

Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA  
GIUNTA REGIONALE



Consorzio di Bonifica  
"Ombrone Pistoiese - Bisenzio"



Publiacqua

## Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

### STRALCIO III PROGETTO DEFINITIVO

Progetto di messa in sicurezza idraulica e approvvigionamento  
idropotabile dell'invaso della Giudea in loc. Gello

R.U.P.

Arch. Francesco Bragagnolo

Via XXVII Aprile, 17 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

**Publiacqua S.p.A.**

Via Villamagna, 90/C  
50126 Firenze

GRUPPO DI LAVORO PROGETTO DEFINITIVO:

Direttore tecnico:

Ing. Annaclaudia Bonifazi

Collaborazione alla  
progettazione:

Progettisti:

Ing. Giovanni Simonelli

Geom. Luca Iacopini

Indagini Idrauliche  
Ing. Leonardo Duranti

Geologia:

Geol. Filippo Landini

Indagini Geologiche  
Geol. Carlo Ferri



INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.  
Via Villamagna 90/c - Firenze  
Cod. Fisc. e P. I.V.A. 6111950488  
Organizzazione con sistema di gestione certificato  
dal RINA in conformità alla normativa  
ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

TITOLO:

CALCOLO VERIFICHE DI STABILITA'

COD.

STIII-G4

DATA MARZO 2014

## NOTA INTRODUTTIVA SCELTE GEOTECNICHE

La presente nota integrativa viene redatta a seguito delle richieste del 20 novembre 2013 (Rif 480/1183).

Dall'analisi delle relazioni disponibili presso L'ufficio Tecnico per le Dighe d Firenze, sono state analizzate le varie verifiche eseguite al tempo del franamento e le relative analisi geotecniche eseguite nelle varie fasi di progettazione

- del 1991 (Prof. Ing. Pietro Colombo) in cui erano state eseguite indagini di laboratorio su campioni indisturbati dall'Italgeo
- quella successiva del 1995 (prof. Dott. Achille Piccio e Progettista dott. Ing. Giovanni Baldovin) in cui sono state eseguite indagini di laboratorio su campioni ricostruiti dalla Geotecna

Non è stata considerata la documentazione geotecnica del progetto del 2007, perché prevedeva la completa demolizione della struttura e il suo rifacimento, e quindi non erano state eseguite prove geotecniche sul rilevato.

Nella relazione geotecnica allegata al progetto esecutivo del 1995, al paragrafo **2.4.c Parametri di stabilità** (pag.5 Relazione geotecnica ) i progettisti dell'adeguamento pur facendo riferimento alle verifiche di stabilità del 1965 (fasi di progetto) in cui i parametri geotecnici erano stati ricavati da provini ricostruiti, evidenziavano come nelle fasi di collaudo era stato verificato come i dati geotecnici dell'effettivo costruito risultassero ridotti di almeno un 10% rispetto al progetto.

I progettisti del 1995 eseguirono un'analisi dettagliata delle back analysis del Prof. Colombo che aveva individuato in 29° di attrito e coesione nulla le condizioni d'instabilità.

Gli stessi calcoli sono stati ripetuti da Geotecna, nel 1995, ottenendo i medesimi risultati.

Nel progetto del 1995 sono state analizzati i dati disponibili (pag. 6 Relazione geotecnica)

- L'insieme di tutti i dati di resistenza a taglio attualmente disponibili per il materiale del rilevato, ottenuti dall'Italgeo su campioni indisturbati e dalla Geotecna su provini ricostituiti con densità secca 1,65 t/m<sup>3</sup>, riportati in dettaglio negli Allegati 1 e 2 e, in sintesi, in Appendice 1, fornisce uno spettro di valori di attrito compresi tra 0° e 31° e di coesione  $c'$  da 0 a 0,5 kg/cm<sup>2</sup>. Come rappresentativi di questo spettro si possono assumere per l'attrito e per la coesione rispettivamente 20° e 0,2 kg/cm<sup>2</sup>.

ed è stata eseguita una nuova back analysis che ha individuato valori prossimi a  $F_s=1$  per le situazioni di svasso rapido con decadimento delle caratteristiche geotecniche, e con una coesione di 0,1 kg/cm<sup>2</sup>  $F_s<1$ .

- La coppia di parametri adottati per questa nuova verifica a posteriori del vecchio rilevato ( $20^\circ$  e  $0,2 \text{ kg/cm}^2$ ) trova giustificazione non solo nei risultati delle prove di laboratorio ma anche nel confronto con i dati relativi alla stessa formazione in condizioni indisturbate in aree adiacenti a quella in studio ove erano stati definiti, come valori medio-minimi da assumere in fase di progetto, per terreni di fondazione, angolo di attrito  $25^\circ$  e coesione  $0,05 \text{ kg/cm}^2$ . I lavori di sbancamento, stesa e rullatura diminuiscono la granulometria del materiale, e quindi l'attrito, e conferiscono un certo grado di coesione efficace; nel tempo, a causa dell'assenza di confinamento e dell'esposizione agli agenti atmosferici, la coesione è decaduta progressivamente a partire dal paramento di monte, non inerbito e a contatto con l'acqua, provocando il franamento di fette sempre più arretrate.

La conclusione del paragrafo indicava comunque cautelativamente che poteva essere considerata una coesione efficace non inferiore a  $0,1 \text{ kg/cm}^2$ .

Dopo aver analizzato la documentazione si è proceduto alle verifiche del rilevato in fase di progetto preliminare con i dati disponibili, e con i valori individuati dal Dott. Ing Giuseppe Baldovin, che comunque risultano essere cautelativi.

Per quanto riguarda la coesione non drenata del rilevato esistente e di progetto si sono utilizzati valori medi ricavati dalle prove penetrometriche eseguite nel 2012.

PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO PRELIMINARE

TERRENO CORPO DIGA

Terreno di riporto prevalentemente limoso-argillosa dati ricavati da relazione progetto esecutivo aprile 1995							
<b>Tensioni efficaci (lungo temine)</b>				<b>Tensioni efficaci (lungo temine) CORRETTI</b>			
$\Phi'$	Angolo di attrito	20 gradi		$\Phi'$	Angolo di attrito	16 gradi	
$C'$	Coesione	20,00 kN/mq		$C'$	Coesione	16 kN/mq	
Pv	Peso di Volume	1,70 kN/mc		Pv	Peso di Volume	1,70 kN/mc	
Ps	P- di volume saturo	1,80 kN/mc		Ps	P- di volume saturo	1,80 kN/mc	
dati ricavati prove penetrometriche 2012							
<b>Tensioni totali (breve termine)</b>				<b>Tensioni totali (breve termine) CORRETTI</b>			
$\Phi$	Angolo di attrito	30 gradi		$\Phi$	Angolo di attrito	24 gradi	
C	Coesione	60,00 kN/mq		C	Coesione	43 kN/mq	
Pv	Peso di Volume	1,70 kN/mc		Pv	Peso di Volume	1,70 kN/mc	
Ps	P- di volume saturo	1,80 kN/mc		Ps	P- di volume saturo	1,80 kN/mc	

SUBSTRATO

Substrato litoide (calcareniti, argilliti, siltiti)							
<b>Tensioni efficaci (lungo temine)</b>				<b>Tensioni efficaci (lungo temine) CORRETTI</b>			
$\Phi'$	Angolo di attrito	45 gradi		$\Phi'$	Angolo di attrito	36 gradi	
$C'$	Coesione	150 kN/mq		$C'$	Coesione	120 kN/mq	
Pv	Peso di Volume	2,30 kN/mc		Pv	Peso di Volume	2,30 kN/mc	
Ps	P- di volume saturo	2,50 kN/mc		Ps	P- di volume saturo	2,50 kN/mc	
<b>Tensioni totali (breve termine)</b>				<b>Tensioni totali (breve termine) CORRETTI</b>			
$\Phi$	Angolo di attrito	45		$\Phi$	Angolo di attrito	36 gradi	
C	Coesione	60 kN/mq		C	Coesione	43 kN/mq	
Pv	Peso di Volume	2,30 kN/mc		Pv	Peso di Volume	2,30 kN/mc	
Ps	P- di volume saturo	2,50 kN/mc		Ps	P- di volume saturo	2,50 kN/mc	

## AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

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

#### Dati generali

Tipo opera: 3 - Grandi opere  
 Classe d'uso: Classe IV  
 Vita nominale: 100,0 [anni]  
 Vita di riferimento: 200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: D  
 Categoria topografica: T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,053  
 Coefficiente azione sismica verticale 0,027

<b>PARAMENTO DI MONTE</b>			
INVASO PIENO LIVELLO LAGO 140,00 M SLM			
METODO DI CALCOLO	CONDIZIONI DRENATE		FATTORE SICUREZZA
	NO SISMA	CON SISMA	
FELLENIUS	1,37	1,20	1,2
BISHOP	1,52	1,29	1,2

<b>PARAMENTO DI MONTE</b>			
INVASO PIENO LIVELLO LAGO 140,00 M SLM			
METODO DI CALCOLO	CONDIZIONI NON DRENATE		FATTORE SICUREZZA
	NO SISMA	CON SISMA	
FELLENIUS	1,75	1,29	1,2
BISHOP	1,75	1,26	1,2

<b>PARAMENTO DI MONTE</b>			
LIVELLO LAGO 128,00 M SLM LAGO VUOTO / FASE COSTUZIONE			
METODO DI CALCOLO	CONDIZIONI DRENATE		FATTORE SICUREZZA
	NO SISMA	CON SISMA	
FELLENIUS	1,28	1,36	1,1
BISHOP	1,34	1,38	1,1

<b>PARAMENTO DI MONTE</b>			
LIVELLO LAGO 128,00 M SLM LAGO VUOTO / FASE COSTUZIONE			
METODO DI CALCOLO	CONDIZIONI NON DRENATE		FATTORE SICUREZZA
	NO SISMA	CON SISMA	
FELLENIUS	1,75	1,29	1,1
BISHOP	1,75	1,26	1,1

<b>PARAMENTO DI MONTE</b>			
INVASO PIENO LIVELLO LAGO 128,00 M SLM			
SVASO RAPIDO			
METODO DI CALCOLO	CONDIZIONI NON DRENATE		FATTORE SICUREZZA
	NO SISMA	CON SISMA	
FELLENIOUS	1,75	1,29	1,1
BISHOP	1,75	1,26	1,1

<b>PARAMENTO DI V ALLE</b>			
INVASO PIENO LIVELLO LAGO 140,00 M SLM			
METODO DI CALCOLO	CONDIZIONI DRENATE		FATTORE SICUREZZA
	NO SISMA	CON SISMA	
FELLENIOUS	20,00	20,00	1,2
BISHOP	20,00	18,18	1,2

# RELAZIONE DI CALCOLO

## Definizione

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

## Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

- (a) 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 ( $\varphi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

## Metodo equilibrio limite (LEM)

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

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

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

## Metodo dei conci

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

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$
- $(n-1)$  forze normali  $E_j$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_j$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_j$ ;

$(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;  
una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

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

*mentre le equazioni a disposizione sono:*

Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$

Equazioni relative al criterio di rottura  $n$

Totale numero di equazioni  $4n$

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

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

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

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

#### **Metodo di FELLENIUS (1927)**

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

$n$  valori delle forze normali  $N_i$ ;

$n$  valori delle forze da taglio  $T_i$ ;

$1$  fattore di sicurezza.

Incognite  $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

$n$  equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

$n$  equazioni relative al criterio di rottura;

$1$  equazione di equilibrio dei momenti globale.

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

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

#### **Metodo di BISHOP (1955)**

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_v = 0, \sum M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

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

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  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 %.

### **Metodo di JANBU (1967)**

*Janbu* estese il metodo di *Bishop* a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

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

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

Assumendo  $\Delta X_i = 0$  si ottiene il metodo ordinario.

*Janbu* propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove  $f_o$  è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

### **Metodo di BELL (1968)**

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

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

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

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

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

in cui

$F$  = il fattore di sicurezza;

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

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

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

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

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

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

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

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

$W_i \cos \alpha_i / L_i$  = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

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

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

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

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

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

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza  $F$ , sostituendo l'espressione di  $N_i$  e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario  $C_3$ .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza  $F$ . Il corretto valore di  $F$  può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left( \frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri  $F$  e  $C_3$ .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

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

### **Metodo di SARMA (1973)**

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio

limite (accelerazione critica  $Kc$ ) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

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

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

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

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

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} * \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i &= \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \\ ** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha') + (x'_i - x_G)] &= \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G) \end{aligned}$$

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

Si ha pertanto:

$K = Kc$  *accelerazione critica* se  $F = 1$

$F = Fs$  *fattore di sicurezza in condizioni statiche* se  $K = 0$

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

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

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

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

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

### **Metodo di SPENCER**

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo  $\theta$ . tutti i momenti sono nulli  $M_i = 0 \quad i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione  $f(x) = 1$ .

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{tg \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[ \frac{F_s + tg \phi \sec(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

$R$  = raggio dell'arco di cerchio;

$\theta$  = angolo d'inclinazione della forza  $Q_i$  rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze  $Q_i$  parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo ( $F_{Sm}$ ) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo ( $F_{Sf}$ ) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo  $\theta$ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia  $F_{Sm} = F_{Sf}$ .

### **Metodo di MORGENSTERN e PRICE**

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

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

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

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

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

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

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

### **VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita 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, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W \\ F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

$K_O$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_V$ : Coefficiente sismico verticale.

### Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti  $K_O$  e  $K_V$  in dipendenza di vari fattori:

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

$$K_V = \pm 0,5 \times K_O$$

Con

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

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

g accelerazione di gravità.

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

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

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di  $S_T$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

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

In questo caso la  $V_R$  è uguale a 200 anni

### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

**VERIFICA STABILITÀ  
VERSANTE DI MONTE  
IN COSTRUZIONE LIVELLO INVASO LAGO 128 M SLM  
CONDIZIONI DRENATE**

## Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

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

## Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

## Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,2	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

## Falda

Nr.	X m	y m
1	243,37	-34,11

## Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	10	60	20	2000	2050		
2	5	150	25	2100	2250	Substrato roccioso	

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

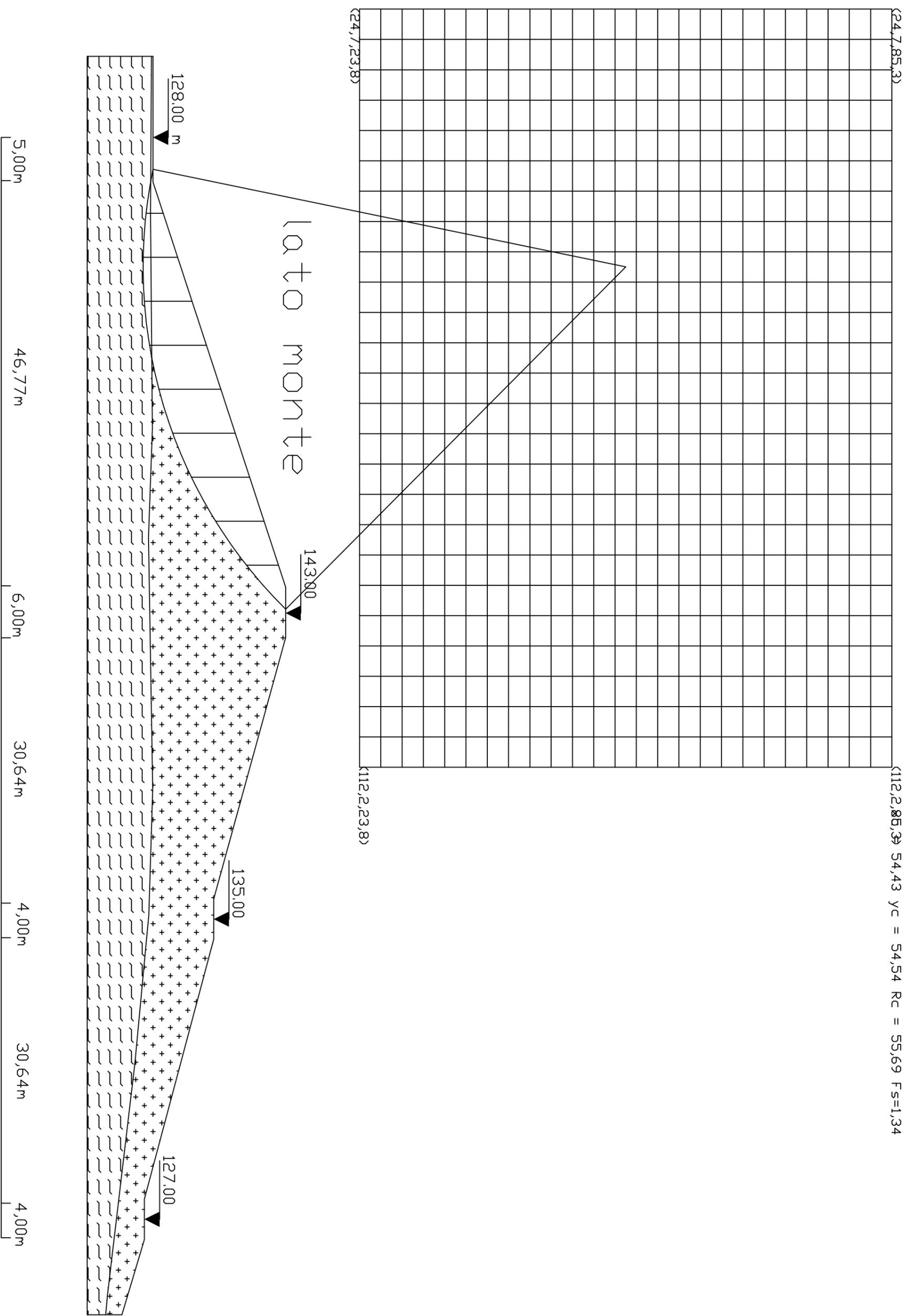
Fs minimo individuato	1,34
Ascissa centro superficie	54,43 m
Ordinata centro superficie	54,54 m
Raggio superficie	55,69 m

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 concii. Superficie...xc = 54,426 yc = 54,542 Rc = 55,694 Fs=1,3397

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,08	-9,0	5,14	8268,07	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	9019,9	4077,6
2	5,08	-3,8	5,09	31226,59	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	31982,1	10455,7
3	5,08	1,5	5,08	49221,7	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	48849,4	15149,8
4	5,08	6,7	5,11	62260,43	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	60522,8	18410,6
5	5,08	12,0	5,19	70350,28	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	68102,3	17964,4
6	5,08	17,4	5,32	73692,76	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	71352,6	18750,4
7	5,08	23,0	5,52	71599,89	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	69909,0	18555,2
8	5,08	28,8	5,8	63447,91	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	62951,0	17213,2
9	5,08	35,0	6,2	48256,1	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	48836,3	14390,9
10	5,08	41,7	6,8	24402,07	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	24288,5	9421,8

# VERIFICA DRENATA SENZA SISMA - BISHOP



## Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,2	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	243,37	-34,11

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	10	60	20	2000	2050		
2	5	150	25	2100	2250	Substrato roccioso	

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

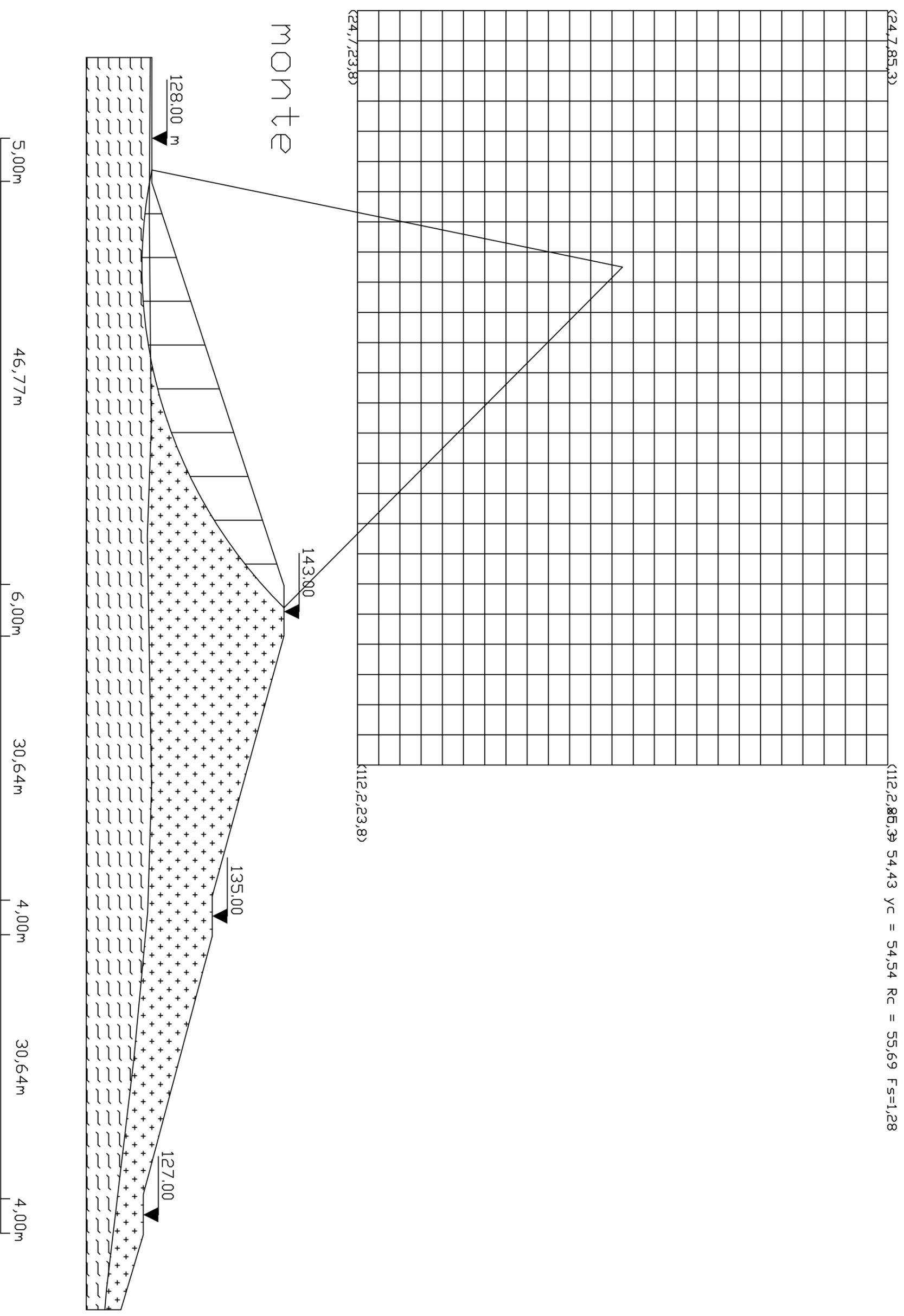
Fs minimo individuato	1,28
Ascissa centro superficie	54,43 m
Ordinata centro superficie	54,54 m
Raggio superficie	55,69 m

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 concii. Superficie...xc = 54,426 yc = 54,542 Rc = 55,694 Fs=1,2847

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,08	-9,0	5,14	8268,07	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	8165,6	-1297,7
2	5,08	-3,8	5,09	31226,59	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	31159,2	-2050,3
3	5,08	1,5	5,08	49221,7	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	49205,5	1261,9
4	5,08	6,7	5,11	62260,43	0,0	0,0	4,0	20,5	0,0	61833,3	7280,4
5	5,08	12,0	5,19	70350,28	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	68808,1	14649,6
6	5,08	17,4	5,32	73692,76	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	70308,7	22075,0
7	5,08	23,0	5,52	71599,89	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	65903,2	27987,8
8	5,08	28,8	5,8	63447,91	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	55582,0	30598,8
9	5,08	35,0	6,2	48256,1	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	39524,8	27684,7
10	5,08	41,7	6,8	24402,07	0,0	0,0	8,0	16,2	0,0	18219,0	16233,6

# VERIFICA DRENATA SENZA SISMA - FELLENIUS



## Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP –con sismaA

Numero di strati	2,0
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	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

#### Vertici profilo

N	X	y
---	---	---

	m	m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

#### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

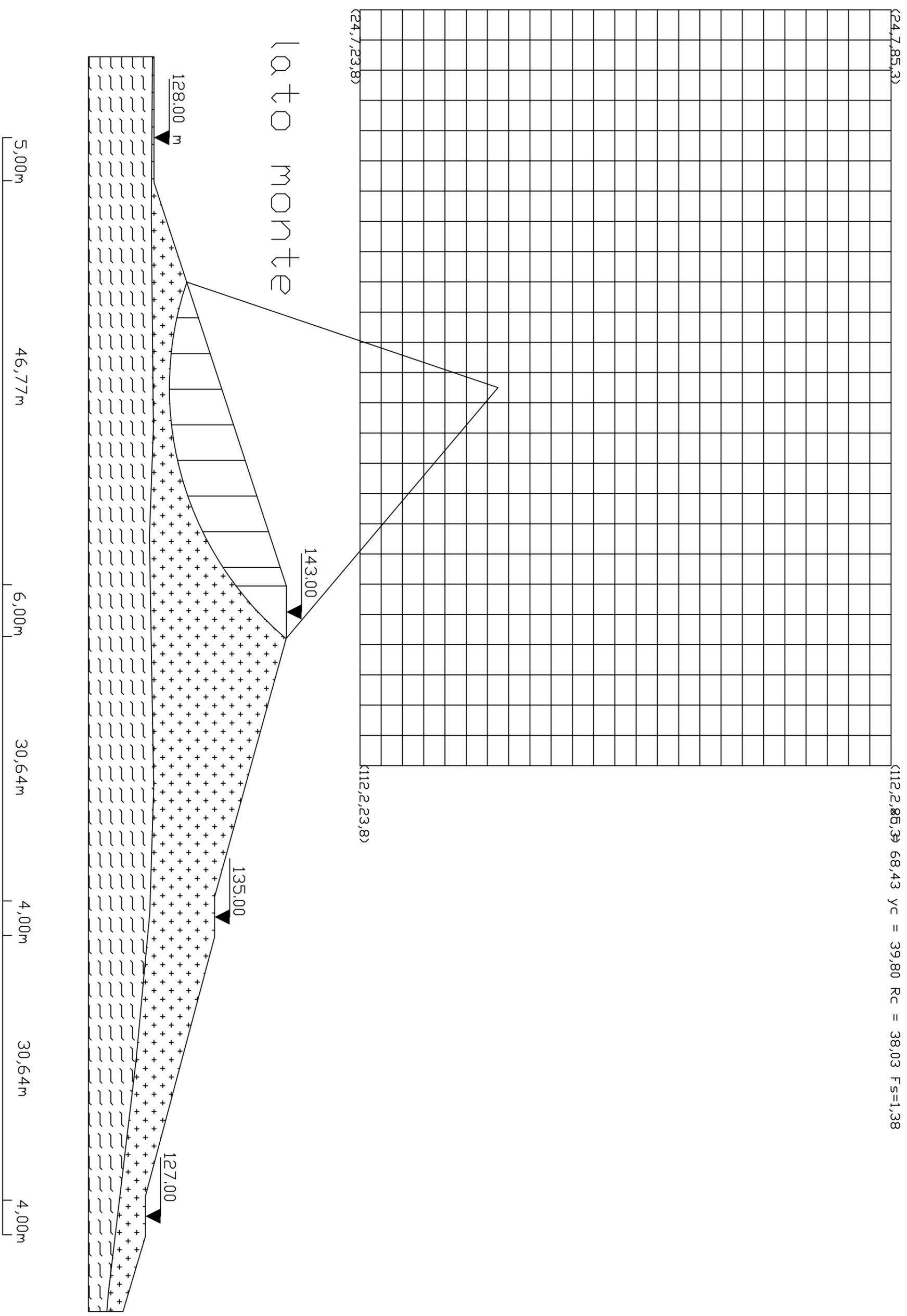
Fs minimo individuato	1,38
Ascissa centro superficie	68,43 m
Ordinata centro superficie	39,8 m
Raggio superficie	38,03 m

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 concii. Superficie...xc = 68,43 yc = 39,796 Rc = 38,026 Fs=1,3763**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4,13	-15,5	4,28	9198,97	487,55	248,37	16,0	16,2	0,0	11438,1	6816,5
2	4,13	-9,1	4,18	24994,78	1324,72	674,86	16,0	16,2	0,0	26869,8	9673,5
3	4,13	-2,9	4,13	37512,54	1988,17	1012,84	16,0	16,2	0,0	38148,9	11791,3
4	4,13	3,4	4,14	46864,57	2483,82	1265,34	16,0	16,2	0,0	46160,5	13334,3
5	4,13	9,6	4,19	53046,2	2811,45	1432,25	16,0	16,2	0,0	51361,4	14390,7
6	4,13	16,0	4,3	55934,99	2964,55	1510,25	16,0	16,2	0,0	53890,2	14993,4
7	4,13	22,6	4,47	55266,93	2929,15	1492,21	16,0	16,2	0,0	53574,0	15124,1
8	4,13	29,6	4,75	50575,99	2680,53	1365,55	16,0	16,2	0,0	49816,9	14697,4
9	2,16	35,2	2,64	22954,19	1216,57	619,76	16,0	16,2	0,0	22960,0	7266,1
10	6,09	43,5	8,4	33540,46	1777,65	905,59	16,0	16,2	0,0	31837,0	15177,1

# VERIFICA DRENATA CON SISMA - BISHOP



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS –con sisma

Numero di strati	2,0
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	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

### Vertici profilo

N	X	y
---	---	---

	m	m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

#### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

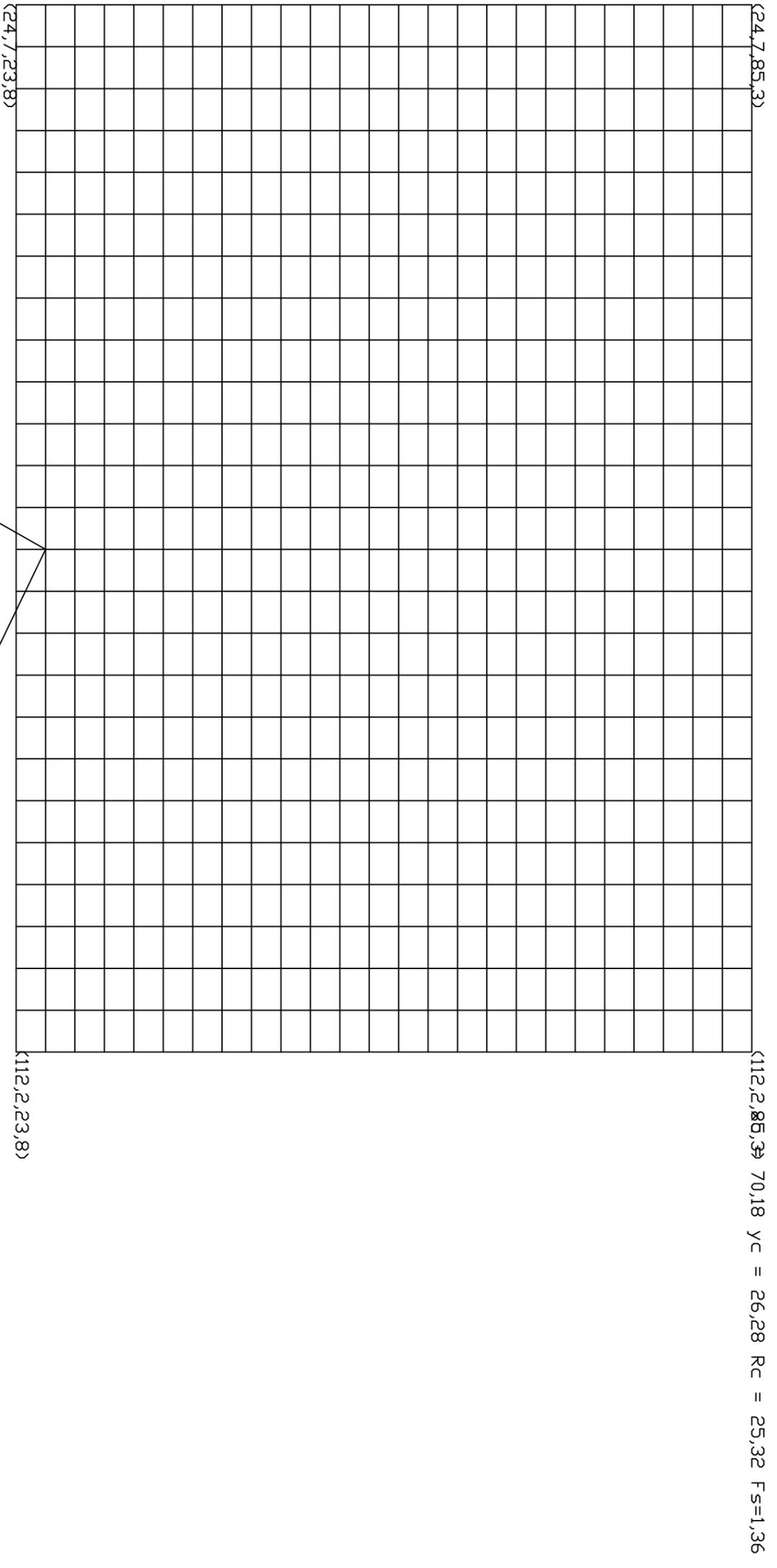
Fs minimo individuato	1,36
Ascissa centro superficie	70,18 m
Ordinata centro superficie	26,28 m
Raggio superficie	25,32 m

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.

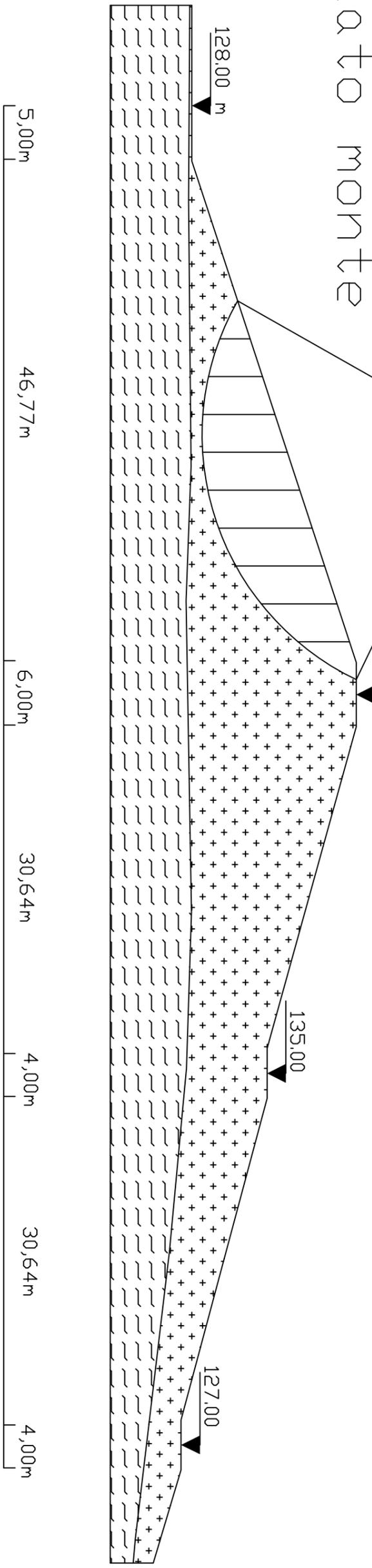
**Analisi dei concii. Superficie...xc = 70,181 yc = 26,278 Rc = 25,323 Fs=1,3627**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,53	-25,2	3,9	8960,93	474,93	241,95	16,0	16,2	0,0	8530,2	-3383,4
2	3,53	-16,6	3,69	23975,36	1270,69	647,33	16,0	16,2	0,0	23960,7	-5627,1
3	3,53	-8,4	3,57	35603,23	1886,97	961,29	16,0	16,2	0,0	36449,6	-3316,7
4	3,53	-0,3	3,53	44157,41	2340,34	1192,25	16,0	16,2	0,0	45362,3	2087,5
5	3,53	7,7	3,57	49736,73	2636,05	1342,89	16,0	16,2	0,0	50264,4	9283,6
6	3,53	15,9	3,67	52257,58	2769,65	1410,96	16,0	16,2	0,0	50855,1	16984,2
7	3,53	24,5	3,88	51427,67	2725,67	1388,55	16,0	16,2	0,0	46947,6	23774,7
8	3,53	33,7	4,24	46631,63	2471,48	1259,05	16,0	16,2	0,0	38490,4	27904,9
9	3,53	44,0	4,91	36605,12	1940,07	988,34	16,0	16,2	0,0	25676,3	26840,4
10	3,53	57,0	6,48	18253,67	967,44	492,85	16,0	16,2	0,0	9410,8	15828,9

# VERIFICA DRENATA CON SISMA - FELLENIUS



lato monte



**VERIFICA STABILITÀ  
VERSANTE DI MONTE  
IN COSTRUZIONE LIVELLO INVASO LAGO 128 M SLM  
CONDIZIONI NON DRENATE**

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,6	15,3
4	97,2	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

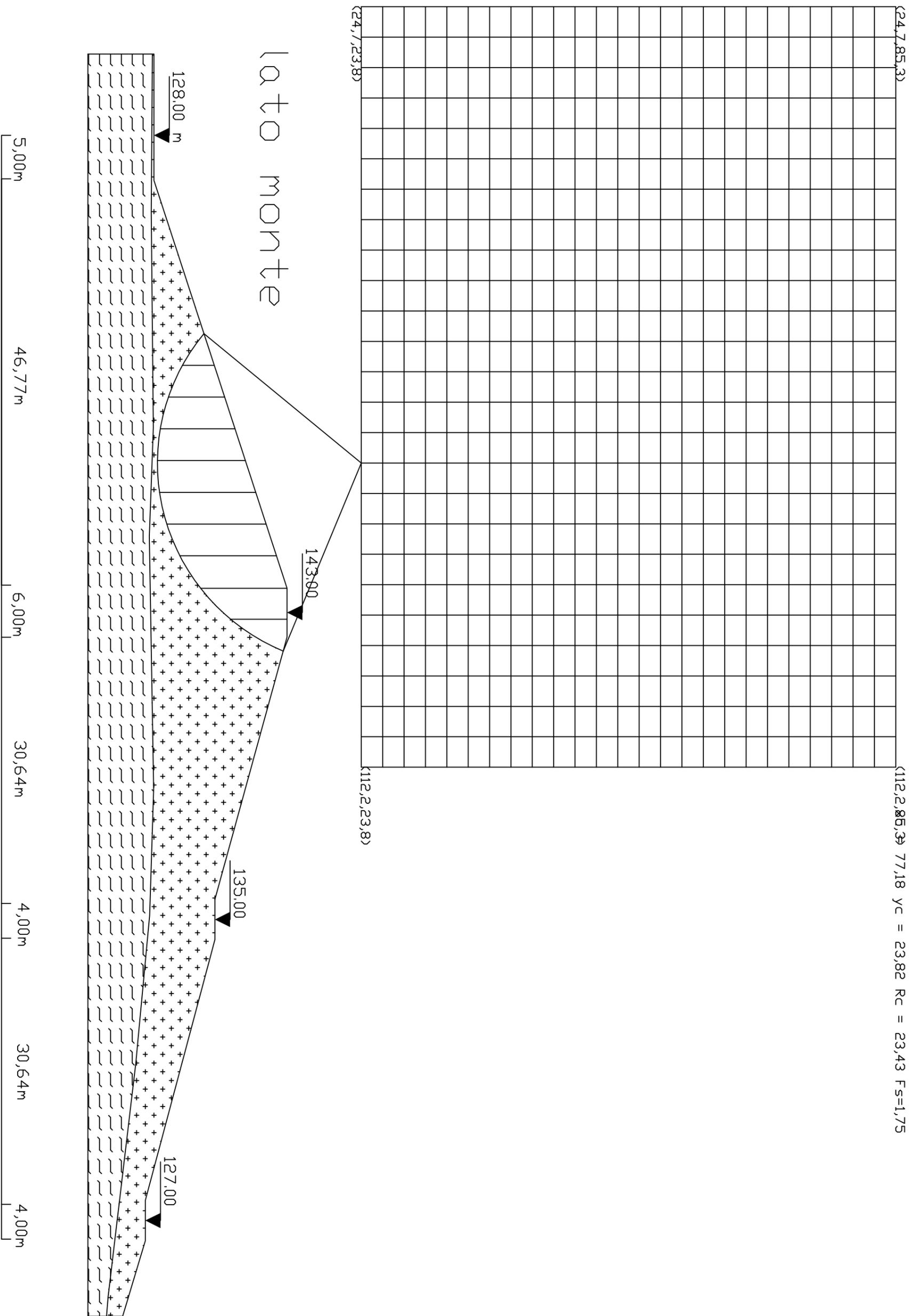
Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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 concii. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,7488**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,65	-34,1	4,41	12881,6	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	23023,0	11028,4
2	3,65	-23,8	3,99	33942,77	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	41502,1	9981,4
3	3,65	-14,3	3,77	50045,42	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	54046,6	9424,1
4	3,65	-5,2	3,67	61993,46	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	63081,1	9169,8
5	3,65	3,8	3,66	70120,43	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	69668,1	9152,2
6	3,65	12,9	3,75	74449,2	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	74226,1	9367,2
7	3,65	22,3	3,95	74699,31	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	76683,9	9869,3
8	3,74	32,6	4,43	71678,16	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	77962,2	11081,6
9	3,57	44,1	4,97	53990,14	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	63121,3	12420,1
10	3,65	58,8	7,06	26154,76	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	21366,3	17642,4

# VERIFICA NON DRENATA SENZA SISMA - BISHOP



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,6	15,3
4	97,2	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

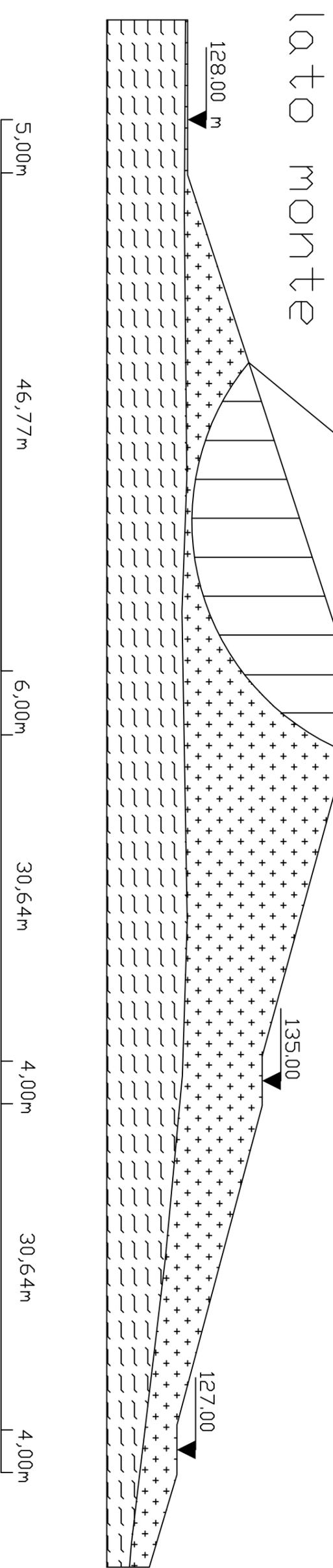
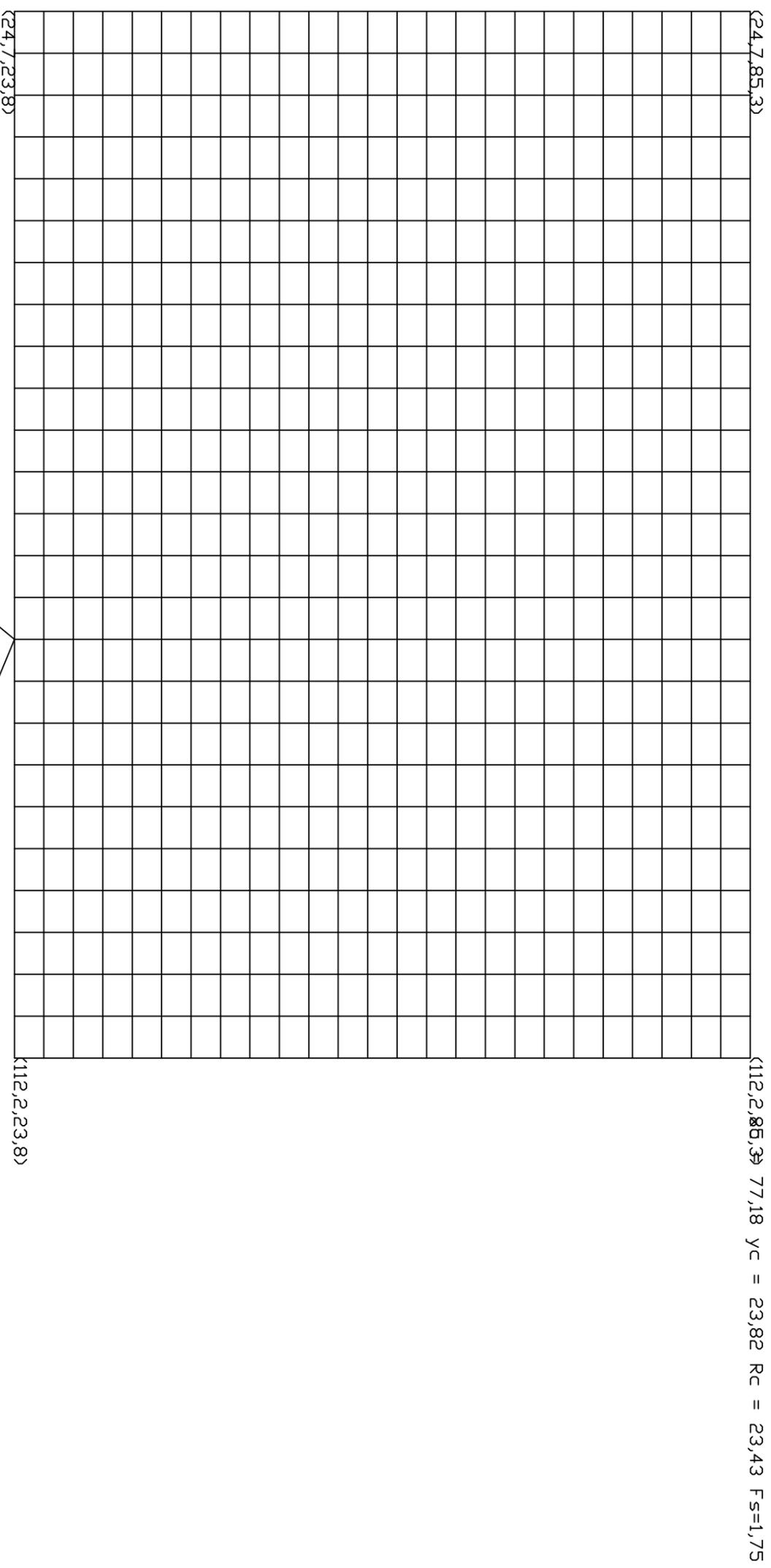
Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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 = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,7488

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,65	-34,1	4,41	12881,6	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	10666,8	-7221,9
2	3,65	-23,8	3,99	33942,77	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	31055,2	-13699,9
3	3,65	-14,3	3,77	50045,42	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	48495,4	-12358,7
4	3,65	-5,2	3,67	61993,46	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	61739,5	-5605,7
5	3,65	3,8	3,66	70120,43	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	69967,3	4631,5
6	3,65	12,9	3,75	74449,2	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	72582,1	16568,9
7	3,65	22,3	3,95	74699,31	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	69120,5	28325,6
8	3,74	32,6	4,43	71678,16	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	60419,0	38565,7
9	3,57	44,1	4,97	53990,14	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	38790,9	37552,7
10	3,65	58,8	7,06	26154,76	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	13538,5	22378,2

# VERIFICA NON DRENATA SENZA SISMA - FELLENIUS



### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP con sisma

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

#### 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 <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	0,00	
2	0	150	45	2300	2500	0,00	Substrato roccioso

#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

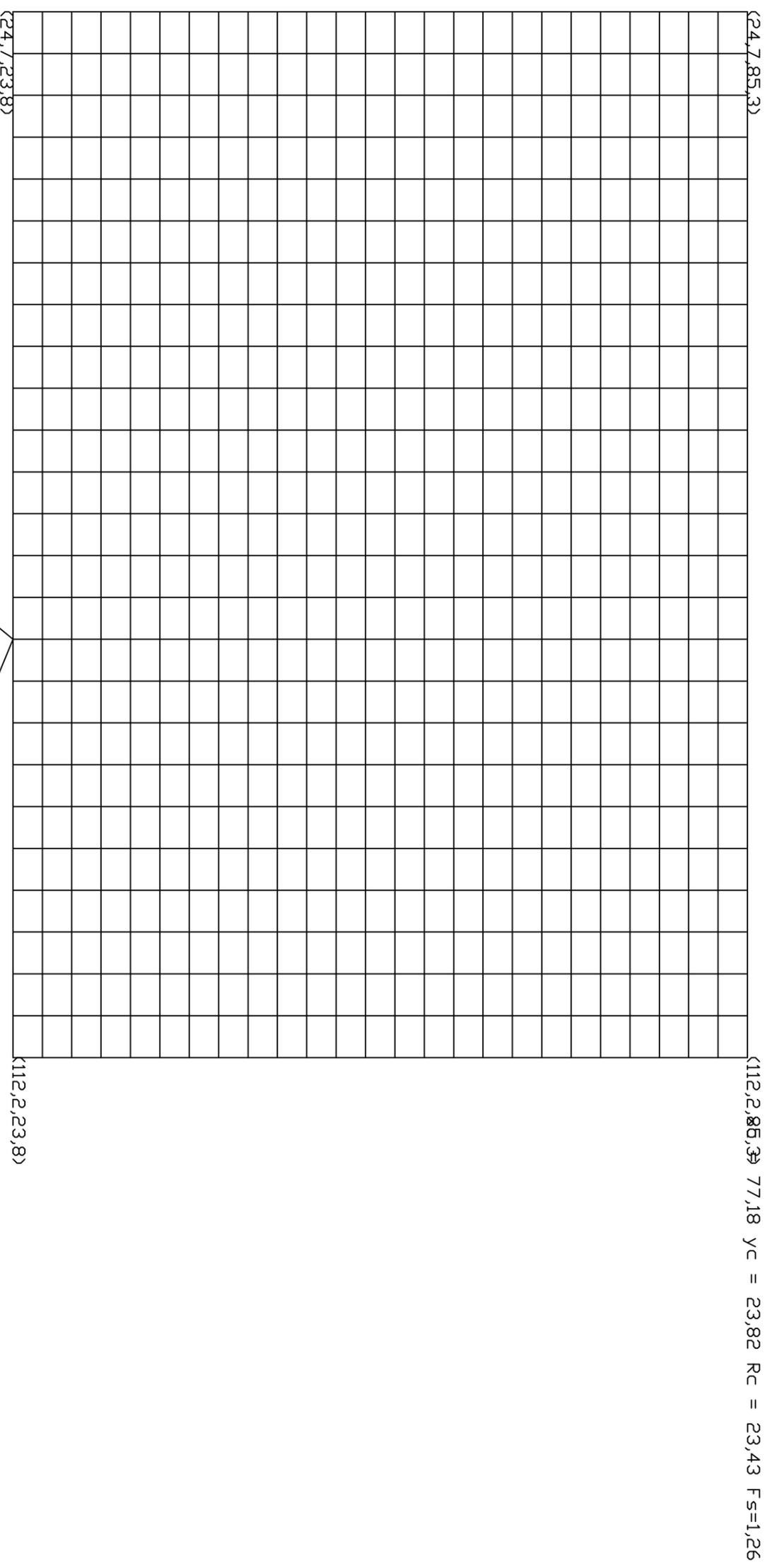
Fs minimo individuato	1,26
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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.

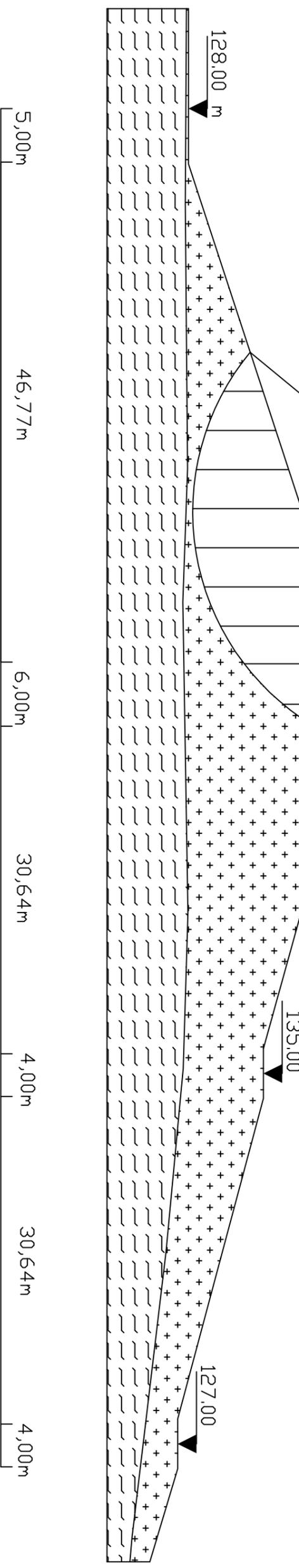
Analisi dei conci. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,262

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,66	-34,2	4,42	12947,45	686,22	349,58	42,86	0,0	0,0	25090,2	13918,1
2	3,66	-23,8	4,0	34115,75	1808,14	921,13	42,86	0,0	0,0	42865,5	12592,1
3	3,66	-14,3	3,78	50304,22	2666,12	1358,21	42,86	0,0	0,0	54954,1	11886,8
4	3,66	-5,2	3,67	62322,41	3303,09	1682,71	42,86	0,0	0,0	63634,2	11565,0
5	3,66	3,8	3,67	70506,45	3736,84	1903,67	42,86	0,0	0,0	69897,6	11542,4
6	3,66	12,9	3,75	74879,05	3968,59	2021,73	42,86	0,0	0,0	74108,8	11813,6
7	3,66	22,3	3,95	75159,84	3983,47	2029,32	42,86	0,0	0,0	76129,3	12448,0
8	3,53	32,3	4,17	68290,71	3619,41	1843,85	42,86	0,0	0,0	72456,0	13142,7
9	3,79	43,8	5,25	57845,11	3065,79	1561,82	42,86	0,0	0,0	64303,1	16511,9
10	3,66	58,9	7,09	26002,62	1378,14	702,07	42,86	0,0	0,0	13358,6	22309,0

# VERIFICA NON DRENATA CON SISMA - BISHOP



lato monte



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS con sisma

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

#### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

#### 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

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

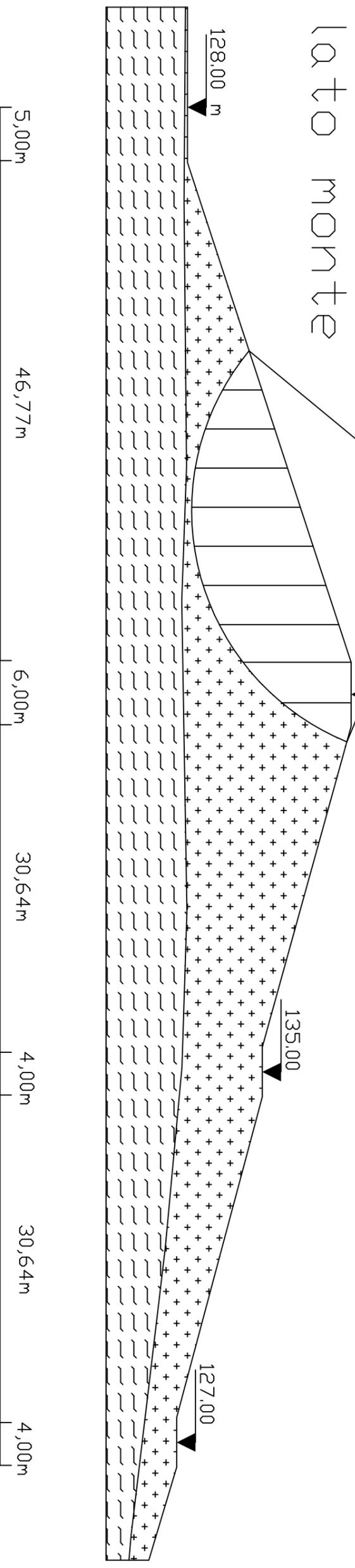
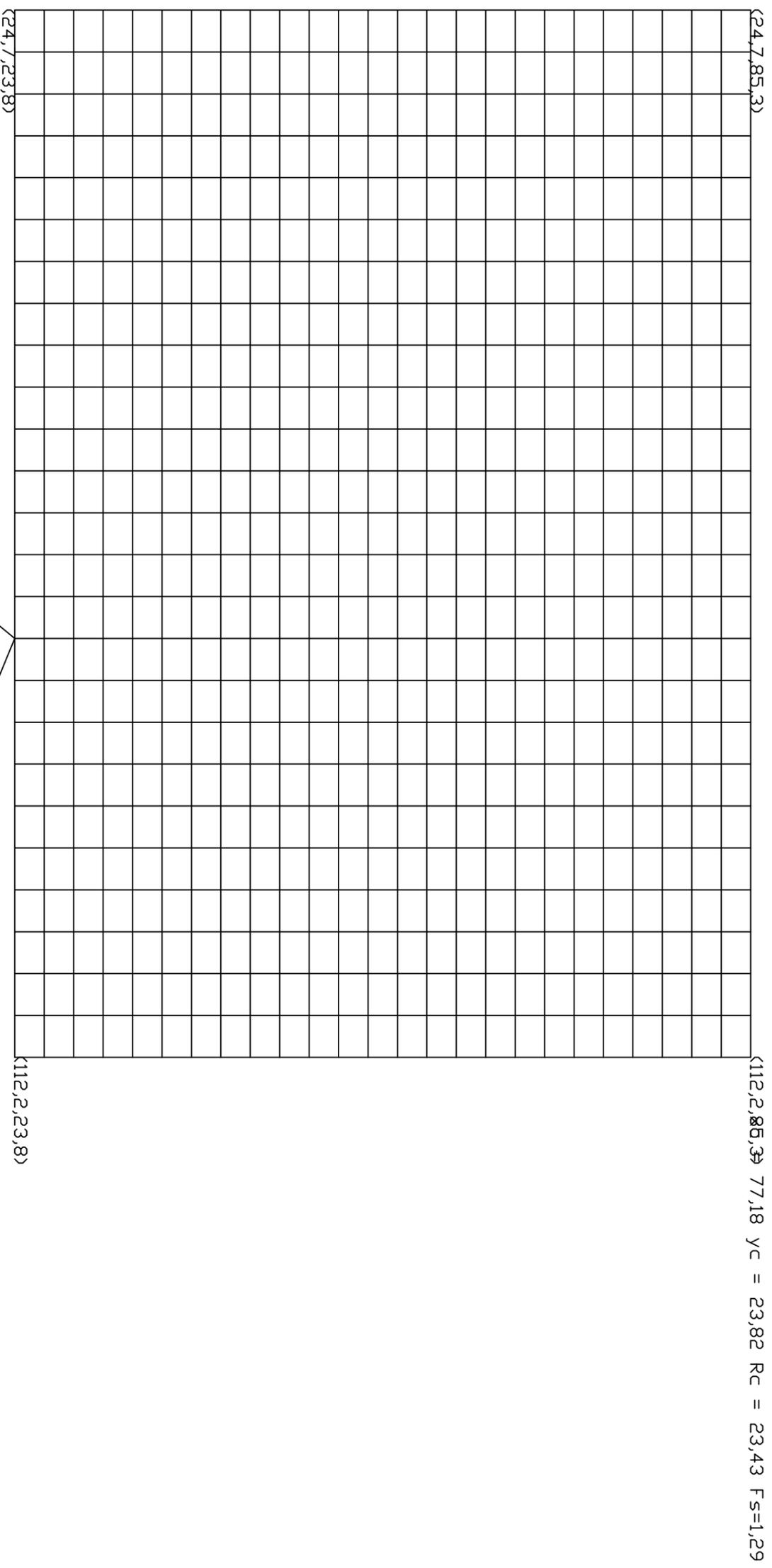
Fs minimo individuato	1,29
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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 = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,2897

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,66	-34,2	4,42	12947,45	686,22	349,58	42,86	0,0	0,0	11388,6	-6701,7
2	3,66	-23,8	4,0	34115,75	1808,14	921,13	42,86	0,0	0,0	32777,0	-12138,4
3	3,66	-14,3	3,78	50304,22	2666,12	1358,21	42,86	0,0	0,0	50715,7	-9863,4
4	3,66	-5,2	3,67	62322,41	3303,09	1682,71	42,86	0,0	0,0	64040,8	-2365,0
5	3,66	3,8	3,67	70506,45	3736,84	1903,67	42,86	0,0	0,0	72006,2	8376,8
6	3,66	12,9	3,75	74879,05	3968,59	2021,73	42,86	0,0	0,0	74087,8	20537,4
7	3,66	22,3	3,95	75159,84	3983,47	2029,32	42,86	0,0	0,0	69906,1	32202,3
8	3,53	32,3	4,17	68290,71	3619,41	1843,85	42,86	0,0	0,0	57382,7	39502,9
9	3,79	43,8	5,25	57845,11	3065,79	1561,82	42,86	0,0	0,0	40762,4	42243,7
10	3,66	58,9	7,09	26002,62	1378,14	702,07	42,86	0,0	0,0	12606,3	22980,9

# VERIFICA NON DRENATA CON SISMA - FELLENIUS



**VERIFICA STABILITÀ  
VERSANTE DI MONTE  
IN ESERCIZIO LIVELLO INVASO LAGO 140 M SLM  
CONDIZIONI DRENATE**

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5

8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

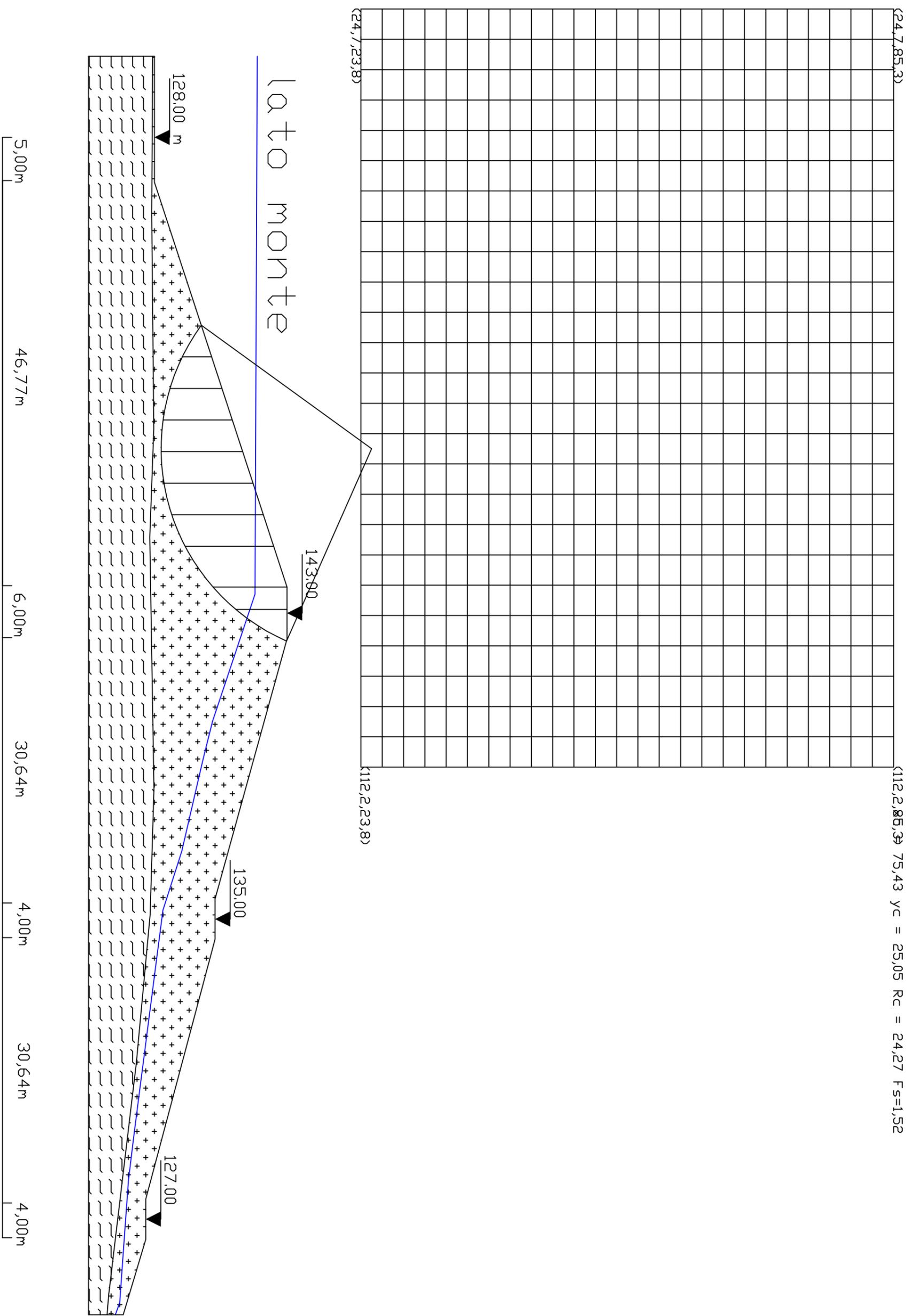
Fs minimo individuato	1,52
Ascissa centro superficie	75,43 m
Ordinata centro superficie	25,05 m
Raggio superficie	24,27 m

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 conc. Superficie...xc = 75,433 yc = 25,05 Rc = 24,275 Fs=1,5234

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,65	-31,0	4,25	5248,12	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	9998,1	6465,1
2	3,65	-21,3	3,91	13924,48	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	17917,2	7616,6
3	3,65	-12,3	3,73	20604,63	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	22909,3	8375,6
4	3,65	-3,6	3,65	25560,2	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	26162,7	8913,6
5	3,65	5,1	3,66	28899,25	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	28184,8	9308,0
6	3,65	13,8	3,76	68758,98	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	66683,8	16768,3
7	3,65	23,0	3,96	68214,52	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	66872,6	17023,6
8	4,7	34,4	5,7	79733,35	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	81746,2	21730,8
9	2,59	45,5	3,69	33092,42	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	36154,2	10864,8
10	3,65	58,0	6,88	21322,38	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	21780,8	11533,5

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO SENZA SISMA - BISHOP



**Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS**

---

---

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

---

---

**Maglia dei Centri**

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5

8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

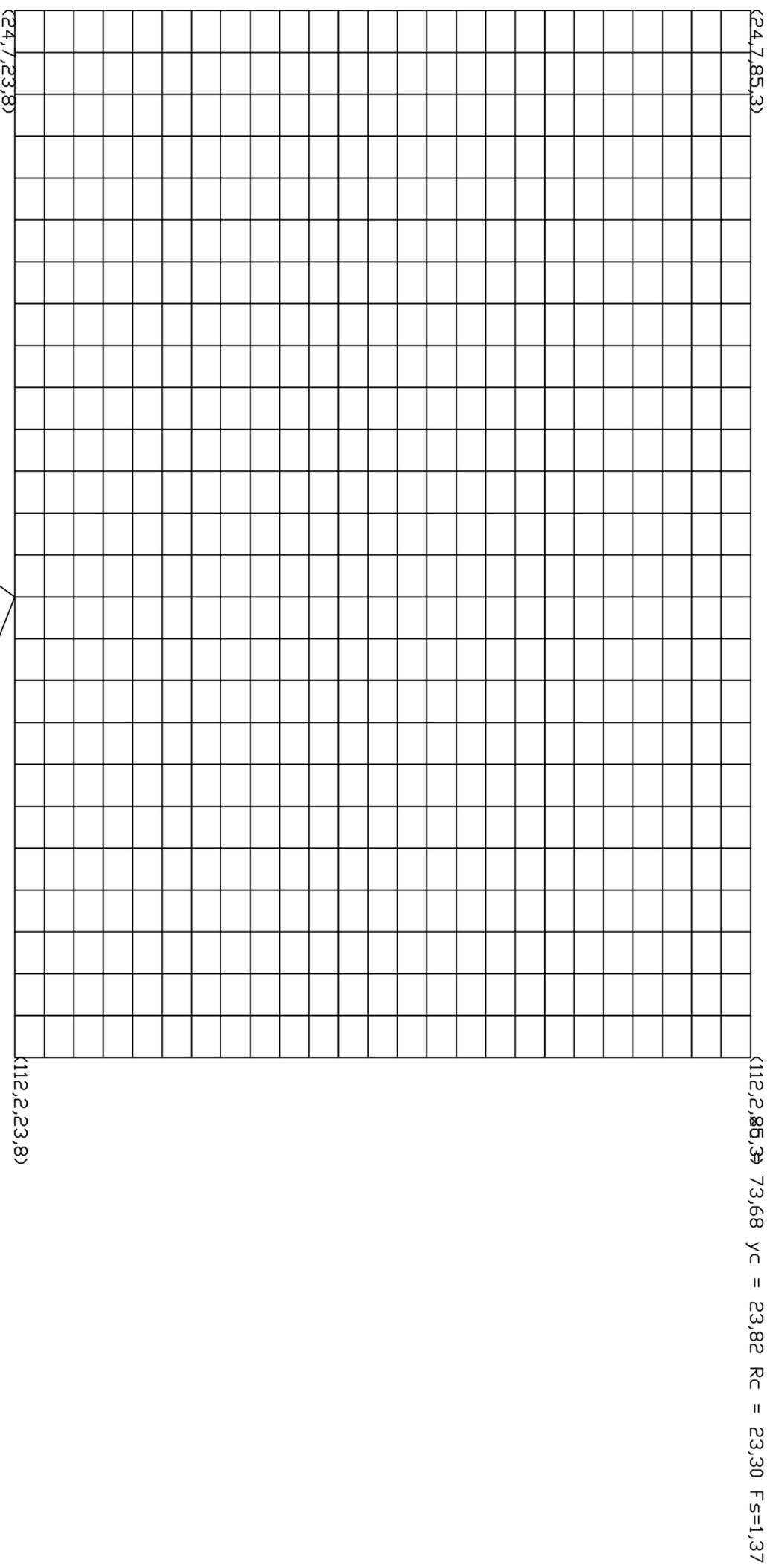
### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,37
Ascissa centro superficie	73,68 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,3 m

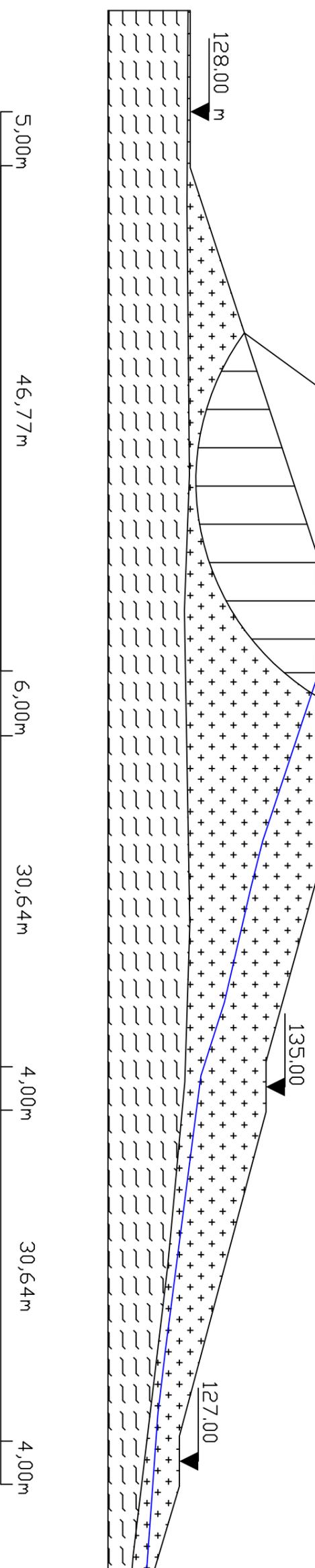
### Analisi dei conci. Superficie...xc = 73,682 yc = 23,821 Rc = 23,299 Fs=1,3696

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,54	-31,0	4,13	4968,75	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	4256,9	-2562,6
2	3,54	-21,3	3,8	13163,89	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	12266,6	-4776,9
3	3,54	-12,1	3,62	19452,61	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	19017,7	-4090,2
4	3,54	-3,3	3,55	24096,03	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	24055,8	-1391,4
5	3,54	5,4	3,56	27195,97	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	27073,6	2576,7
6	3,54	14,3	3,66	28739,31	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	27846,8	7106,7
7	3,54	23,6	3,87	64012,12	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	58669,7	25601,1
8	3,54	33,6	4,25	58749,88	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	48952,5	32483,8
9	3,12	44,2	4,35	42526,67	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	30512,0	29623,2
10	3,97	59,0	7,71	26419,13	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	13596,4	22651,9

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO SENZA SISMA - FELLENIUS



lato monte



### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP con sisma

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

**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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	23	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

---

---

Fs minimo individuato	1,29
Ascissa centro superficie	75,43 m
Ordinata centro superficie	25,05 m
Raggio superficie	24,27 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 concii. Superficie...xc = 75,433 yc = 25,05 Rc = 24,275 Fs=1,2875**

---

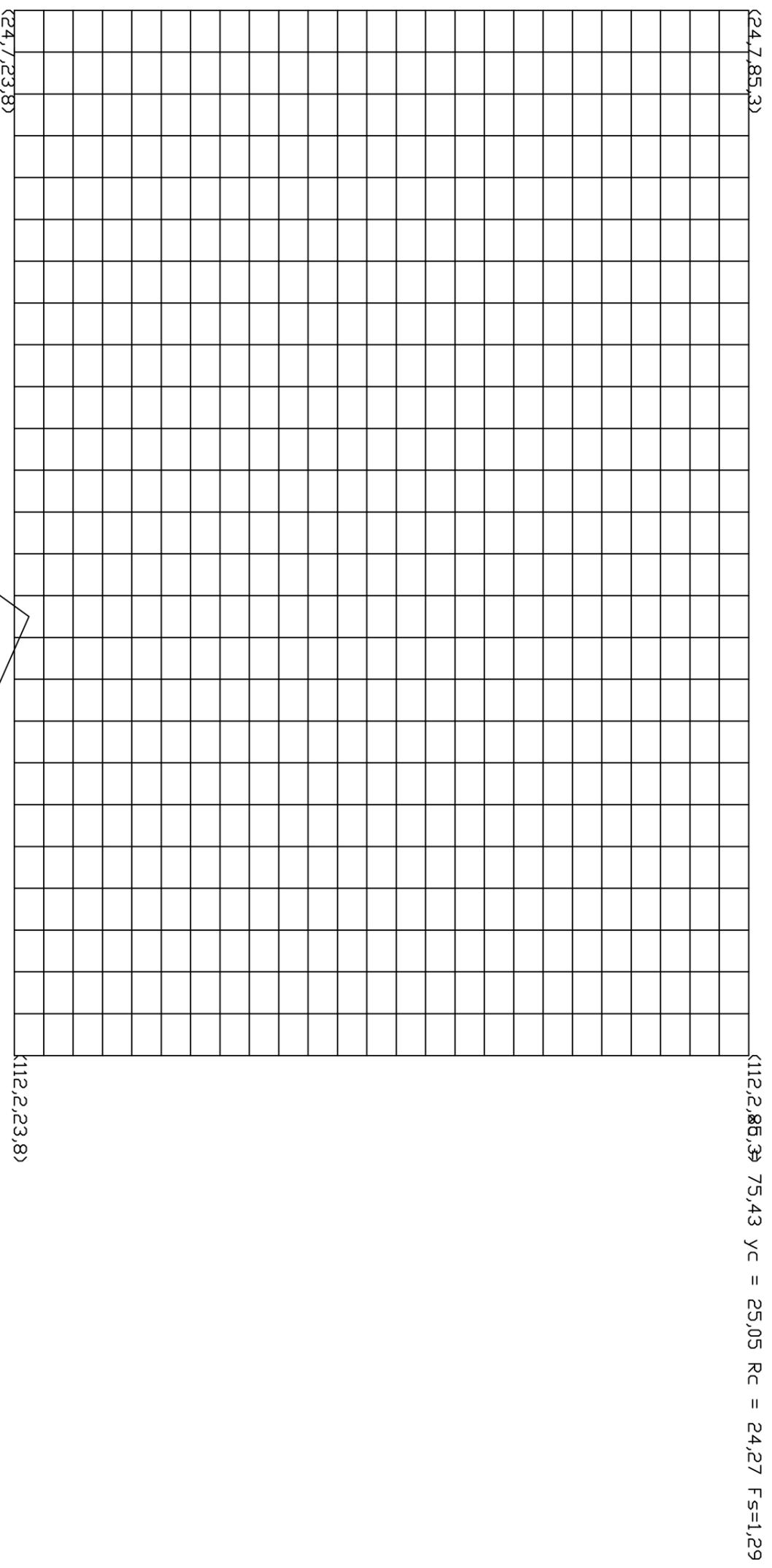
---

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,65	-31,0	4,25	5248,12	278,15	141,7	16,0	18,8	0,0	10580,2	7435,5
2	3,65	-21,3	3,91	13924,48	738,0	375,96	16,0	18,8	0,0	18428,7	8927,9
3	3,65	-12,3	3,73	20604,63	1092,05	556,33	16,0	18,8	0,0	23234,5	9870,3
4	3,65	-3,6	3,65	25560,2	1354,69	690,13	16,0	18,8	0,0	26261,6	10505,9
5	3,65	5,1	3,66	28899,25	1531,66	780,28	16,0	18,8	0,0	28039,4	10940,7
6	3,65	13,8	3,76	68758,98	3644,23	1856,49	16,0	18,8	0,0	65857,9	20118,0
7	3,65	23,0	3,96	68214,52	3615,37	1841,79	16,0	18,8	0,0	65497,9	20267,5
8	4,7	34,4	5,7	79733,35	4225,87	2152,8	16,0	18,8	0,0	79137,1	25543,3
9	2,59	45,5	3,69	33092,42	1753,9	893,5	16,0	18,8	0,0	34471,3	12519,0
10	3,65	58,0	6,88	21322,38	1130,09	575,7	16,0	18,8	0,0	19910,5	12702,1

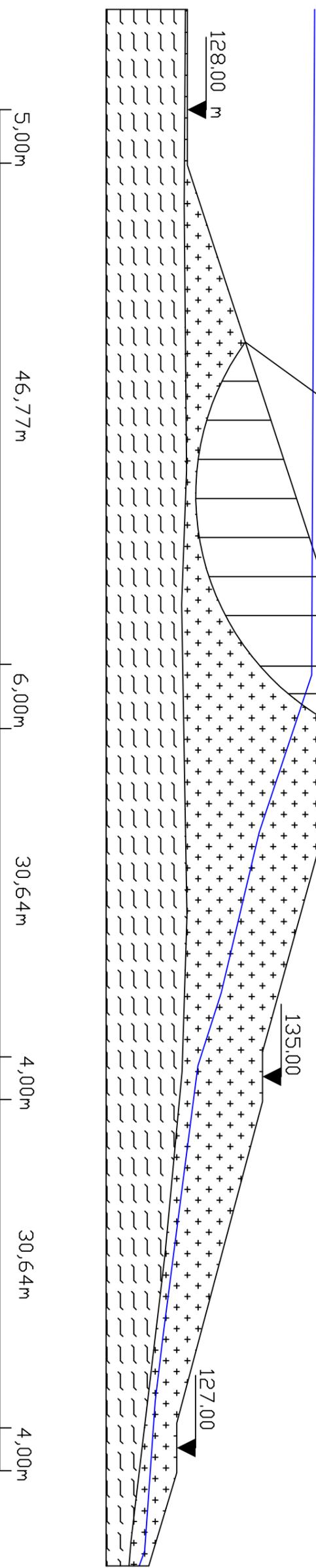
---

---

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO CON SISMA - BISHOP



lato monte



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS con sisma

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

#### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	23	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

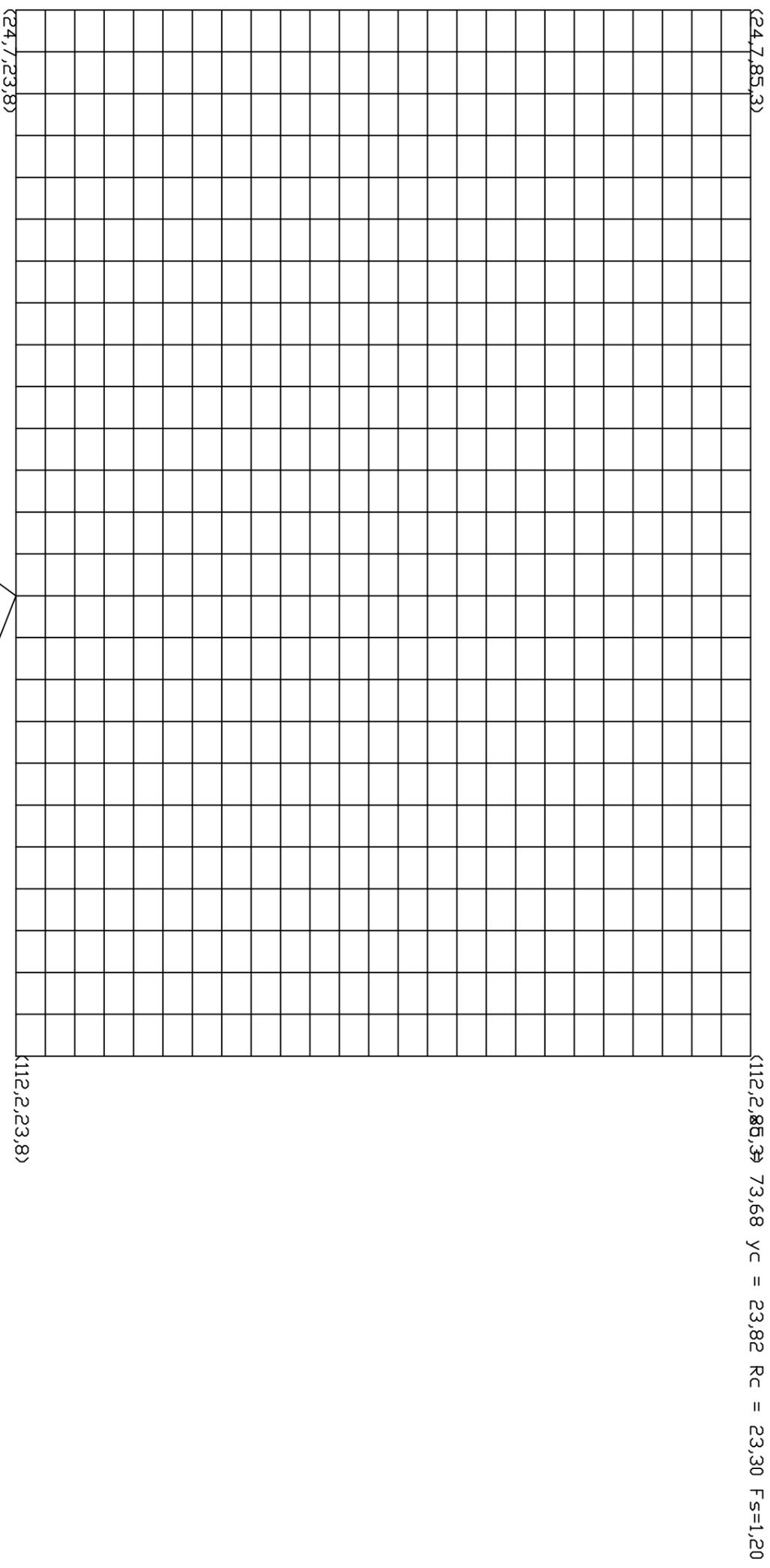
#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,2
Ascissa centro superficie	73,68 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,3 m

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 73,682 yc = 23,821 Rc = 23,299 Fs=1,2007**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,54	-31,0	4,13	4968,75	263,34	134,16	16,0	18,8	0,0	4507,7	-2337,0
2	3,54	-21,3	3,8	13163,89	697,69	355,43	16,0	18,8	0,0	12851,0	-4126,8
3	3,54	-12,1	3,62	19452,61	1030,99	525,22	16,0	18,8	0,0	19748,0	-3082,3
4	3,54	-3,3	3,55	24096,03	1277,09	650,59	16,0	18,8	0,0	24779,1	-116,5
5	3,54	5,4	3,56	27195,97	1441,39	734,29	16,0	18,8	0,0	27668,1	4011,6
6	3,54	14,3	3,66	28739,31	1523,18	775,96	16,0	18,8	0,0	28222,0	8582,5
7	3,54	23,6	3,87	64012,12	3392,64	1728,33	16,0	18,8	0,0	58896,9	28710,6
8	3,54	33,6	4,25	58749,88	3113,74	1586,25	16,0	18,8	0,0	48552,6	35078,3
9	3,12	44,2	4,35	42526,67	2253,91	1148,22	16,0	18,8	0,0	29765,8	31240,4
10	3,97	59,0	7,71	26419,13	1400,21	713,32	16,0	18,8	0,0	12763,0	23372,5

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO CON SISMA - FELLENIUS



**VERIFICA STABILITÀ  
VERSANTE DI MONTE  
IN ESERCIZIO LIVELLO INVASO LAGO 140 M SLM  
CONDIZIONI NON DRENATE**

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04

7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

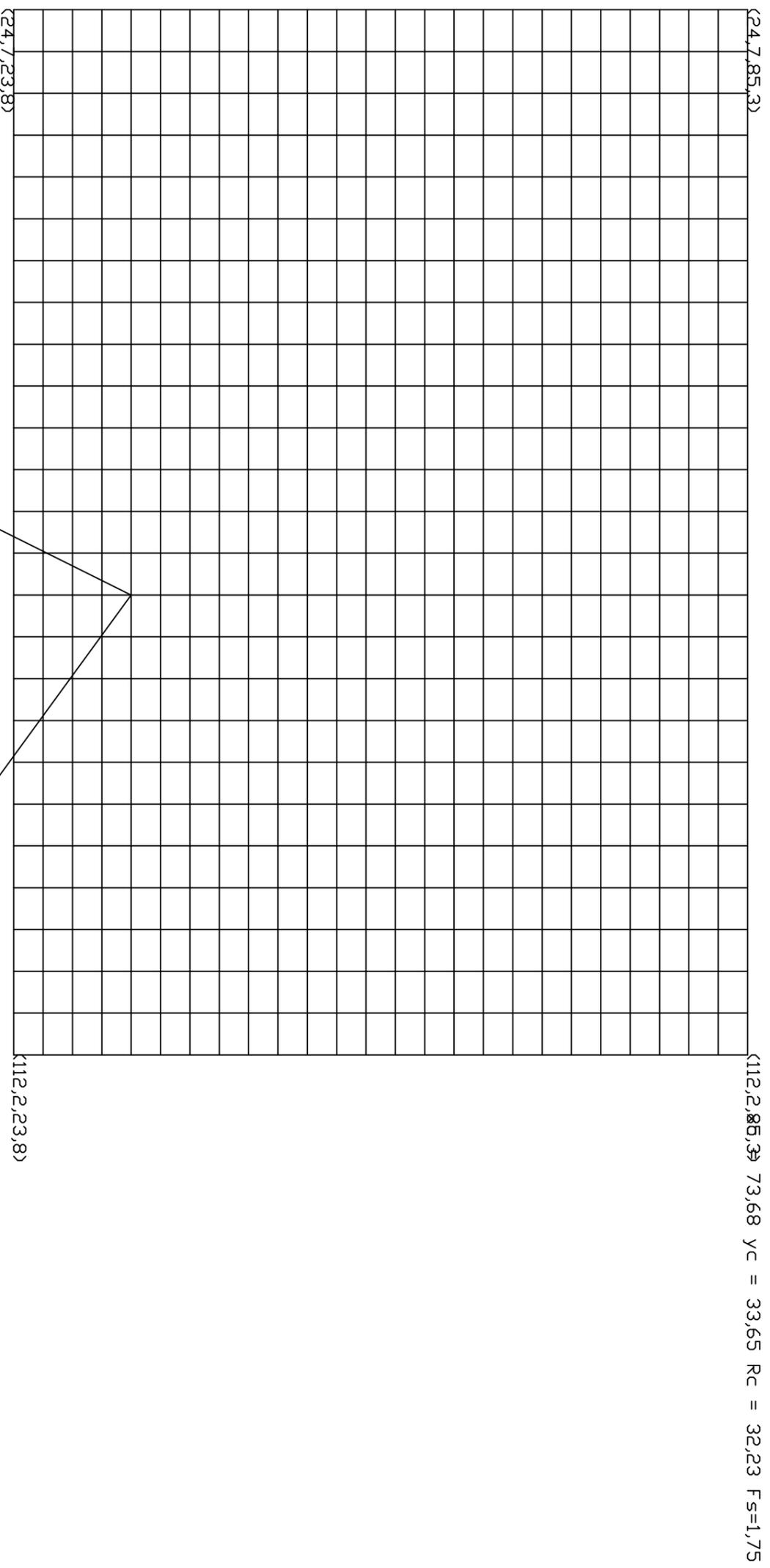
Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	73,68 m
Ordinata centro superficie	33,65 m
Raggio superficie	32,23 m

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.

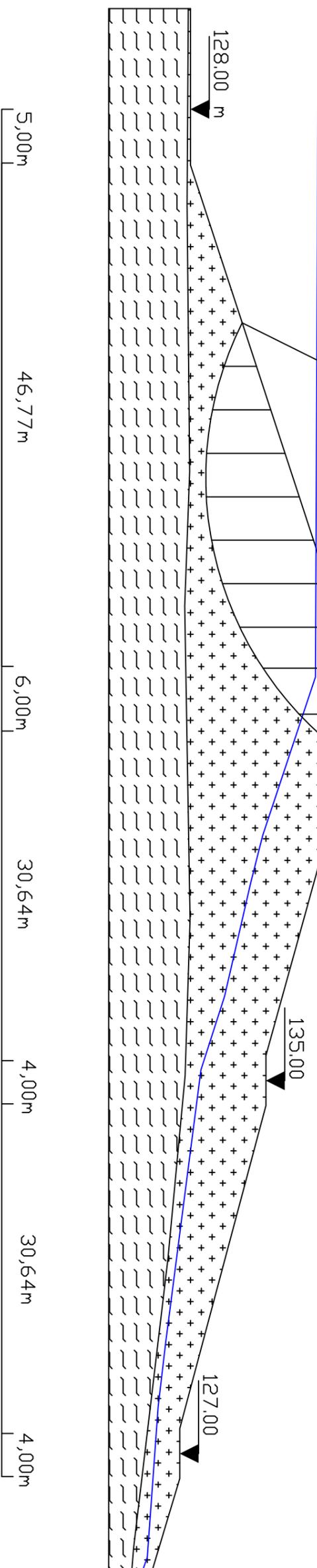
### Analisi dei concii. Superficie...xc = 73,682 yc = 33,651 Rc = 32,234 Fs=1,7473

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4,04	-22,6	4,38	11511,07	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	17020,4	10947,2
2	4,04	-15,0	4,18	31103,42	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	34993,8	10462,9
3	4,04	-7,6	4,08	46585,35	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	48365,7	10197,9
4	4,04	-0,4	4,04	58265,78	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	58338,3	10108,0
5	4,04	6,8	4,07	66245,16	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	65500,2	10179,6
6	4,04	14,1	4,17	70443,19	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	70017,9	10423,5
7	4,04	21,7	4,35	70578,08	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	71635,7	10879,7
8	3,8	29,5	4,36	62318,6	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	65410,2	10913,1
9	4,28	38,2	5,45	54270,62	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	58328,2	13632,1
10	4,04	48,5	6,1	22244,35	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	16337,2	15245,1

# VERIFICA NON DRENATA CON LAGO PIENO SENZA SISMA - BISHOP



lato monte



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04

7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

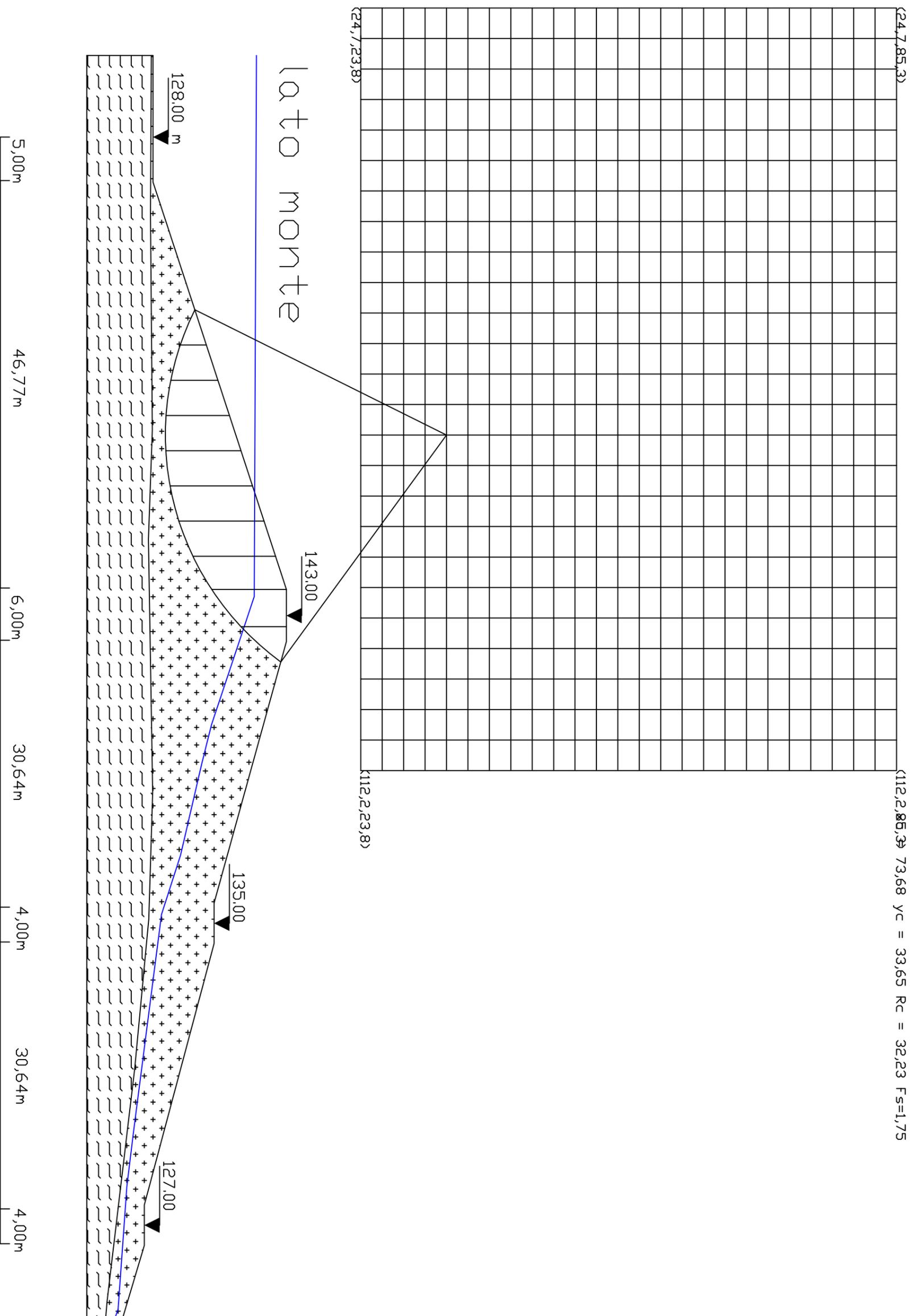
Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	73,68 m
Ordinata centro superficie	33,65 m
Raggio superficie	32,23 m

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.

### Analisi dei concii. Superficie...xc = 73,682 yc = 33,651 Rc = 32,234 Fs=1,7473

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4,04	-22,6	4,38	11511,07	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	10628,4	-4420,7
2	4,04	-15,0	4,18	31103,42	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	30047,8	-8034,4
3	4,04	-7,6	4,08	46585,35	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	46173,6	-6180,1
4	4,04	-0,4	4,04	58265,78	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	58264,3	-409,5
5	4,04	6,8	4,07	66245,16	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	65777,7	7856,3
6	4,04	14,1	4,17	70443,19	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	68309,7	17205,6
7	4,04	21,7	4,35	70578,08	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	65570,5	26110,9
8	3,8	29,5	4,36	62318,6	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	54259,1	30652,2
9	4,28	38,2	5,45	54270,62	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	42652,6	33556,8
10	4,04	48,5	6,1	22244,35	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	14748,4	16652,2

# VERIFICA NON DRENATA CON LAGO PIENO SENZA SISMA – FELLENIUS



### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP con sisma

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

### Vertici profilo

N	X	y
---	---	---

	m	m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

#### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

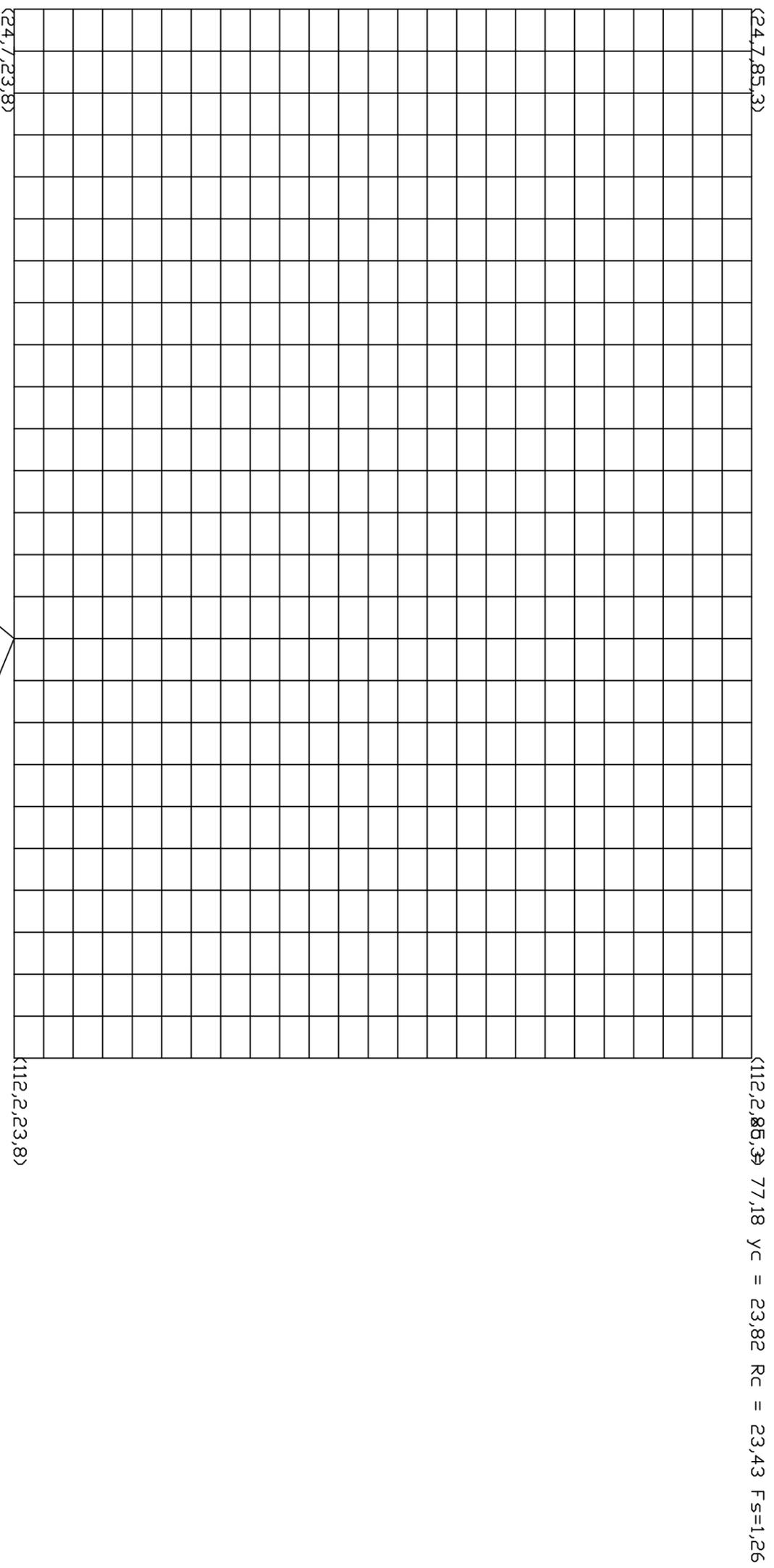
Fs minimo individuato	1,26
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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 concii. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,262**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,66	-34,2	4,42	12947,45	686,22	349,58	42,86	0,0	0,0	25090,2	13918,1
2	3,66	-23,8	4,0	34115,75	1808,14	921,13	42,86	0,0	0,0	42865,5	12592,1
3	3,66	-14,3	3,78	50304,22	2666,12	1358,21	42,86	0,0	0,0	54954,1	11886,8
4	3,66	-5,2	3,67	62322,41	3303,09	1682,71	42,86	0,0	0,0	63634,2	11565,0
5	3,66	3,8	3,67	70506,45	3736,84	1903,67	42,86	0,0	0,0	69897,6	11542,4
6	3,66	12,9	3,75	74879,05	3968,59	2021,73	42,86	0,0	0,0	74108,8	11813,6
7	3,66	22,3	3,95	75159,84	3983,47	2029,32	42,86	0,0	0,0	76129,3	12448,0
8	3,53	32,3	4,17	68290,71	3619,41	1843,85	42,86	0,0	0,0	72456,0	13142,7
9	3,79	43,8	5,25	57845,11	3065,79	1561,82	42,86	0,0	0,0	64303,1	16511,9
10	3,66	58,9	7,09	26002,62	1378,14	702,07	42,86	0,0	0,0	13358,6	22309,0

# VERIFICA NON DRENATA CON LAGO PIENO CON SISMA - BISHOP



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS con sisma

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

**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

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

---

---

Fs minimo individuato	1,29
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 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 = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,2897**

---

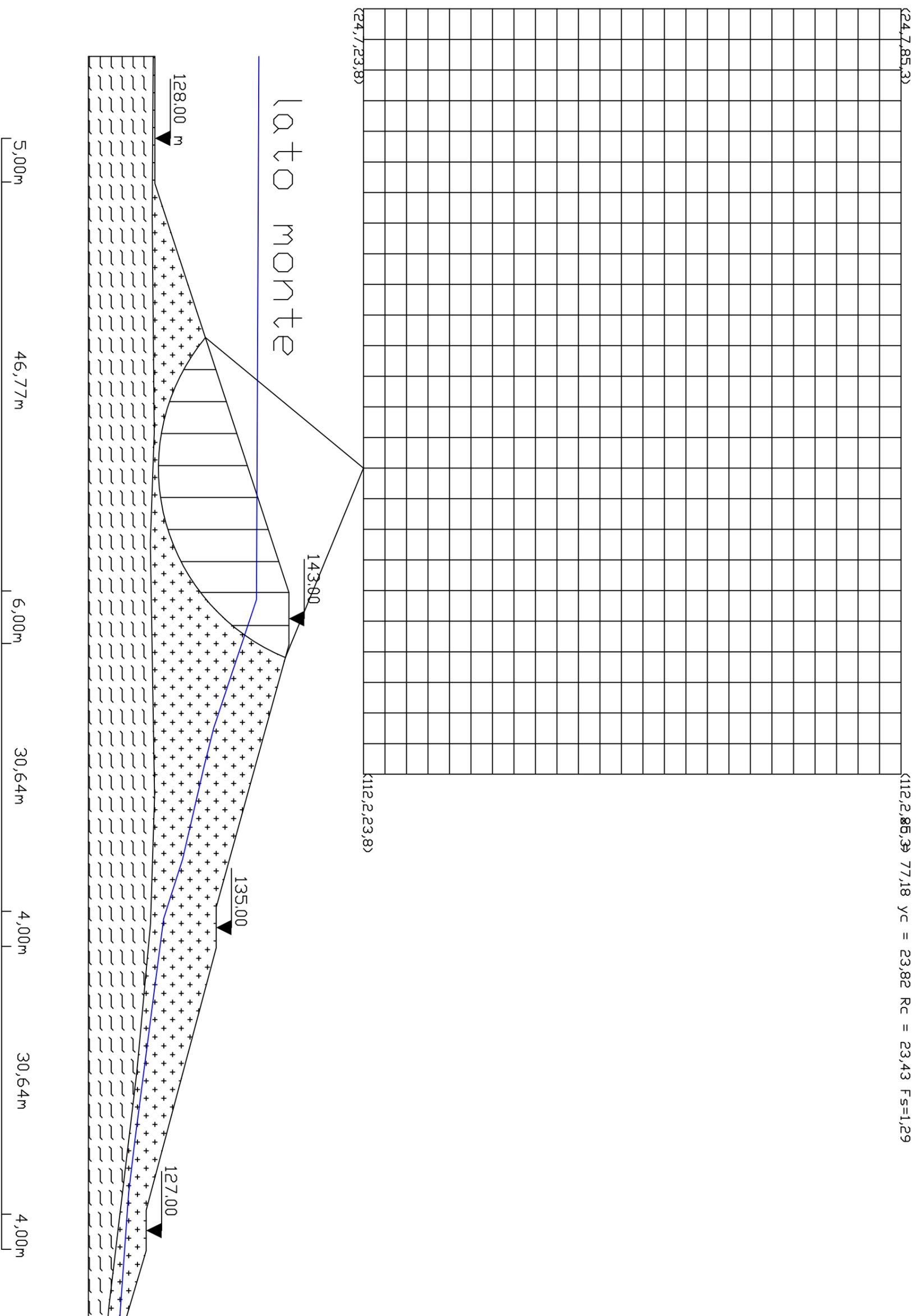
---

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,66	-34,2	4,42	12947,45	686,22	349,58	42,86	0,0	0,0	11388,6	-6701,7
2	3,66	-23,8	4,0	34115,75	1808,14	921,13	42,86	0,0	0,0	32777,0	-12138,4
3	3,66	-14,3	3,78	50304,22	2666,12	1358,21	42,86	0,0	0,0	50715,7	-9863,4
4	3,66	-5,2	3,67	62322,41	3303,09	1682,71	42,86	0,0	0,0	64040,8	-2365,0
5	3,66	3,8	3,67	70506,45	3736,84	1903,67	42,86	0,0	0,0	72006,2	8376,8
6	3,66	12,9	3,75	74879,05	3968,59	2021,73	42,86	0,0	0,0	74087,8	20537,4
7	3,66	22,3	3,95	75159,84	3983,47	2029,32	42,86	0,0	0,0	69906,1	32202,3
8	3,53	32,3	4,17	68290,71	3619,41	1843,85	42,86	0,0	0,0	57382,7	39502,9
9	3,79	43,8	5,25	57845,11	3065,79	1561,82	42,86	0,0	0,0	40762,4	42243,7
10	3,66	58,9	7,09	26002,62	1378,14	702,07	42,86	0,0	0,0	12606,3	22980,9

---

---

# VERIFICA NON DRENATA CON LAGO PIENO CON SISMA - FELLENIUS



**VERIFICA STABILITÀ  
VERSANTE DI MONTE  
SVASO RAPIDO  
LIVELLO INVASO LAGO 128 M SLM  
CONDIZIONI NON DRENATE**

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,6	15,3
4	97,2	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	0,0
2	46,65	0,0
3	80,51	11,6
4	92,22	11,6
5	106,92	6,7
6	111,28	5,61
7	121,9	3,16
8	128,71	0,98
9	154,04	-2,29
10	160,0	-3,0
11	174,0	-4,0
12	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53

6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 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.

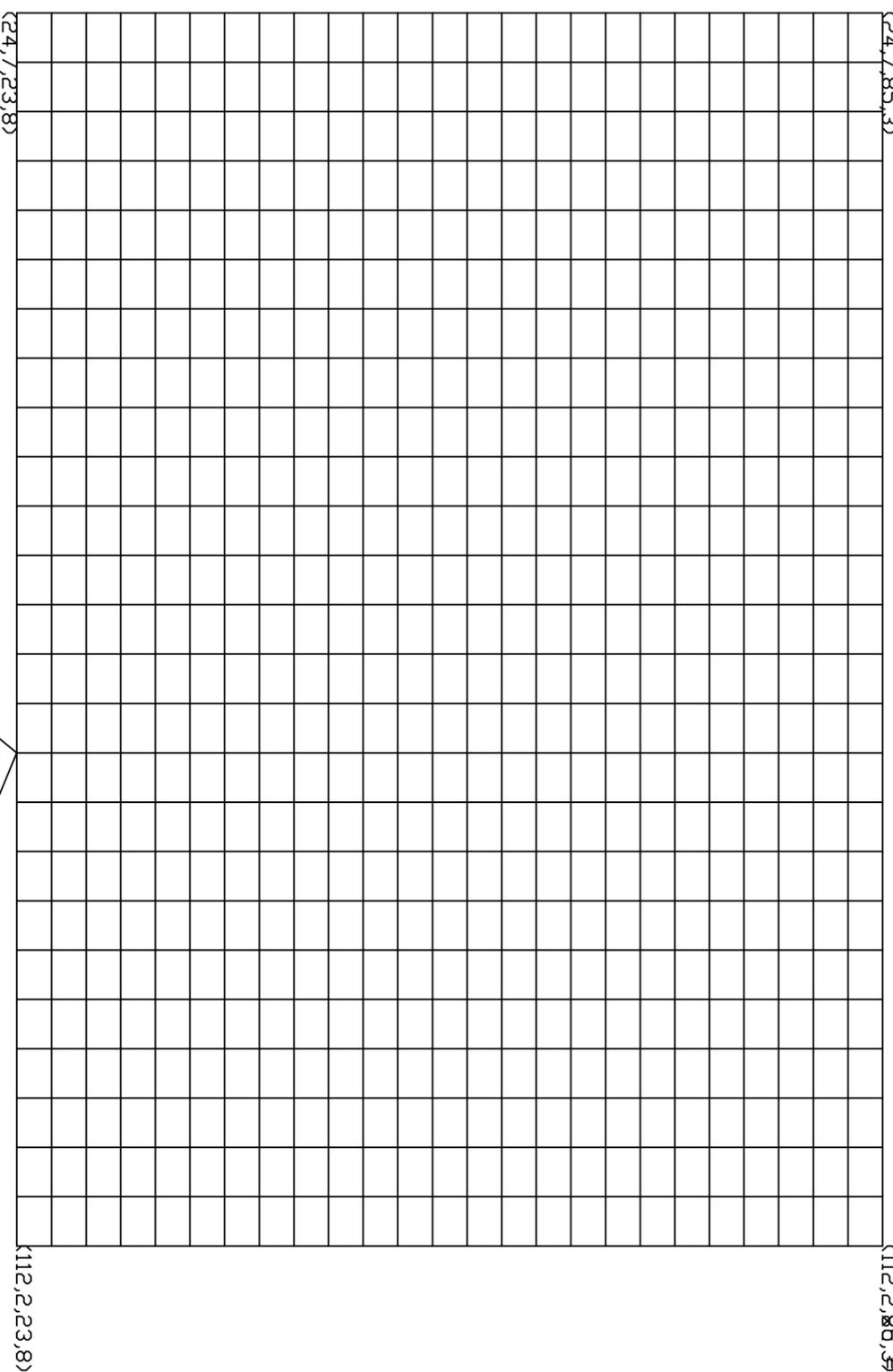
### Analisi dei concii. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,7488

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,65	-34,1	4,41	12881,6	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	23023,0	11028,4
2	3,65	-23,8	3,99	33942,77	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	41502,1	9981,4
3	3,65	-14,3	3,77	50045,42	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	54046,6	9424,1
4	3,65	-5,2	3,67	61993,46	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	63081,1	9169,8
5	3,65	3,8	3,66	70120,43	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	69668,1	9152,2
6	3,65	12,9	3,75	74449,2	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	74226,1	9367,2
7	3,65	22,3	3,95	74699,31	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	76683,9	9869,3
8	3,74	32,6	4,43	71678,16	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	77962,2	11081,6
9	3,57	44,1	4,97	53990,14	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	63121,3	12420,1
10	3,65	58,8	7,06	26154,76	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	21366,3	17642,4

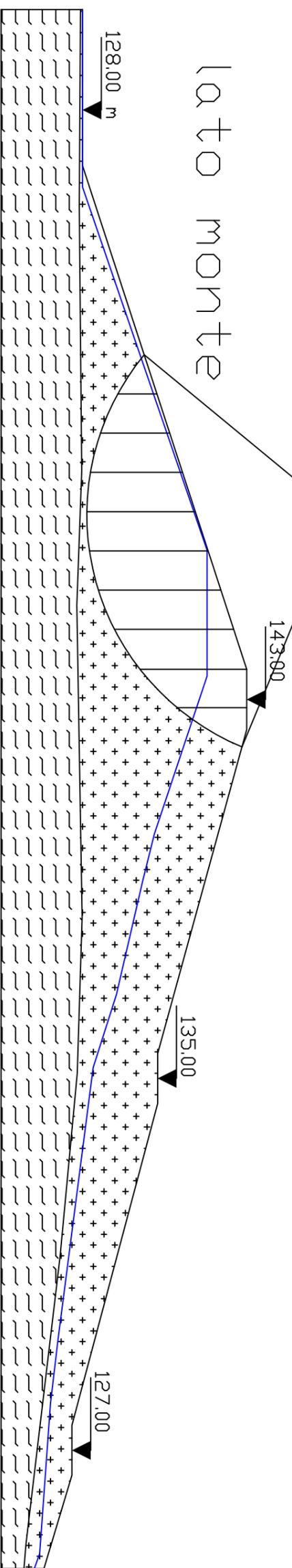
# VERIFICA NON DRENATA SVASO RAPIDO SENZA SISMA - BISHOP

(24,7,85,3)

(112,2,85,3) 77,18  $\gamma_c = 23,82$   $R_c = 23,43$   $F_s=1,75$



lato monte



5,00m 46,77m 6,00m 30,64m 4,00m 30,64m 4,00m

### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,6	15,3
4	97,2	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	0,0
2	46,65	0,0
3	80,51	11,6
4	92,22	11,6
5	106,92	6,7
6	111,28	5,61
7	121,9	3,16
8	128,71	0,98
9	154,04	-2,29
10	160,0	-3,0
11	174,0	-4,0
12	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08

5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

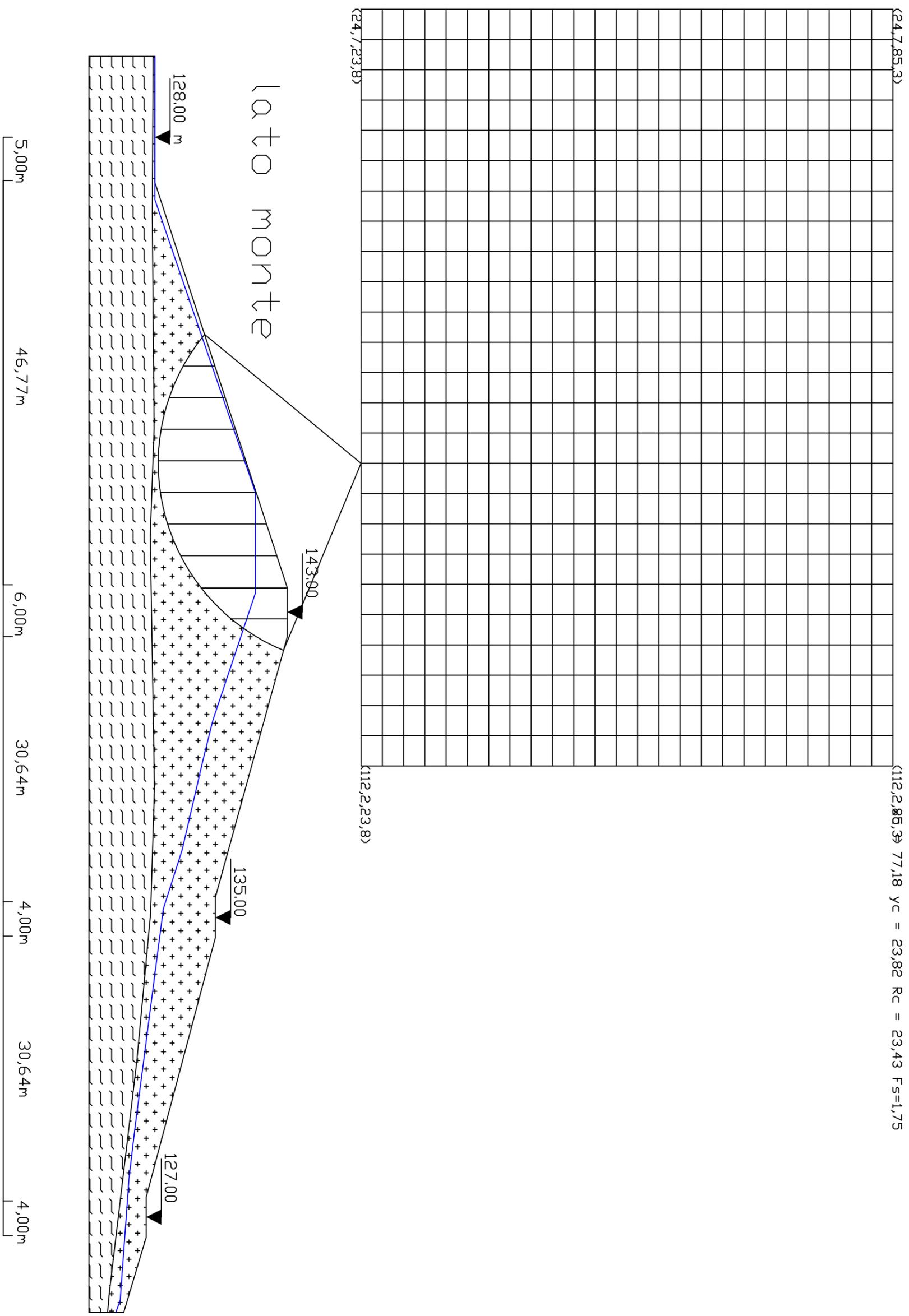
Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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 concii. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,7488

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,65	-34,1	4,41	12881,6	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	10666,8	-7221,9
2	3,65	-23,8	3,99	33942,77	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	31055,2	-13699,9
3	3,65	-14,3	3,77	50045,42	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	48495,4	-12358,7
4	3,65	-5,2	3,67	61993,46	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	61739,5	-5605,7
5	3,65	3,8	3,66	70120,43	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	69967,3	4631,5
6	3,65	12,9	3,75	74449,2	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	72582,1	16568,9
7	3,65	22,3	3,95	74699,31	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	69120,5	28325,6
8	3,74	32,6	4,43	71678,16	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	60419,0	38565,7
9	3,57	44,1	4,97	53990,14	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	38790,9	37552,7
10	3,65	58,8	7,06	26154,76	0,0	0,0	42,86	0,0	0,0	13538,5	22378,2

# VERIFICA NON DRENATA SVASO RAPIDO SENZA SISMA - FELLENIUS



### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP con sisma

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0,0	0,0
2	46,65	0,0
3	80,51	11,6
4	92,22	11,6
5	106,92	6,7
6	111,28	5,61
7	121,9	3,16
8	128,71	0,98
9	154,04	-2,29
10	160,0	-3,0
11	174,0	-4,0
12	175,4	-4,5

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

**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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

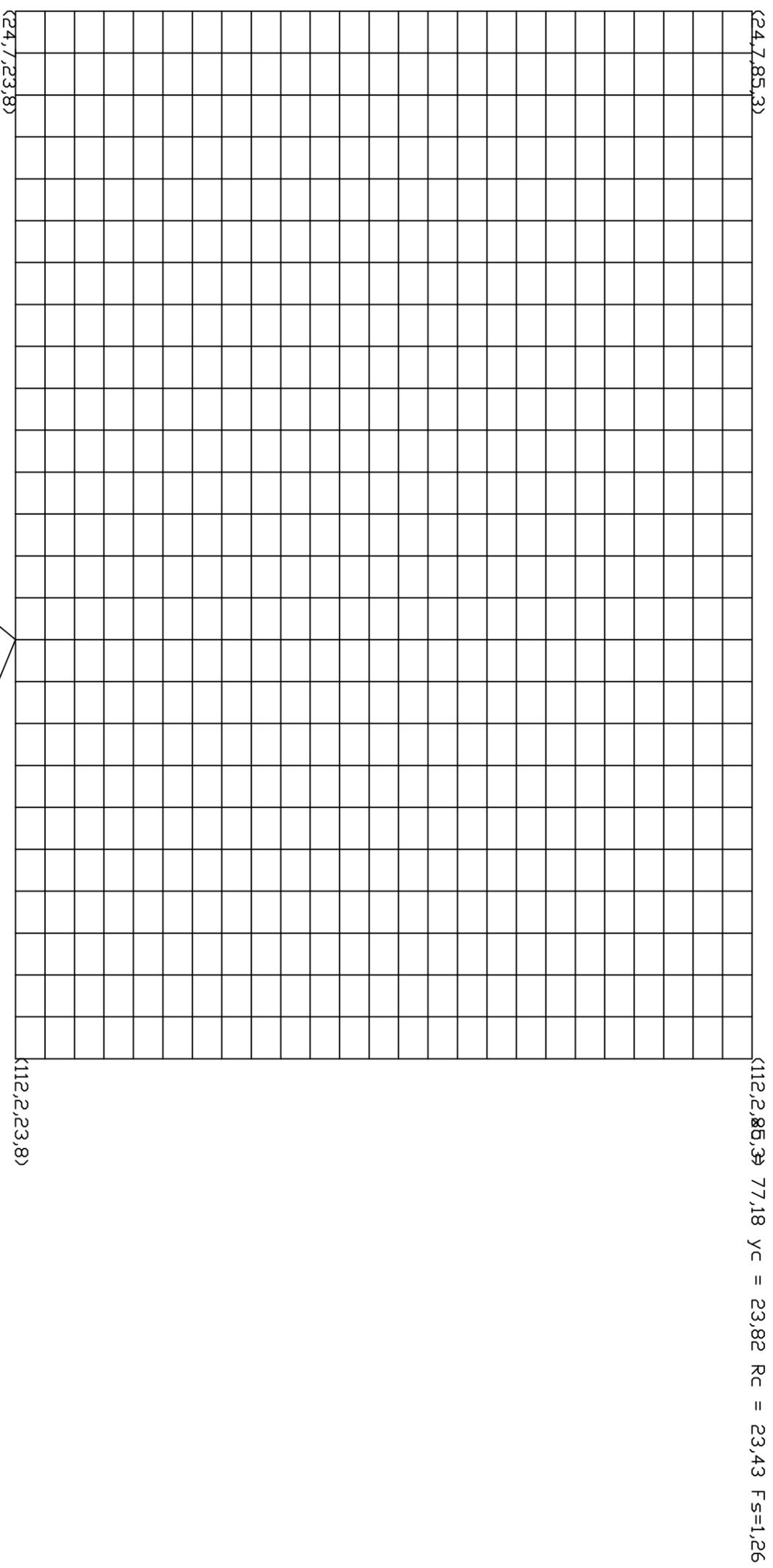
Fs minimo individuato	1,26
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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.

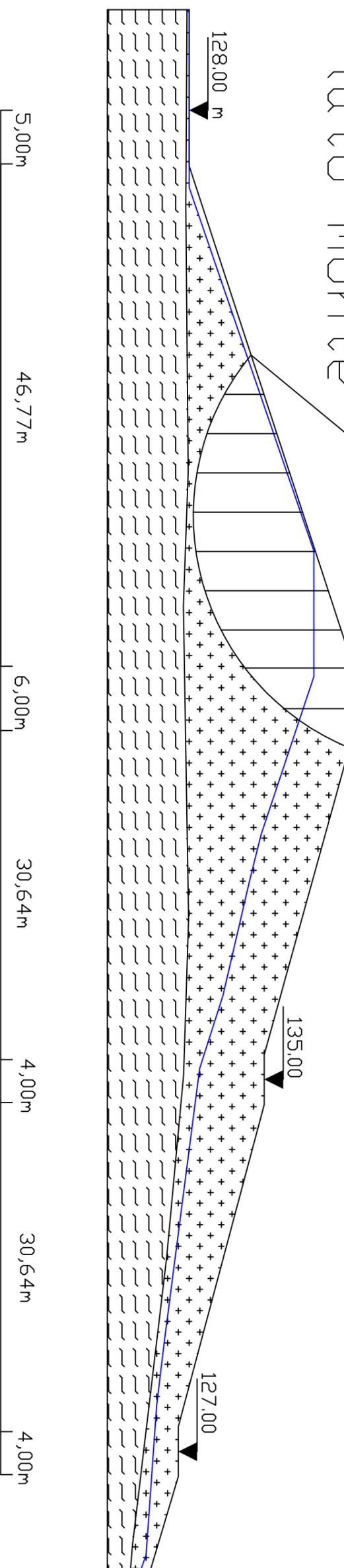
**Analisi dei concii. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,262**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,66	-34,2	4,42	12947,45	686,22	349,58	42,86	0,0	0,0	25090,2	13918,1
2	3,66	-23,8	4,0	34115,75	1808,14	921,13	42,86	0,0	0,0	42865,5	12592,1
3	3,66	-14,3	3,78	50304,22	2666,12	1358,21	42,86	0,0	0,0	54954,1	11886,8
4	3,66	-5,2	3,67	62322,41	3303,09	1682,71	42,86	0,0	0,0	63634,2	11565,0
5	3,66	3,8	3,67	70506,45	3736,84	1903,67	42,86	0,0	0,0	69897,6	11542,4
6	3,66	12,9	3,75	74879,05	3968,59	2021,73	42,86	0,0	0,0	74108,8	11813,6
7	3,66	22,3	3,95	75159,84	3983,47	2029,32	42,86	0,0	0,0	76129,3	12448,0
8	3,53	32,3	4,17	68290,71	3619,41	1843,85	42,86	0,0	0,0	72456,0	13142,7
9	3,79	43,8	5,25	57845,11	3065,79	1561,82	42,86	0,0	0,0	64303,1	16511,9
10	3,66	58,9	7,09	26002,62	1378,14	702,07	42,86	0,0	0,0	13358,6	22309,0

# VERIFICA NON DRENATA SVASO RAPIDO CON SISMA - BISHOP



lato monte



**Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS con sisma**

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

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,82 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0,0	0,0
2	46,65	0,0
3	80,51	11,6
4	92,22	11,6
5	106,92	6,7
6	111,28	5,61
7	121,9	3,16
8	128,71	0,98
9	154,04	-2,29
10	160,0	-3,0
11	174,0	-4,0
12	175,4	-4,5

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

**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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

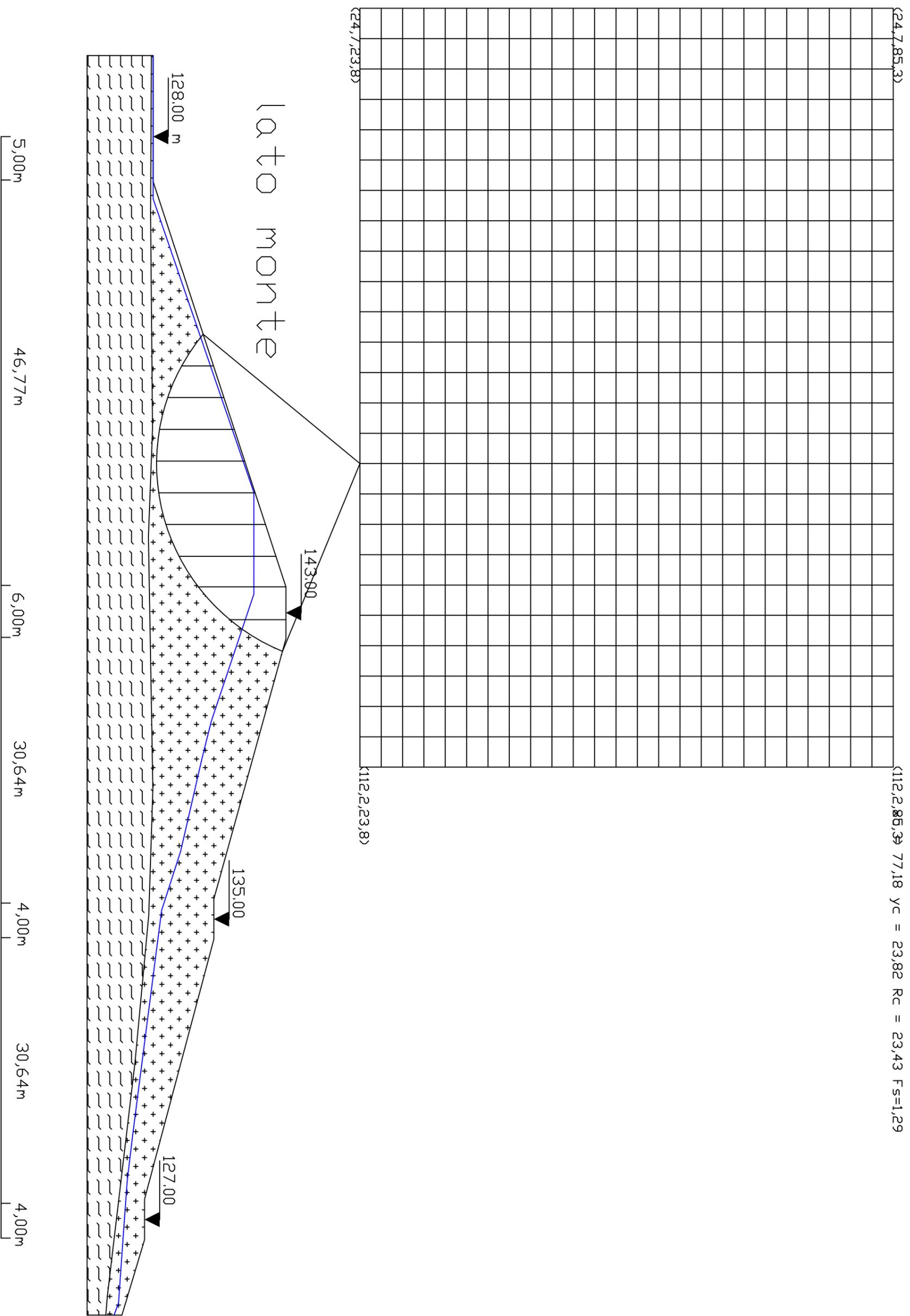
Fs minimo individuato	1,29
Ascissa centro superficie	77,18 m
Ordinata centro superficie	23,82 m
Raggio superficie	23,43 m

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 concii. Superficie...xc = 77,183 yc = 23,821 Rc = 23,427 Fs=1,2897**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,66	-34,2	4,42	12947,45	686,22	349,58	42,86	0,0	0,0	11388,6	-6701,7
2	3,66	-23,8	4,0	34115,75	1808,14	921,13	42,86	0,0	0,0	32777,0	-12138,4
3	3,66	-14,3	3,78	50304,22	2666,12	1358,21	42,86	0,0	0,0	50715,7	-9863,4
4	3,66	-5,2	3,67	62322,41	3303,09	1682,71	42,86	0,0	0,0	64040,8	-2365,0
5	3,66	3,8	3,67	70506,45	3736,84	1903,67	42,86	0,0	0,0	72006,2	8376,8
6	3,66	12,9	3,75	74879,05	3968,59	2021,73	42,86	0,0	0,0	74087,8	20537,4
7	3,66	22,3	3,95	75159,84	3983,47	2029,32	42,86	0,0	0,0	69906,1	32202,3
8	3,53	32,3	4,17	68290,71	3619,41	1843,85	42,86	0,0	0,0	57382,7	39502,9
9	3,79	43,8	5,25	57845,11	3065,79	1561,82	42,86	0,0	0,0	40762,4	42243,7
10	3,66	58,9	7,09	26002,62	1378,14	702,07	42,86	0,0	0,0	12606,3	22980,9

# VERIFICA NON DRENATA SVASO RAPIDO CON SISMA - FELLENIUS



**VERIFICA STABILITÀ  
VERSANTE DI VALLE  
IN ESERCIZIO LIVELLO INVASO LAGO 140 M SLM  
CONDIZIONI DRENATE**

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	112,37 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	14,92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	183,45 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50,59 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04

7	129,27	-0,5
8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

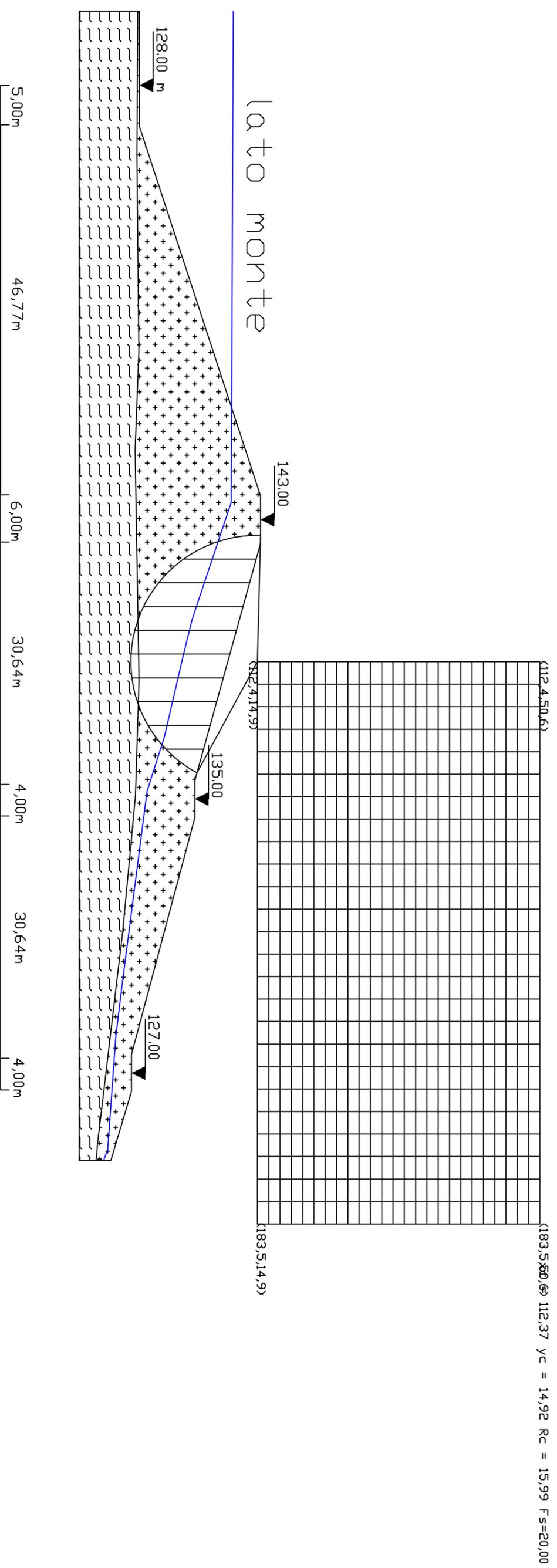
### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	112,37 m
Ordinata centro superficie	14,92 m
Raggio superficie	15,99 m

### Analisi dei conci. Superficie...xc = 112,37 yc = 14,915 Rc = 15,994 Fs=20,00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,0	-72,8	10,18	36359,41	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	129012,7	1805,6
2	3,0	-46,4	4,36	55366,7	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	81438,0	1027,5
3	3,0	-32,2	3,55	63951,93	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	76198,7	932,7
4	3,0	-20,1	3,2	67335,84	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	72035,0	873,1
5	3,0	-8,9	3,04	68118,76	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	69245,1	1846,5
6	3,0	1,9	3,01	65031,68	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	65010,0	1733,6
7	3,0	12,8	3,08	57894,5	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	59019,1	1573,8
8	3,0	24,3	3,3	47169,63	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	51437,7	678,4
9	3,0	36,9	3,76	33194,88	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	41073,1	603,0
10	3,0	52,6	4,94	13736,57	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	21968,1	482,0

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO SENZA SISMA - BISHOP



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

---

---

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

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	112,37 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	14,92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	183,45 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50,59 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

---

---

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	22,54	-0,15
3	48,35	-0,31
4	73,13	-0,08
5	85,63	-0,53
6	114,73	-0,04
7	129,27	-0,5

8	146,31	-2,09
9	173,12	-5,27
10	175,4	-5,46

### 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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	112,37 m
Ordinata centro superficie	14,92 m
Raggio superficie	15,99 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 concii. Superficie...xc = 112,37 yc = 14,915 Rc = 15,994 Fs=20,00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,0	-72,8	10,18	36359,41	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	10733,3-34739,1	
2	3,0	-46,4	4,36	55366,7	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	38148,1-40127,3	
3	3,0	-32,2	3,55	63951,93	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	54091,1-34117,5	
4	3,0	-20,1	3,2	67335,84	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	63224,1-23169,7	
5	3,0	-8,9	3,04	68118,76	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	67292,8-10575,7	
6	3,0	1,9	3,01	65031,68	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	64995,4 2171,0	
7	3,0	12,8	3,08	57894,5	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	56448,5 12858,6	
8	3,0	24,3	3,3	47169,63	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	43000,0 19390,1	
9	3,0	36,9	3,76	33194,88	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	26535,0 19944,8	
10	3,0	52,6	4,94	13736,57	0,0	0,0	16,0	16,2	0,0	8350,1 10907,3	



**Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP con sisma**

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

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	109,68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	18,15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	179,86 m
Ordinata vertice destro superiore ys	60,34 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	0,0	0,0
3	22,54	-0,15
4	48,35	-0,31
5	73,13	-0,08
6	85,63	-0,53
7	114,73	-0,04
8	129,27	-0,5
9	146,31	-2,09
10	173,12	-5,27
11	175,4	-5,46

**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;

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	20	60	20	1700	1800	
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

---

---

Fs minimo individuato	18,18
Ascissa centro superficie	109,68 m
Ordinata centro superficie	18,15 m
Raggio superficie	14,7 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 concii. Superficie...xc = 109,677 yc = 18,154 Rc = 14,702 Fs=18,1818**

---

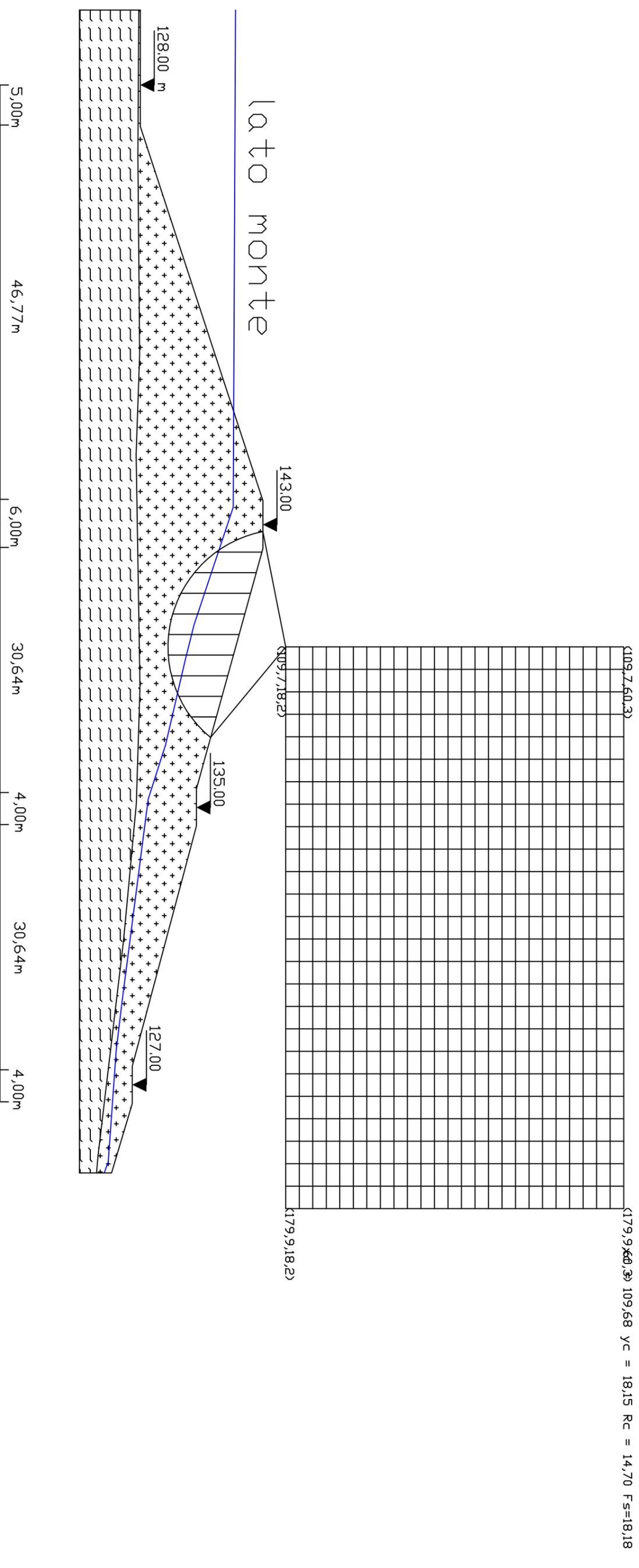
---

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,57	-66,3	6,39	16410,66	869,76	443,09	16,0	16,2	0,0	42476,8	759,9
2	2,57	-46,4	3,73	30545,92	1618,93	824,74	16,0	16,2	0,0	44967,6	639,5
3	2,57	-33,1	3,07	37009,61	1961,51	999,26	16,0	16,2	0,0	44575,8	599,8
4	2,57	-21,7	2,77	39816,38	2110,27	1075,04	16,0	16,2	0,0	43080,7	568,8
5	2,57	-11,2	2,62	39981,73	2119,03	1079,51	16,0	16,2	0,0	40861,3	539,3
6	2,57	-1,0	2,57	37968,58	2012,34	1025,15	16,0	16,2	0,0	37984,0	508,7
7	2,57	9,1	2,61	33855,08	1794,32	914,09	16,0	16,2	0,0	34208,5	473,8
8	2,57	19,5	2,73	27563,48	1460,87	744,21	16,0	16,2	0,0	29086,1	430,8
9	2,57	30,7	2,99	19062,15	1010,29	514,68	16,0	16,2	0,0	21937,0	375,7
10	2,57	43,4	3,54	7532,39	399,22	203,37	16,0	16,2	0,0	10095,7	290,7

---

---

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO CON SISMA - BISHOP



### Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS con Sisma

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

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	109,68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	18,15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	179,86 m
Ordinata vertice destro superiore ys	60,34 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	25,0
Numero di celle lungo y	25,0

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

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,01	2,42	0,27
S.L.D.	201,0	1,24	2,41	0,28
S.L.V.	1898,0	2,69	2,4	0,31
S.L.C.	2475,0	2,92	2,4	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	2,1816	0,24	0,0534	0,0267
S.L.D.	2,6784	0,24	0,0656	0,0328
S.L.V.	4,5594	0,28	0,1302	0,0651
S.L.C.	4,6533	0,28	0,1329	0,0664

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,053
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	44,65	0,0
3	91,4	15,3
4	97,4	15,3
5	127,4	7,0
6	132,05	7,0
7	162,05	-1,0
8	166,7	-1,0
9	175,4	-3,6

#### Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	12,0
2	92,22	11,6
3	106,92	6,7
4	111,28	5,61
5	121,9	3,16
6	128,71	0,98
7	154,04	-2,29
8	160,0	-3,0
9	174,0	-4,0
10	175,4	-4,5

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	0,0	0,0
3	22,54	-0,15
4	48,35	-0,31
5	73,13	-0,08
6	85,63	-0,53
7	114,73	-0,04
8	129,27	-0,5
9	146,31	-2,09
10	173,12	-5,27
11	175,4	-5,46

#### 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; r

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	20	60	20	1700	1800		
2	0	150	45	2300	2500	Substrato roccioso	

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

---

---

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	109,68 m
Ordinata centro superficie	18,15 m
Raggio superficie	14,7 m

---

---

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 109,677 yc = 18,154 Rc = 14,702 Fs=20,00**

---

---

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,57	-66,3	6,39	16410,66	869,76	443,09	16,0	16,2	0,0	7583,4-14670,8	
2	2,57	-46,4	3,73	30545,92	1618,93	824,74	16,0	16,2	0,0	22805,2-21005,1	
3	2,57	-33,1	3,07	37009,61	1961,51	999,26	16,0	16,2	0,0	32908,2-18574,1	
4	2,57	-21,7	2,77	39816,38	2110,27	1075,04	16,0	16,2	0,0	38773,0-12763,6	
5	2,57	-11,2	2,62	39981,73	2119,03	1079,51	16,0	16,2	0,0	40693,2 -5671,4	
6	2,57	-1,0	2,57	37968,58	2012,34	1025,15	16,0	16,2	0,0	39023,7 1326,5	
7	2,57	9,1	2,61	33855,08	1794,32	914,09	16,0	16,2	0,0	34051,0 7111,5	
8	2,57	19,5	2,73	27563,48	1460,87	744,21	16,0	16,2	0,0	26198,6 10572,8	
9	2,57	30,7	2,99	19062,15	1010,29	514,68	16,0	16,2	0,0	16325,1 10589,4	
10	2,57	43,4	3,54	7532,39	399,22	203,37	16,0	16,2	0,0	5344,1 5467,5	

---

---

# VERIFICA DRENATA CON LAGO PIENO CON SISMA - FELLENIUS

