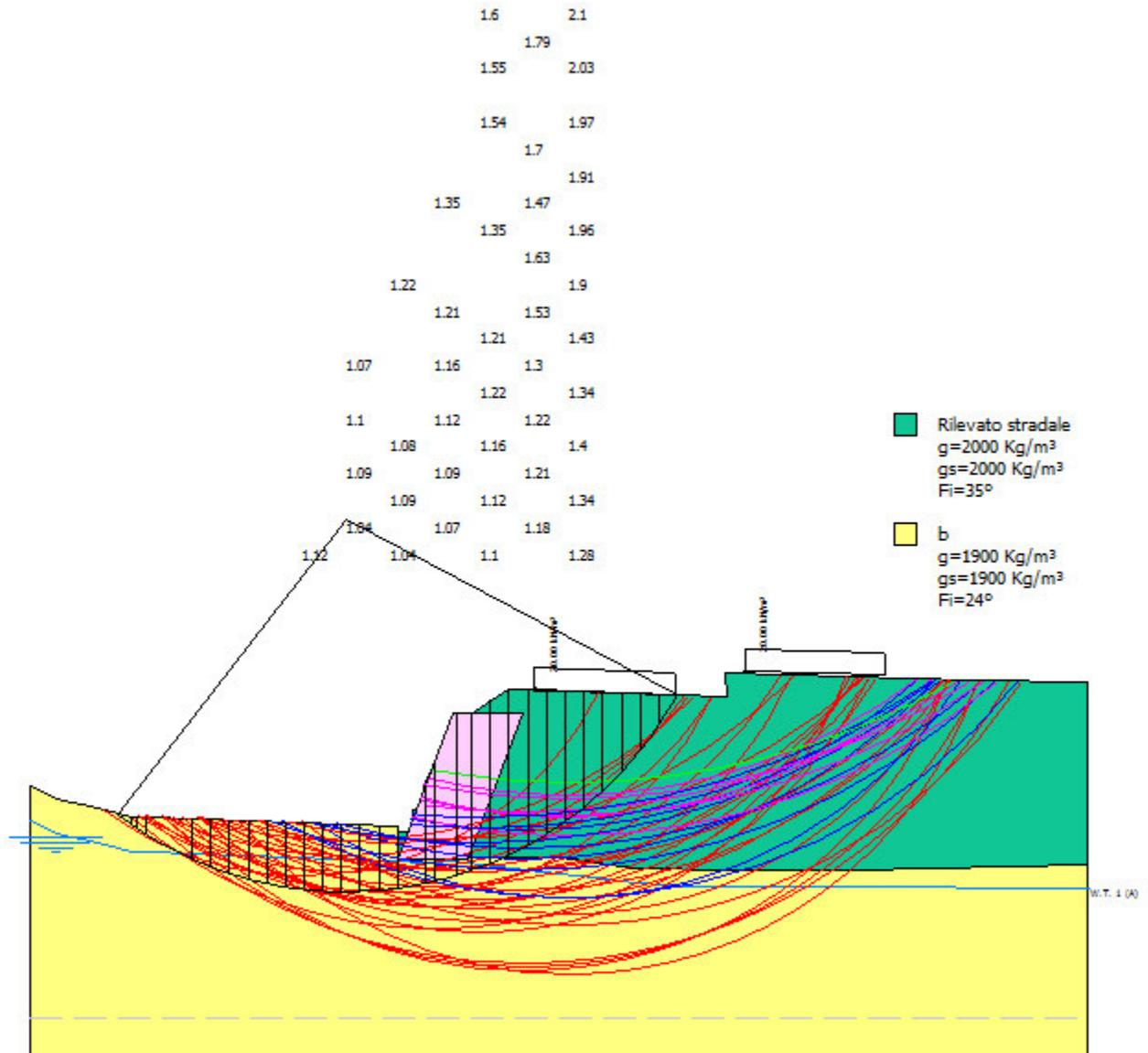
Xc	Yc	Rc	Fs
<input type="text" value="18.51"/>	<input type="text" value="20.50"/>	<input type="text" value="16.08"/>	<input type="text" value="1.04100"/>



Superfici calcolate



Mappa fattori



6.7. Verifica di stabilità globale per la terra rinforzata rampa 5

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-10.21 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	18.7 m
Ascissa vertice destro superiore xs	33.09 m
Ordinata vertice destro superiore ys	44.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.12

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	3.26	7.32
2	4.22	7.26
3	5.9	6.78
4	6.94	6.66
5	8.27	6.3
6	8.74	6.28
7	11.07	6.11
8	11.76	6.19
9	11.88	6.16
10	11.93	6.16
11	12.47	6.11
12	15.15	5.82
13	16.73	5.95
14	17.6	5.95
15	18.12	6.0
16	19.29	6.29
17	19.74	6.42
18	20.01	6.65
19	20.01	7.48
20	20.51	7.48
21	20.51	8.48
22	21.01	8.48
23	21.01	9.48
24	21.5	9.47

25	21.5	10.47
26	21.61	10.69
27	22.11	10.69
28	23.76	11.79
29	24.91	11.79
30	25.01	11.69
31	26.01	11.73
32	31.01	11.94
33	31.11	12.04
34	32.26	12.04
35	33.01	11.54
36	33.81	11.54
37	34.08	11.57
38	35.67	11.68
39	35.99	11.69
40	38.52	11.57
41	38.68	11.55
42	39.03	11.5
43	39.75	11.42
44	40.33	11.81
45	46.88	16.18
46	47.5	16.59
47	47.54	16.61
48	48.67	16.61
49	48.69	16.61
50	48.76	16.54

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	3.17	5.83
2	3.96	5.78
3	5.6	5.31
4	6.66	5.18
5	8.03	4.81
6	8.65	4.78
7	11.1	4.6
8	11.64	4.66
9	11.71	4.64
10	11.9	4.65
11	12.32	4.61
12	15.13	4.32
13	16.79	4.45
14	17.68	4.45
15	18.38	4.52
16	19.67	4.84
17	20.46	5.06
18	21.1	5.6
19	22.33	6.96
20	23.33	8.17
21	23.49	8.41
22	25.51	9.45
23	25.63	9.5

Verifica di stabilità dei pendii in presenza di terre rinforzate

24	26.31	9.64
25	26.58	9.7
26	27.68	10.14
27	27.79	10.14
28	31.77	10.05
29	33.89	10.04
30	34.22	10.08
31	35.74	10.19
32	35.97	10.19
33	38.37	10.08
34	38.45	10.07
35	38.83	10.01
36	40.94	9.78
37	42.35	10.01
38	43.88	10.21
39	45.71	11.88
40	46.89	13.43
41	47.92	14.15
42	48.07	14.32
43	48.95	14.43

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	3.26	7.32
2	4.22	7.26
3	5.9	6.78
4	6.94	6.66
5	8.27	6.3
6	8.74	6.28
7	11.07	6.11
8	11.76	6.19
9	11.88	6.16
10	11.93	6.16
11	12.47	6.11
12	15.15	5.82
13	16.73	5.95
14	17.6	5.95
15	18.12	6.0
16	19.29	6.29
17	19.74	6.42
18	20.01	6.65
19	20.02	5.65
20	24.02	5.65
21	24.02	7.15
22	26.02	7.15
23	26.02	8.65
24	28.02	8.65
25	28.02	10.15
26	30.02	10.15
27	30.02	11.36
28	33.01	11.54
29	33.81	11.54
30	34.08	11.57
31	35.67	11.68

32	35.99	11.69
33	38.52	11.57
34	38.68	11.55
35	39.03	11.5
36	39.75	11.42
37	40.33	11.81
38	46.88	16.18
39	47.5	16.59
40	47.54	16.61
41	48.67	16.61
42	48.69	16.61
43	48.76	16.54

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0		35	2000	2000	Rilevato stradale
2	72		35.2	2400	2400	MCC1b

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	24.6	11.75	30.6	11.75	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.27
Ascissa centro superficie	15.77 m
Ordinata centro superficie	29.06 m
Raggio superficie	23.07 m

xc = 15.77 yc = 29.06 Rc = 23.074 Fs=1.266

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.35	8.3	0.35	0.15	0.02	-0.01	57.6	29.4	0.0	-1.9	13.8
2	0.45	9.3	0.46	0.64	0.08	-0.04	57.6	29.4	0.0	-2.3	17.9
3	0.27	10.3	0.27	1.12	0.13	-0.07	57.6	29.4	0.0	-0.9	11.0
4	0.05	10.7	0.05	0.67	0.08	-0.04	0.0	29.3	0.0	0.6	0.3
5	0.5	11.4	0.51	10.21	1.22	-0.61	0.0	29.3	0.0	9.6	3.9
6	0.5	12.6	0.51	18.97	2.28	-1.14	0.0	29.3	0.0	17.8	7.2
7	0.44	13.8	0.45	24.25	2.91	-1.46	0.0	29.3	0.0	22.7	9.1
8	0.05	14.4	0.05	3.2	0.38	-0.19	0.0	29.3	0.0	3.0	1.2
9	0.06	14.6	0.06	4.38	0.53	-0.26	0.0	29.3	0.0	4.1	1.6
10	1.47	16.6	1.54	112.79	13.54	-6.77	0.0	29.3	0.5	104.6	42.1
11	0.41	19.0	0.44	34.33	4.12	-2.06	0.0	29.3	3.6	28.6	11.5
12	0.26	19.9	0.28	22.36	2.68	-1.34	0.0	29.3	2.9	18.1	7.3
13	0.56	21.0	0.6	47.28	5.67	-2.84	0.0	29.3	6.5	37.8	15.2
14	0.41	22.3	0.45	35.79	4.29	-2.15	0.0	29.3	5.0	28.6	11.5
15	0.27	23.2	0.3	26.42	3.17	-1.59	0.0	29.3	3.4	21.4	8.6
16	0.56	24.4	0.61	50.98	6.12	-3.06	0.0	29.3	7.1	40.8	16.4
17	0.44	25.7	0.49	38.99	4.68	-2.34	0.0	29.3	5.5	31.1	12.5
18	0.38	26.9	0.43	32.38	3.89	-1.94	57.6	29.4	4.3	18.7	25.3
19	0.41	28.0	0.47	33.2	3.98	-1.99	0.0	29.3	4.1	27.1	10.9
20	0.41	29.2	0.47	31.52	3.78	-1.89	0.0	29.3	3.9	25.8	10.4
21	0.41	30.3	0.48	29.74	3.57	-1.78	0.0	29.3	3.6	24.5	9.9
22	0.41	31.5	0.49	27.87	3.34	-1.67	0.0	29.3	3.0	23.4	9.4
23	0.41	32.7	0.49	26.72	3.21	-1.6	57.6	29.4	2.0	13.0	25.6
24	0.41	34.0	0.5	24.21	2.9	-1.45	57.6	29.4	0.8	11.3	25.2
25	0.41	35.2	0.51	21.67	2.6	-1.3	0.0	29.3	0.0	20.7	8.3
26	0.41	36.5	0.51	19.38	2.33	-1.16	0.0	29.3	0.0	18.6	7.5
27	0.41	37.8	0.52	16.98	2.04	-1.02	0.0	29.3	0.0	16.4	6.6
28	0.41	39.1	0.53	14.83	1.78	-0.89	57.6	29.4	0.0	0.9	22.4
29	0.41	40.4	0.54	5.01	0.6	-0.3	0.0	29.3	0.0	4.9	2.0
30	0.41	41.8	0.55	1.52	0.18	-0.09	0.0	29.3	0.0	1.5	0.6

Superficie a fattore minimo

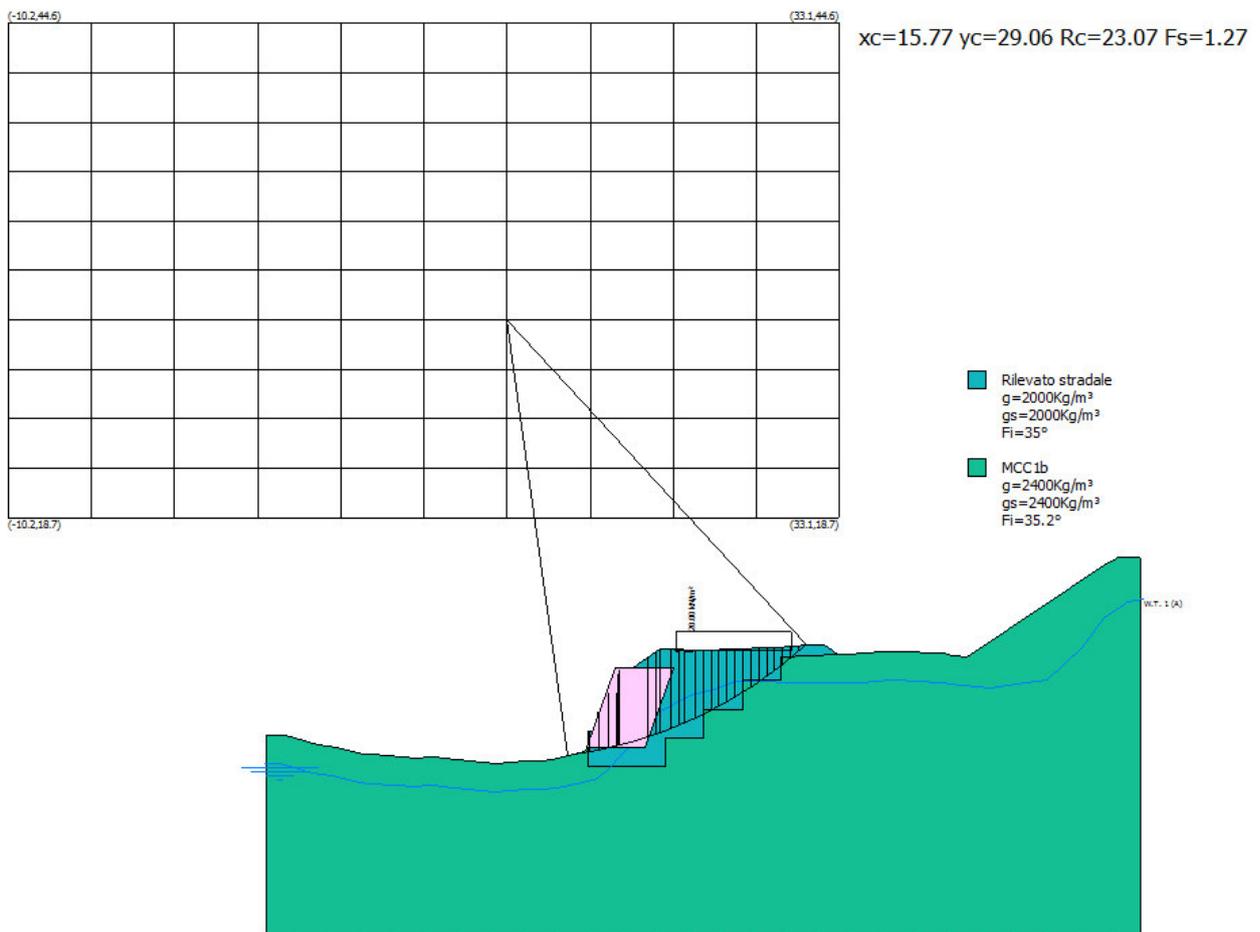
Sintesi calcolo

Superfici calcolate

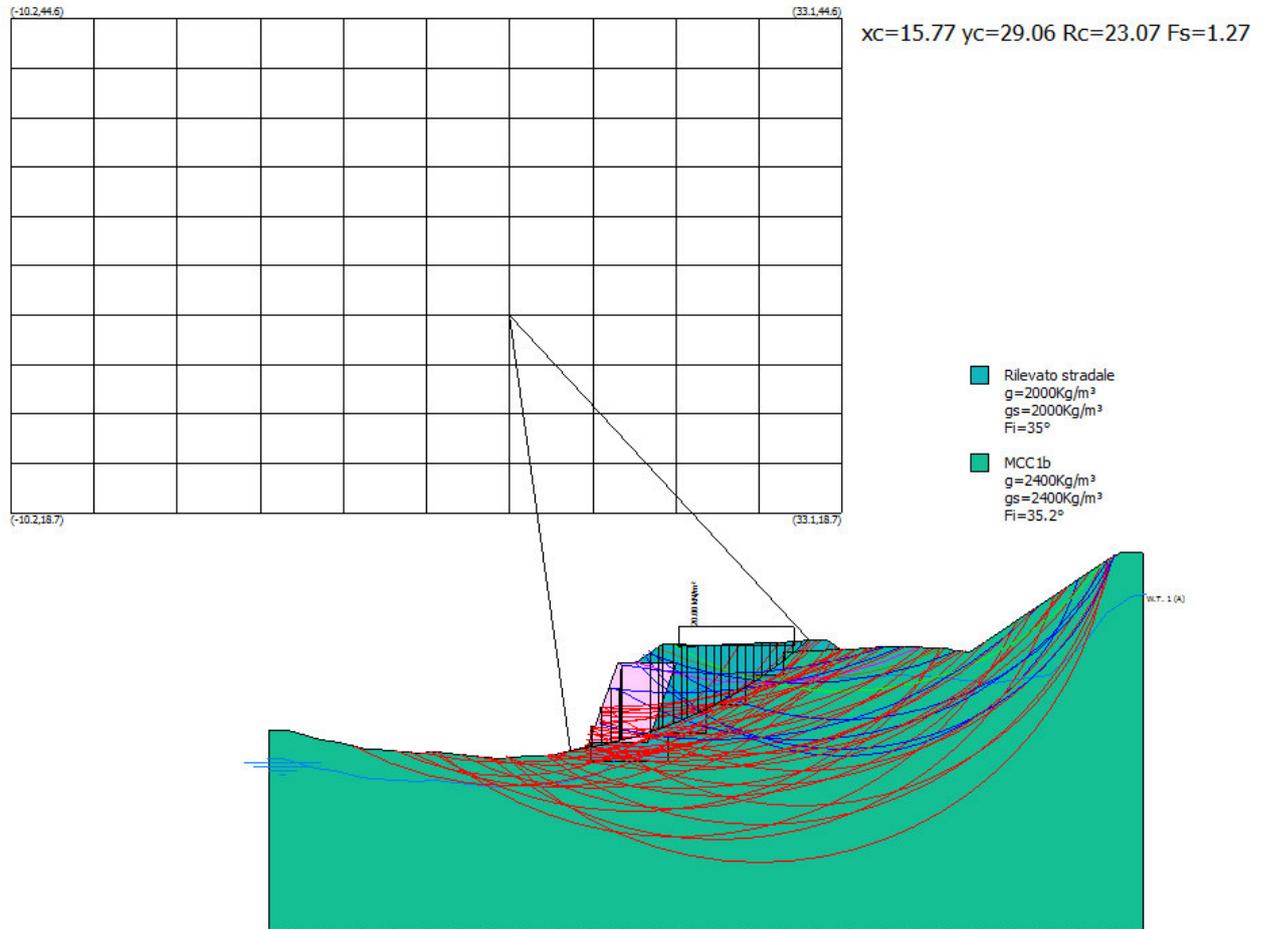
SF Min, SF Max

Ricalcola

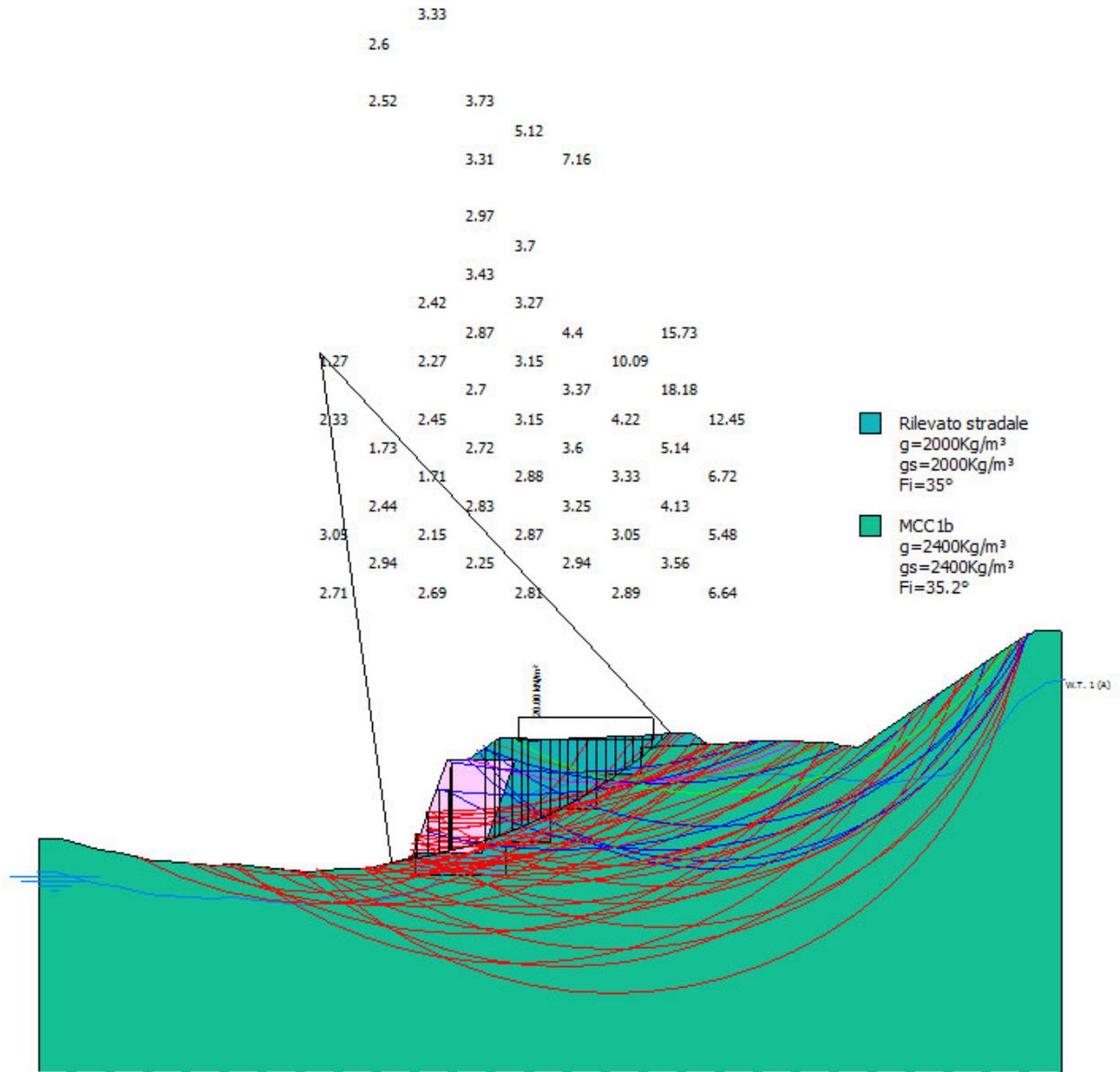
Xc	Yc	Rc	Fs
<input type="text" value="15.77"/>	<input type="text" value="29.06"/>	<input type="text" value="23.07"/>	<input type="text" value="1.2658:"/>



Superfici calcolate



Mappa fattori



6.8. Verifica di stabilità globale in condizioni di breve termine

Si riporta di seguito la verifica di stabilità globale effettuata in corrispondenza della terra rinforzata di altezza massima (TR.02), tra quelle analizzate, considerando le condizioni di breve termine, con il sovraccarico stradale presente e azione del sisma assente (condizioni statiche). I parametri geotecnici di coesione e angolo di attrito di base sono stati cautelativamente ridotti nell'analisi proposta di seguito. La verifica è rappresentativa di quelle effettuate per ciascuna sezione tra quelle esaminate.

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-13.51 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	37.75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	52.17 m
Ordinata vertice destro superiore ys	67.69 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.32	0.37
2	28.02	16.98
3	36.05	16.98
4	40.91	30.36
5	50.09	30.36
6	55.22	30.36
7	60.08	31.94
8	69.04	32.78
9	81.65	39.59

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	54		22	2300	2300	MCC2*

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	41.47	30.43	51.47	30.43	20

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

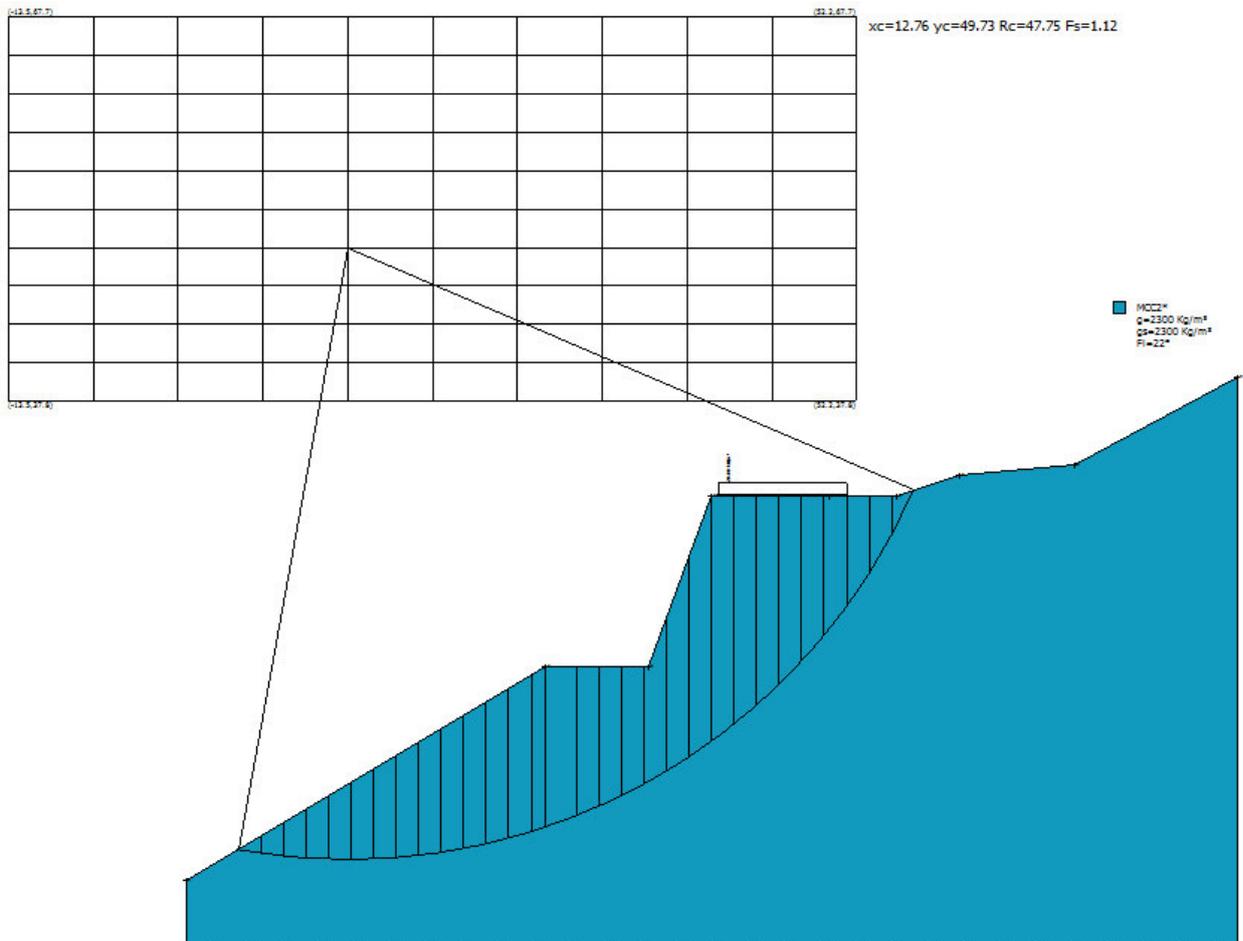
Fs minimo individuato	1.12
Ascissa centro superficie	12.76 m
Ordinata centro superficie	49.73 m
Raggio superficie	47.75 m

xc = 12.763 yc = 49.73 Rc = 47.747 Fs=1.115

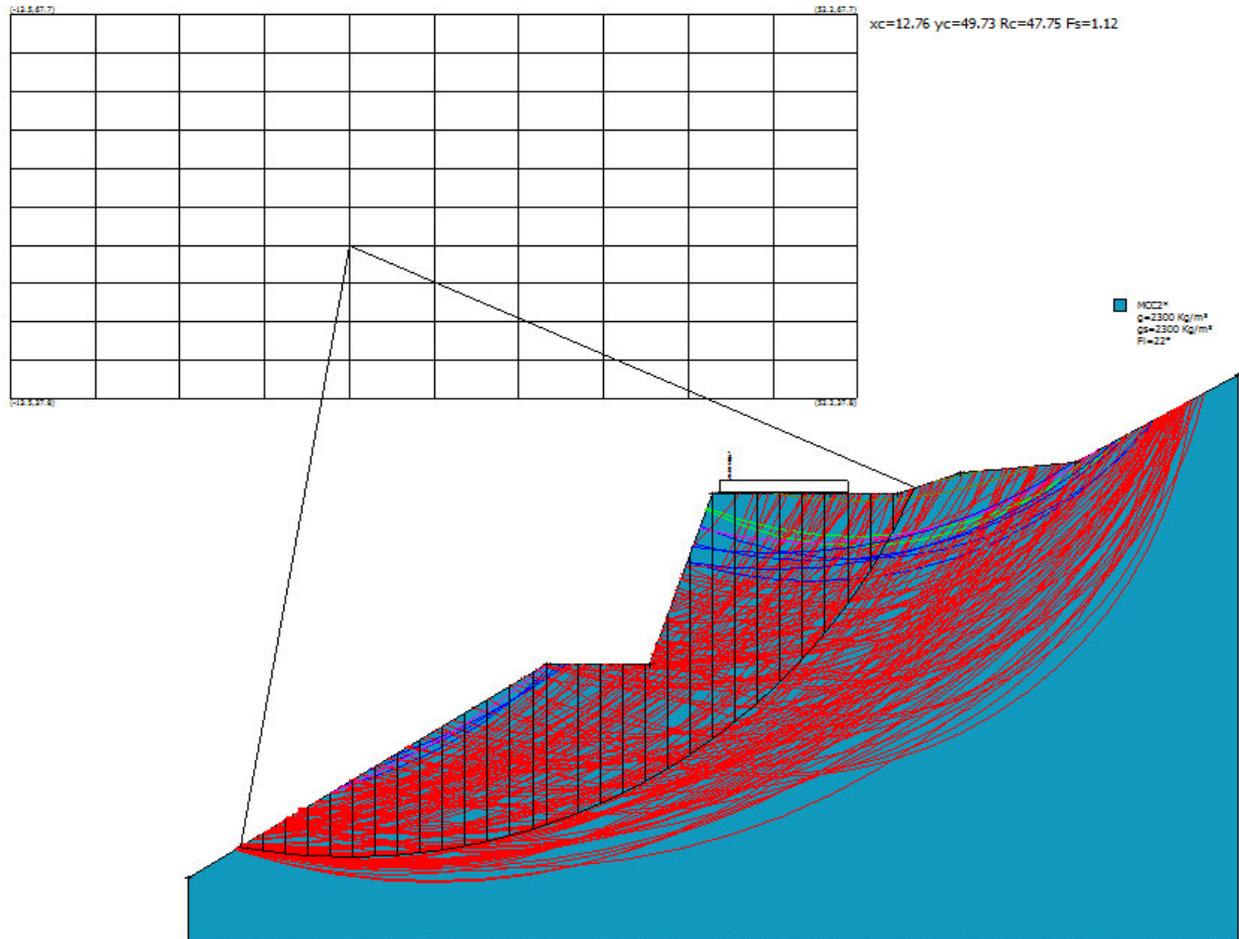
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.74	-9.2	1.77	26.45	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	38.5	72.4
2	1.74	-7.1	1.76	77.41	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	88.6	85.2
3	1.74	-5.0	1.75	125.79	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	134.7	97.2
4	1.74	-2.9	1.75	171.64	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	177.3	108.2
5	1.74	-0.8	1.74	214.98	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	216.6	118.5
6	1.74	1.3	1.74	255.8	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	252.9	128.1
7	1.74	3.4	1.75	294.12	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	286.5	137.0
8	1.74	5.5	1.75	329.91	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	317.4	145.3
9	1.74	7.6	1.76	363.16	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	345.9	153.1
10	1.74	9.7	1.77	393.83	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	372.1	160.4
11	1.74	11.9	1.78	421.89	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	396.0	167.1
12	1.74	14.0	1.8	447.26	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	417.7	173.4
13	1.74	16.2	1.82	469.89	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	437.3	179.2
14	1.07	18.0	1.12	298.05	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	276.8	112.5
15	2.42	20.2	2.58	658.73	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	609.4	251.3
16	1.74	22.9	1.89	442.7	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	407.1	173.9
17	1.74	25.2	1.93	412.14	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	376.8	167.2
18	1.74	27.5	1.97	378.2	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	343.2	159.7
19	1.74	29.9	2.01	394.08	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	359.4	165.5
20	1.74	32.3	2.06	541.45	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	509.7	207.0
21	1.75	34.8	2.14	688.68	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	664.8	250.4
22	1.74	37.4	2.19	749.47	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	736.4	271.0
23	1.74	40.1	2.28	709.74	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	704.1	265.9
24	1.74	42.9	2.38	649.01	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	649.2	254.9
25	1.74	45.8	2.5	581.9	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	585.6	242.5
26	1.74	48.9	2.66	507.33	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	510.6	228.1
27	1.74	52.2	2.85	423.88	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	419.9	211.0
28	1.74	55.8	3.1	296.57	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	264.3	179.0
29	1.74	59.8	3.46	185.85	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	110.0	151.0
30	1.74	64.2	4.01	63.79	0.0	0.0	43.2	17.9	0.0	-94.6	116.5

Superficie a fattore minimo

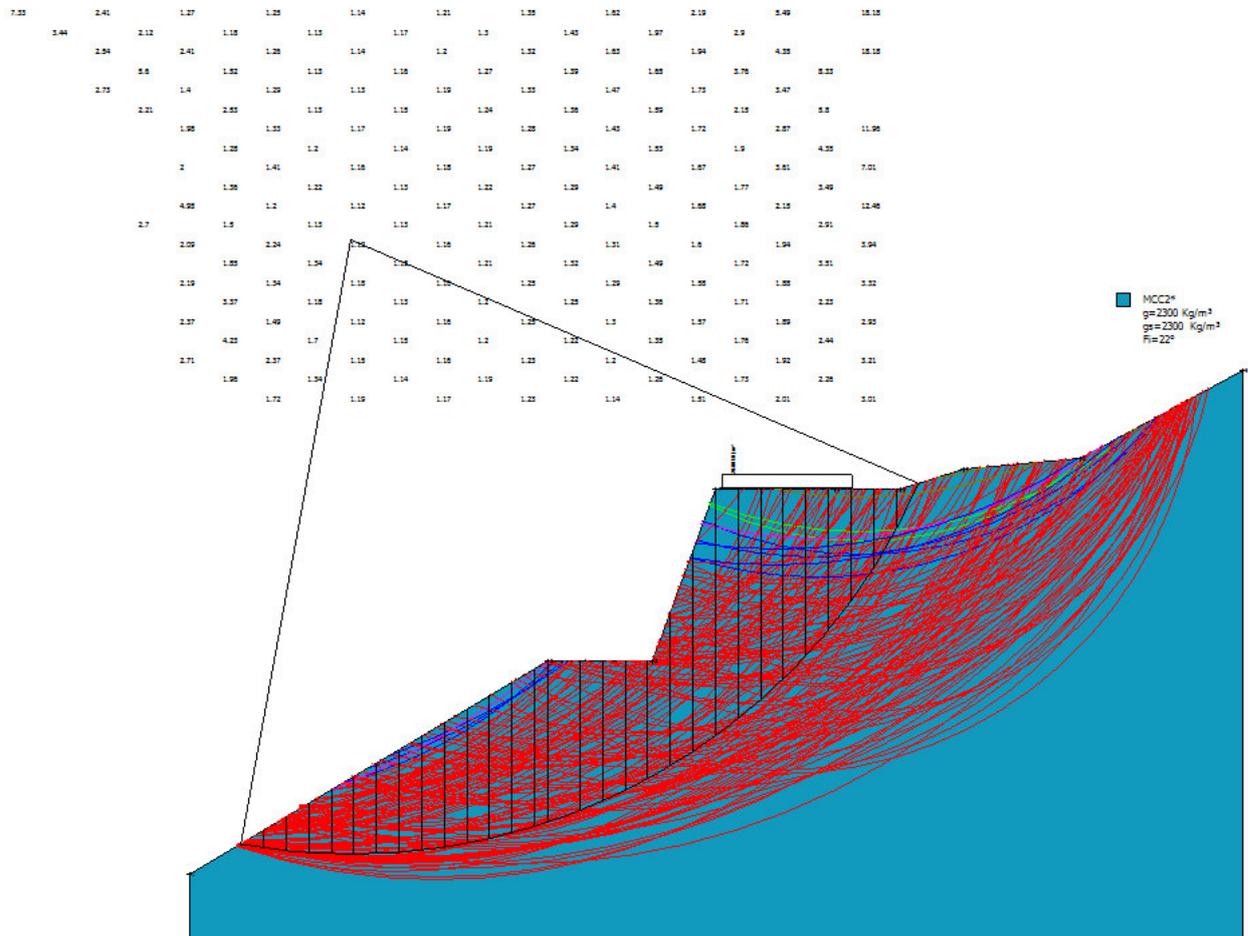
Sintesi calcolo			
Superfici calcolate	185		
SF Min, SF Max	1.12	18.18	
Ricalcola			
Xc	Yc	Rc	Fs
12.76	49.73	47.74	1.11516



Superfici calcolate



Mappa fattori



6.9. Sintesi dei fattori di sicurezza

Si sintetizzano nel prospetto di seguito i fattori di sicurezza relativi alle verifiche di stabilità eseguite per ciascuna sezione di progetto, in condizioni statiche e sismiche.

Il valore limite considerato per il coefficiente di sicurezza è unitario, avendo ridotto le resistenze di calcolo per il fattore 1,1.

Le verifiche risultano tutte soddisfatte, essendo tutti i fattori di sicurezza superiori all'unità.

Progressive (Inizio-fine tratto)	T.R.	Fattore di sicurezza - CONDIZIONI STATICHE	Fattore di sicurezza - CONDIZIONI SISMICHE
Pk 0+669.15-0+773.74	TR.01	1.37	1.15
Pk 1+072.12-1+156.05	TR.02	1.45	1.30
Pk 1+370.06-1+494.06	TR.03	1.70	1.37
Pk 1+768.89-2+025.15	TR.04	1.63	1.38
Pk 2+225.56-2+557.85	TR.05	1.35	1.14
Pk 0+015.00-0+311.30	TR.rampa4	1.37	1.04
Pk 0+161.49-0+247.36	TR.rampa5	1.57	1.27