

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA  
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA  
MAXILOTTO 1

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE

**Val di Chienti**  
S.C.p.A.

IL RESPONSABILE DEL CONTRAENTE GENERALE

IL PROGETTISTA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

ATI: TECHNITAL s.p.a. (mandataria)  
EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT S.A.  
SICS s.r.l. Società Italiana Consulenza Strade  
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.  
SOIL Geologia Geotecnica Opere in sotterraneo Difesa del territorio

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE *Dott. Ing. M. Raccosta*

IL GEOLOGO  
*Dott. Geol. F. Ferrari*

IL GEOLOGO

IL RESPONSABILE DELLA CONGRUENZA FUNZIONALE  
CON IL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO  
(ATI: TECHNITAL-EGIS-SOIL-SIS-SICS)

VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Vincenzo Lomma*

VISTO:IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE

LA DIREZIONE LAVORI

SUBLOTTO 2.1: S.S. 77 "VAL DI CHIEN TI" TRONCO PONTELATRAVE – FOLIGNO  
TRATTO VALMENOTRE – GALLERIA MUCCIA (esclusa galleria)

RIPRISTINO VIABILITA' SECONDARIA- STRADA 10

STATO DI PROGETTO  
RELAZIONE GEOTECNICA

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050011 ex F12C03000050010** (comunicazione CIPE 20/04/2015)

REVISIONE

FOGLIO

SCALA

CODICE ELAB. e FILE	Opera	Lotto	Stato	Settore	WBS	Disciplina	Tipo Doc.	N. Progress.
	L0703	A2	E	P	CA40200	GET	REL	001

A

-- --

-

D								
C								
B								
A	EMISSIONE				30/06/15	ARCELLI	PELLEGRINI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE				DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
								APPROVATO RESP. TECNICO ANAS

## INDICE

<b>0</b>	<b>Premessa.....</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inquadramento e definizione dei terreni .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Verifica di stabilità.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Risultati Verifiche di stabilità .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2).....</b>	<b>21</b>

## **0 Premessa**

La presente Relazione Geotecnica si pone l'obiettivo di valutare la stabilità dei pendii relativi al piano di recupero della strada di cantiere n° 10 situata a nord della località Leggiana, nel Comune di Foligno (PG). Tale pista permette l'accesso all'imbocco della galleria naturale "La Franca", dalla strada comunale omonima.

La presente trattazione prende quindi in esame la totale rimozione della pista di cantiere prevedendo il reinterro della stessa al fine di ottenere un corretto ripristino ambientale.

Per la pista n° 10 si procederà quindi alla verifica di stabilità dei pendii nelle sezioni di maggior interesse.

# 1 Inquadramento e definizione dei terreni

L'assetto geologico del sito (Figura 1) è caratterizzato dalla presenza della formazione della Maiolica, costituita da calcari stratificati con strati di spessore variabile tra i 10 e i 35 cm.

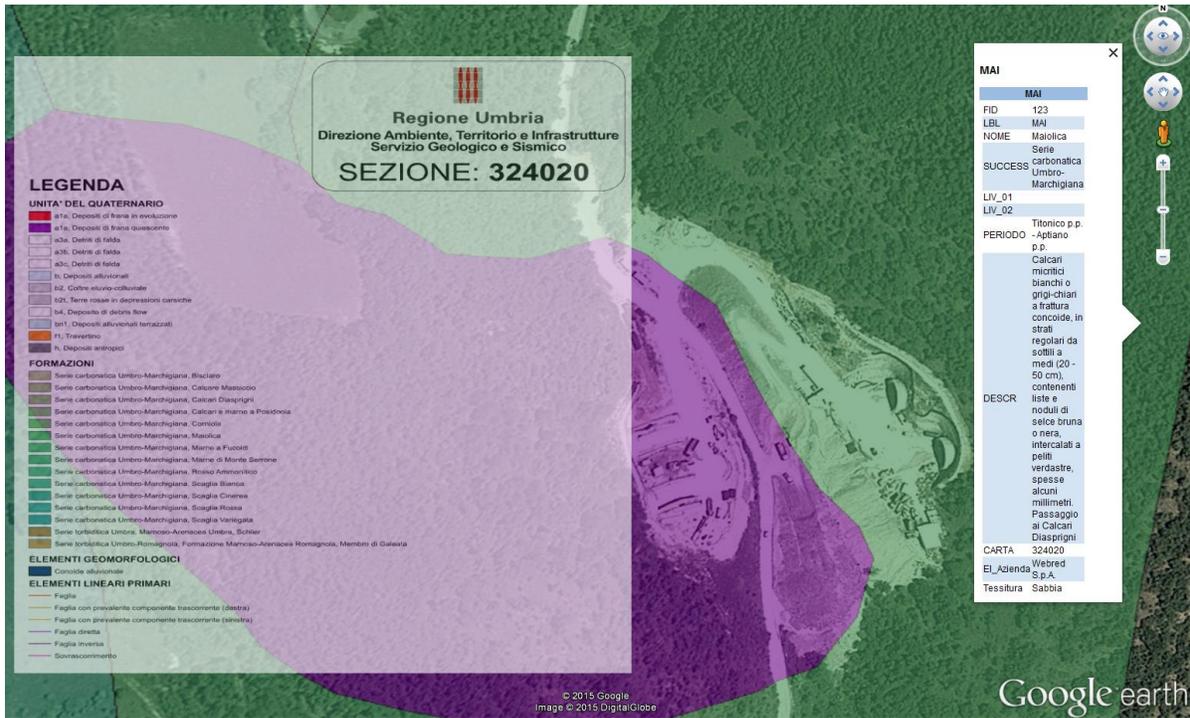


Figura 1 – Stralcio della Carta geologica regionale dell'area - stralcio Sezione 324020

Dall'elaborato del progetto esecutivo LO703.A2.E.P.GENER.00.GET.REL.001.A si è potuto estrapolare i valori di riferimento della maiolica:

## Formazione rocciosa: Maiolica

- **Marne fortemente alterate ("cappellaccio")**

$$\gamma = \text{peso di volume totale} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_u = \text{resistenza al taglio non drenata} = \geq 200 \text{ kPa}$$

$E'$  = modulo di Young "operativo":

$$E' = 20 \text{ MPa} \quad \text{sino a } \sim 7 \text{ m da p.c.}$$

$$E' = 25 \text{ MPa} \quad \text{tra 7 e 15 m da p.c.}$$

$$E' \sim 100 \text{ MPa} \quad \text{oltre 15 m da p.c. (calcare lapideo alterato)}$$

Inoltre, da tale relazione si è riscontrato che *“il rilevato sarà infine costituito da materiale granulare di buona qualità (CNR UNI 10006 A1-a; A1-b; A2-4; A2-5) proveniente dai lavori del vicino sublotto 1.2 o da cava di prestito”*.

## **2 Verifica di stabilità**

### ***Normative di riferimento***

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### ***Descrizione metodo di calcolo***

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.10.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\Phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia

T sforzo di taglio alla base della striscia  
 $E_s, E_d$  forze normali di interstriscia a sinistra e a destra  
 $X_s, X_d$  forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra  
 $E_a, E_b$  forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio  
 $\Delta X$  variazione delle forze tangenziali sulla striscia  $\Delta X = X_d - X_s$   
 $\Delta E$  variazione delle forze normali sulla striscia  $\Delta E = E_d - E_s$

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg}\phi_i ]}{\sum [ W_i \tan\alpha_i ]}$$

dove il termine  $N_i$  è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Janbu semplificato contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Criterio di rottura di HOEK-BROWN

Di seguito troveremo le relazioni esistenti tra  $GSI$ ,  $m_b$ ,  $s$ ,  $D$ ,  $\sigma_{ci}$  ed  $a$ . Tali relazioni vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite le seguenti espressioni:

$\sigma_{ci}$  resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;  
 $m_i$  Coefficiente materiale roccia intatta;  
 $GSI$  Qualità ammasso roccioso;  
 $D$  Fattore di disturbo ammasso roccioso  
 $\gamma$  Peso dell'unità di volume della roccia

$$m_b = m_i \exp[(GSI-100)/28-14 D]$$

$$s = \exp[(GSI-100)/(9-3 D)]$$

$$a = 1/2 + 1/6[\exp(-GSI/15) - \exp(-20/3)]$$

### Critero di Hoek-Brown lineare

Riportiamo di seguito le espressioni di angolo di attrito e coesione media dell'ammasso roccioso

$$\phi = \arcsin\left[\frac{6 a m_b (s+m_b \sigma_{3n})^{a-1}}{2 (1+a) (2+a)+6 a m_b (s+m_b \sigma_{3n})}\right]$$

$$c = \left[ \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a) m_b \sigma_{3n}] (s+m_b \sigma_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \left[ \frac{6 a m_b (s+m_b \sigma_{3n})}{(1+a)(2+a)} \right]}} \right]$$

$$\sigma_{3n} = \sigma_{3max} / \sigma_{ci}$$

$$\sigma_{3max} = \sigma_{cm} 0.72 [\sigma_{cm} / (\gamma H)]^{-0.91}$$

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} [m_b + 4 s - a (m_b - 8 s) (m_b / 4 + s)^{a-1}] / [2 (1+a) (2+a)]$$

**$\gamma$**  : Peso dell'unità di volume della roccia

**H** : altezza media del pendio.

### 3 Risultati Verifiche di stabilità

#### rif. Pista 10 - sezione 25

##### Descrizione terreno

###### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
2	Terreno di riporto	1800	2000	35,00	0,000

##### Descrizione rocce

###### Simbologia adottata

Nr.	Indice roccia
Descrizione	Descrizione
GSI	Qualità ammasso roccioso (Geological Strength Index)
$m_i$	Coefficiente materiale roccia intatta
$\sigma_{ci}$	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta espressa in kg/cm <sup>2</sup>
D	Fattore di disturbo ammasso roccioso

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	GSI	$m_i$	$\sigma_{ci}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	D
1	Formazione rocciosa Maiolica	2000	2000	44,00	5,00	250,00	0,30

##### Profilo del piano campagna

###### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	26,71
2	4,99	27,27
3	7,94	29,69
4	9,15	30,69
5	10,36	31,69
6	13,16	33,69
7	14,56	34,69
8	17,36	36,69
9	18,98	37,84
10	27,77	41,01
11	28,00	41,69
12	28,07	41,91
13	29,13	42,69
14	30,50	43,69
15	31,86	44,69
16	34,58	46,69
17	36,01	47,82
18	40,87	49,57
19	41,11	50,55
20	42,81	53,69
21	46,07	55,69
22	49,36	57,69
23	52,41	59,69
24	56,29	62,24

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Formazione rocciosa Maiolica)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	36,01	47,82
2	34,58	46,69
3	31,86	44,69
4	30,50	43,69
5	29,13	42,69
6	28,07	41,91
7	28,00	41,69
8	27,77	41,01
9	26,73	37,86
10	25,53	37,69
11	18,98	37,84
12	17,36	36,69
13	14,56	34,69
14	13,16	33,69
15	10,36	31,69
16	9,15	30,69
17	7,94	29,69
18	4,99	27,27
19	0,00	26,71
20	0,00	0,00
21	56,29	0,00
22	56,29	62,24
23	52,41	59,69
24	49,36	57,69
25	46,07	55,69
26	42,81	53,69
27	41,11	50,55
28	40,87	49,57
29	40,65	48,69
30	40,42	47,54

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Terreno di riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	27,77	41,01
2	18,98	37,84
3	25,53	37,69
4	26,73	37,86

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Terreno di riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	40,87	49,57
2	36,01	47,82
3	40,42	47,54
4	40,65	48,69

## Dati zona sismica

Accelerazione al suolo  $a_g =$

2.333 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )

1.17

Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )

1.20

Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )

0.28

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S) = 9.36$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 4.68$

## Dati normativa

### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{sfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{fav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{sfav}$	1.30	1.00

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0,00$	$Y_0 = 30,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1,00$	$dY = 1,00$
Numero passi		$Nx = 80$	$Ny = 80$
Raggio	[m]	$R = 15,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=1,00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Criterio di rottura adottato: **Hoek-Brown lineare**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate 44578  
 Coefficiente di sicurezza minimo 1.195  
 Superficie con coefficiente di sicurezza minimo 1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	44578	1.195	1	33.987	44578

### Caratteristiche delle superfici analizzate (Prime 100 superfici con coefficienti di sicurezza inferiori)

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	18,00	55,00	17,00	19,64	27,53	2,94	1.195 (J)	[A2M2]	H+V
2	C	18,00	55,00	17,00	19,64	27,53	2,94	1.222 (J)	[A2M2]	H-V
3	C	18,00	55,00	17,00	19,64	27,53	2,94	1.494 (J)	[PC]	H+V
4	C	18,00	55,00	17,00	19,64	27,53	2,94	1.528 (J)	[PC]	H-V
5	C	22,00	56,00	34,00	4,00	55,51	871,35	3.032 (J)	[A2M2]	H-V
6	C	22,00	56,00	34,00	4,00	55,51	871,35	3.032 (J)	[PC]	H-V
7	C	22,00	57,00	34,00	5,20	55,66	821,70	3.035 (J)	[A2M2]	H-V
8	C	22,00	57,00	34,00	5,20	55,66	821,70	3.035 (J)	[PC]	H-V
9	C	23,00	55,00	34,00	3,56	56,23	954,52	3.040 (J)	[PC]	H-V
10	C	23,00	55,00	34,00	3,56	56,23	954,52	3.040 (J)	[A2M2]	H-V
11	C	22,00	55,00	34,00	2,69	55,35	921,55	3.050 (J)	[PC]	H-V
12	C	22,00	55,00	34,00	2,69	55,35	921,55	3.050 (J)	[A2M2]	H-V
13	C	21,00	56,00	34,00	3,15	54,61	837,33	3.053 (J)	[PC]	H-V
14	C	21,00	56,00	34,00	3,15	54,61	837,33	3.053 (J)	[A2M2]	H-V
15	C	21,00	57,00	34,00	4,59	54,74	787,22	3.057 (J)	[PC]	H-V
16	C	21,00	57,00	34,00	4,59	54,74	787,22	3.057 (J)	[A2M2]	H-V
17	C	23,00	55,00	33,00	5,04	55,33	876,91	3.058 (J)	[PC]	H-V
18	C	23,00	55,00	33,00	5,04	55,33	876,91	3.058 (J)	[A2M2]	H-V
19	C	23,00	56,00	33,00	5,73	55,50	828,77	3.060 (J)	[A2M2]	H-V
20	C	23,00	56,00	33,00	5,73	55,50	828,77	3.060 (J)	[PC]	H-V
21	C	21,00	55,00	34,00	1,84	54,46	888,09	3.065 (J)	[A2M2]	H-V
22	C	21,00	55,00	34,00	1,84	54,46	888,09	3.065 (J)	[PC]	H-V
23	C	24,00	55,00	33,00	5,49	56,21	909,33	3.065 (J)	[PC]	H-V
24	C	24,00	55,00	33,00	5,49	56,21	909,33	3.065 (J)	[A2M2]	H-V
25	C	22,00	55,00	33,00	4,24	54,44	843,78	3.066 (J)	[PC]	H-V
26	C	22,00	55,00	33,00	4,24	54,44	843,78	3.066 (J)	[A2M2]	H-V
27	C	22,00	56,00	33,00	5,31	54,60	795,45	3.067 (J)	[A2M2]	H-V
28	C	22,00	56,00	33,00	5,31	54,60	795,45	3.067 (J)	[PC]	H-V
29	C	22,00	58,00	34,00	5,93	55,78	772,28	3.067 (J)	[A2M2]	H-V
30	C	22,00	58,00	34,00	5,93	55,78	772,28	3.067 (J)	[PC]	H-V
31	C	23,00	57,00	33,00	6,44	55,65	780,62	3.076 (J)	[A2M2]	H-V
32	C	23,00	57,00	33,00	6,44	55,65	780,62	3.076 (J)	[PC]	H-V
33	C	23,00	54,00	34,00	2,37	56,03	1004,77	3.078 (J)	[PC]	H-V
34	C	23,00	54,00	34,00	2,37	56,03	1004,77	3.078 (J)	[A2M2]	H-V
35	C	22,00	54,00	34,00	1,50	55,16	972,23	3.082 (J)	[A2M2]	H-V
36	C	22,00	54,00	34,00	1,50	55,16	972,23	3.082 (J)	[PC]	H-V
37	C	20,00	56,00	34,00	2,30	53,70	805,06	3.084 (J)	[PC]	H-V
38	C	20,00	56,00	34,00	2,30	53,70	805,06	3.084 (J)	[A2M2]	H-V
39	C	21,00	56,00	33,00	4,80	53,69	763,52	3.085 (J)	[PC]	H-V
40	C	21,00	56,00	33,00	4,80	53,69	763,52	3.085 (J)	[A2M2]	H-V
41	C	23,00	54,00	33,00	3,83	55,14	925,13	3.086 (J)	[A2M2]	H-V
42	C	23,00	54,00	33,00	3,83	55,14	925,13	3.086 (J)	[PC]	H-V

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>v</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
43	C	21,00	55,00	33,00	3,39	53,55	811,85	3.086 (J)	[PC]	H-V
44	C	21,00	55,00	33,00	3,39	53,55	811,85	3.086 (J)	[A2M2]	H-V
45	C	24,00	54,00	33,00	4,69	56,00	957,39	3.088 (J)	[PC]	H-V
46	C	24,00	54,00	33,00	4,69	56,00	957,39	3.088 (J)	[A2M2]	H-V
47	C	20,00	55,00	34,00	0,98	53,56	855,86	3.090 (J)	[A2M2]	H-V
48	C	20,00	55,00	34,00	0,98	53,56	855,86	3.090 (J)	[PC]	H-V
49	C	22,00	54,00	33,00	2,97	54,27	892,52	3.090 (J)	[A2M2]	H-V
50	C	22,00	54,00	33,00	2,97	54,27	892,52	3.090 (J)	[PC]	H-V
51	C	21,00	54,00	34,00	0,63	54,29	939,27	3.092 (J)	[A2M2]	H-V
52	C	21,00	54,00	34,00	0,63	54,29	939,27	3.092 (J)	[PC]	H-V
53	C	22,00	57,00	33,00	6,03	54,73	747,17	3.094 (J)	[A2M2]	H-V
54	C	22,00	57,00	33,00	6,03	54,73	747,17	3.094 (J)	[PC]	H-V
55	C	21,00	58,00	34,00	5,54	54,84	737,69	3.096 (J)	[A2M2]	H-V
56	C	21,00	58,00	34,00	5,54	54,84	737,69	3.096 (J)	[PC]	H-V
57	C	20,00	57,00	34,00	3,76	53,81	754,97	3.097 (J)	[A2M2]	H-V
58	C	20,00	57,00	34,00	3,76	53,81	754,97	3.097 (J)	[PC]	H-V
59	C	22,00	56,00	34,00	4,00	55,51	871,35	3.101 (J)	[A2M2]	H+V
60	C	22,00	56,00	34,00	4,00	55,51	871,35	3.101 (J)	[PC]	H+V
61	C	23,00	55,00	32,00	5,86	54,43	801,82	3.101 (J)	[PC]	H-V
62	C	23,00	55,00	32,00	5,86	54,43	801,82	3.101 (J)	[A2M2]	H-V
63	C	23,00	55,00	34,00	3,56	56,23	954,52	3.103 (J)	[A2M2]	H+V
64	C	23,00	55,00	34,00	3,56	56,23	954,52	3.103 (J)	[PC]	H+V
65	C	21,00	54,00	33,00	2,10	53,39	860,79	3.104 (J)	[A2M2]	H-V
66	C	21,00	54,00	33,00	2,10	53,39	860,79	3.104 (J)	[PC]	H-V
67	C	24,00	56,00	32,00	6,98	55,49	787,19	3.105 (J)	[A2M2]	H-V
68	C	24,00	56,00	32,00	6,98	55,49	787,19	3.105 (J)	[PC]	H-V
69	C	24,00	55,00	32,00	6,30	55,31	833,97	3.105 (J)	[A2M2]	H-V
70	C	24,00	55,00	32,00	6,30	55,31	833,97	3.105 (J)	[PC]	H-V
71	C	23,00	54,00	32,00	5,18	54,25	848,60	3.105 (J)	[PC]	H-V
72	C	23,00	54,00	32,00	5,18	54,25	848,60	3.105 (J)	[A2M2]	H-V
73	C	22,00	55,00	32,00	5,43	53,54	770,64	3.106 (J)	[A2M2]	H-V
74	C	22,00	55,00	32,00	5,43	53,54	770,64	3.106 (J)	[PC]	H-V
75	C	22,00	54,00	32,00	4,49	53,37	817,18	3.108 (J)	[A2M2]	H-V
76	C	22,00	54,00	32,00	4,49	53,37	817,18	3.108 (J)	[PC]	H-V
77	C	23,00	58,00	33,00	7,16	55,77	732,49	3.108 (J)	[A2M2]	H-V
78	C	23,00	58,00	33,00	7,16	55,77	732,49	3.108 (J)	[PC]	H-V
79	C	22,00	57,00	34,00	5,20	55,66	821,70	3.109 (J)	[PC]	H+V
80	C	22,00	57,00	34,00	5,20	55,66	821,70	3.109 (J)	[A2M2]	H+V
81	C	23,00	56,00	32,00	6,55	54,59	754,96	3.111 (J)	[PC]	H-V
82	C	23,00	56,00	32,00	6,55	54,59	754,96	3.111 (J)	[A2M2]	H-V
83	C	20,00	55,00	33,00	2,54	52,64	779,59	3.113 (J)	[A2M2]	H-V
84	C	20,00	55,00	33,00	2,54	52,64	779,59	3.113 (J)	[PC]	H-V
85	C	25,00	55,00	32,00	6,75	56,19	865,36	3.114 (J)	[PC]	H-V
86	C	25,00	55,00	32,00	6,75	56,19	865,36	3.114 (J)	[A2M2]	H-V
87	C	22,00	55,00	34,00	2,69	55,35	921,55	3.115 (J)	[PC]	H+V
88	C	22,00	55,00	34,00	2,69	55,35	921,55	3.115 (J)	[A2M2]	H+V
89	C	22,00	59,00	34,00	6,67	55,87	723,04	3.116 (J)	[PC]	H-V
90	C	22,00	59,00	34,00	6,67	55,87	723,04	3.116 (J)	[A2M2]	H-V
91	C	21,00	55,00	32,00	5,01	52,63	738,84	3.117 (J)	[PC]	H-V
92	C	21,00	55,00	32,00	5,01	52,63	738,84	3.117 (J)	[A2M2]	H-V
93	C	24,00	57,00	32,00	7,68	55,64	740,35	3.118 (J)	[PC]	H-V
94	C	24,00	57,00	32,00	7,68	55,64	740,35	3.118 (J)	[A2M2]	H-V
95	C	24,00	54,00	32,00	5,63	55,12	880,56	3.119 (J)	[PC]	H-V
96	C	24,00	54,00	32,00	5,63	55,12	880,56	3.119 (J)	[A2M2]	H-V
97	C	20,00	56,00	33,00	3,97	52,77	731,24	3.121 (J)	[A2M2]	H-V
98	C	20,00	56,00	33,00	3,97	52,77	731,24	3.121 (J)	[PC]	H-V
99	C	21,00	57,00	33,00	5,63	53,80	715,71	3.121 (J)	[A2M2]	H-V
100	C	21,00	57,00	33,00	5,63	53,80	715,71	3.121 (J)	[PC]	H-V

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
$c$	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$L$	sviluppo della base della striscia espressa in m( $L=b/\cos\alpha$ )
$u$	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$W$	peso della striscia espresso in kg
$Q$	carico applicato sulla striscia espresso in kg
$N$	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
$T$	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
$U$	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
$E_s, E_d$	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
$X_s, X_d$	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento
$m_b$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
$s$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
$a$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
$\sigma_{ci}$	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta kg/cmq
$\sigma_{cm}$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown kg/cmq
$H$	altezza media pendio m
$\sigma_{3max}$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown kg/cmq

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 18,00	Y[m]= 55,00
Raggio del cerchio	R[m]= 17,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 19,64	Y <sub>v</sub> [m]= 38,08
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 27,53	Y <sub>m</sub> [m]= 40,92
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.195	

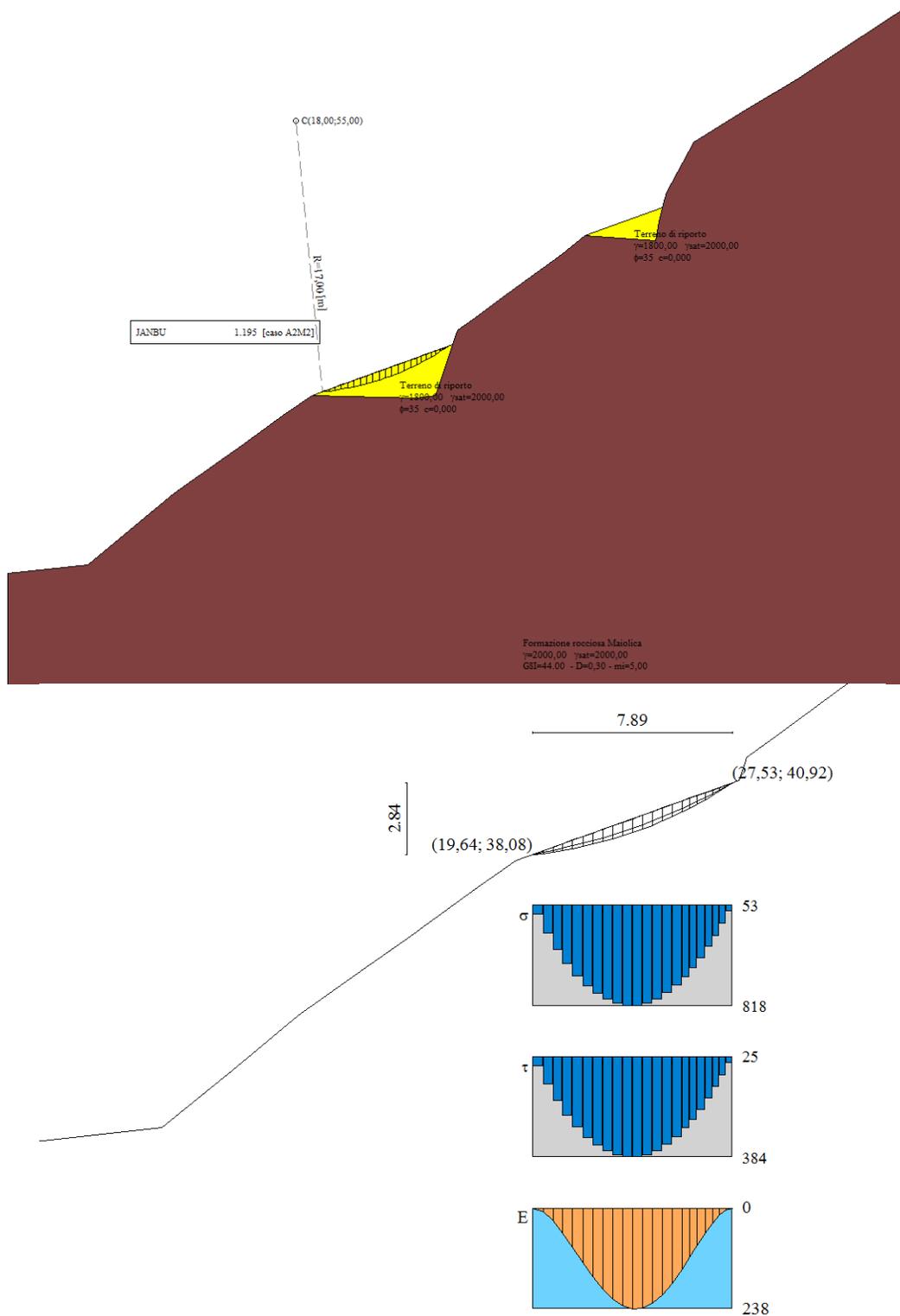
### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]
1	19,64	38,08	38,08	20,04	38,22	38,12	19,91	38,14	0,39	6,22	29,26	0,00
2	20,04	38,22	38,12	20,43	38,36	38,17	20,25	38,23	0,40	7,55	29,26	0,00
3	20,43	38,36	38,17	20,82	38,50	38,24	20,64	38,32	0,40	8,89	29,26	0,00
4	20,82	38,50	38,24	21,21	38,65	38,31	21,03	38,43	0,40	10,23	29,26	0,00
5	21,21	38,65	38,31	21,61	38,79	38,39	21,42	38,53	0,40	11,57	29,26	0,00
6	21,61	38,79	38,39	22,00	38,93	38,48	21,81	38,65	0,40	12,93	29,26	0,00
7	22,00	38,93	38,48	22,39	39,07	38,58	22,20	38,76	0,40	14,29	29,26	0,00
8	22,39	39,07	38,58	22,78	39,21	38,69	22,59	38,89	0,41	15,66	29,26	0,00
9	22,78	39,21	38,69	23,18	39,35	38,81	22,98	39,02	0,41	17,03	29,26	0,00
10	23,18	39,35	38,81	23,57	39,49	38,94	23,37	39,15	0,41	18,42	29,26	0,00
11	23,57	39,49	38,94	23,96	39,64	39,08	23,76	39,29	0,42	19,82	29,26	0,00
12	23,96	39,64	39,08	24,35	39,78	39,23	24,16	39,43	0,42	21,23	29,26	0,00
13	24,35	39,78	39,23	24,75	39,92	39,40	24,55	39,58	0,43	22,66	29,26	0,00
14	24,75	39,92	39,40	25,14	40,06	39,57	24,94	39,74	0,43	24,10	29,26	0,00
15	25,14	40,06	39,57	25,53	40,20	39,76	25,33	39,90	0,43	25,56	29,26	0,00
16	25,53	40,20	39,76	25,93	40,31	39,91	25,68	40,04	0,34	26,86	29,26	0,00
17	25,93	40,31	39,91	26,13	40,42	40,07	25,98	40,18	0,34	28,00	29,26	0,00
18	26,13	40,42	40,07	26,43	40,53	40,24	26,28	40,31	0,34	29,15	29,26	0,00
19	26,43	40,53	40,24	26,73	40,63	40,41	26,57	40,45	0,35	30,31	29,26	0,00
20	26,73	40,63	40,41	27,00	40,73	40,58	26,86	40,59	0,31	31,43	29,26	0,00
21	27,00	40,73	40,58	27,27	40,83	40,75	27,12	40,71	0,32	32,49	29,26	0,00
22	27,27	40,83	40,75	27,53	40,92	40,92	27,35	40,83	0,32	33,57	29,26	0,00

### Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	35	0	32	15	0	0	8	0	0	
2	101	0	92	43	0	8	29	0	0	
3	161	0	145	68	0	29	59	0	0	
4	215	0	192	90	0	59	93	0	0	
5	261	0	232	109	0	93	129	0	0	
6	301	0	266	125	0	129	162	0	0	
7	334	0	293	137	0	162	192	0	0	
8	360	0	315	147	0	192	215	0	0	
9	378	0	330	155	0	215	231	0	0	
10	389	0	338	159	0	231	238	0	0	
11	393	0	341	160	0	238	236	0	0	
12	389	0	337	158	0	236	225	0	0	
13	378	0	326	153	0	225	205	0	0	
14	358	0	309	145	0	205	177	0	0	
15	330	0	284	133	0	177	144	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
16	228	0	197	92	0	144	116	0	0	
17	202	0	175	82	0	116	88	0	0	
18	172	0	149	70	0	88	60	0	0	
19	138	0	120	56	0	60	35	0	0	
20	91	0	79	37	0	35	17	0	0	
21	57	0	50	23	0	17	5	0	0	
22	20	0	17	8	0	5	0	0	0	



## rif. Pista 10 - sezione 39

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi^i$ [°]	$c^i$ [kg/cmq]
2	Terreno di riporto	1800	2000	35,00	0,000

### Descrizione rocce

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice roccia
Descrizione	Descrizione
GSI	Qualità ammasso roccioso (Geological Strength Index)
$m_i$	Coefficiente materiale roccia intatta
$\sigma_{ci}$	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta espressa in kg/cmq
D	Fattore di disturbo ammasso roccioso

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	GSI	$m_i$	$\sigma_{ci}$ [kg/cmq]	D
1	Formazione rocciosa Maiolica	2000	2000	44,00	5,00	250,00	0,30

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	30,78
2	3,36	30,73
3	12,21	30,16
4	19,20	30,15
5	22,27	32,55
6	23,55	33,55
7	24,83	34,55
8	27,62	36,55
9	29,36	37,55
10	33,24	39,55
11	33,81	39,93
12	43,79	43,52
13	43,80	43,55
14	44,09	44,55
15	44,39	45,55
16	44,55	46,13
17	45,10	46,55
18	46,37	47,55
19	48,91	49,55
20	51,51	51,55
21	52,93	52,61
22	59,18	54,86
23	60,41	56,50
24	61,42	58,55
25	64,05	60,55
26	66,59	62,55
27	69,30	64,55
28	72,80	67,15

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Formazione rocciosa Maiolica)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	52,93	52,61
2	51,51	51,55
3	48,91	49,55
4	46,37	47,55
5	45,10	46,55
6	44,55	46,13
7	44,39	45,55
8	44,09	44,55
9	43,80	43,55
10	43,79	43,52
11	42,88	40,85
12	33,81	39,93
13	33,24	39,55
14	29,36	37,55
15	27,62	36,55
16	24,83	34,55
17	23,55	33,55
18	22,27	32,55
19	19,20	30,15
20	12,21	30,16
21	3,36	30,73
22	0,00	30,78
23	0,00	0,00
24	72,80	0,00
25	72,80	67,15
26	69,30	64,55
27	66,59	62,55
28	64,05	60,55
29	61,42	58,55
30	60,41	56,50
31	59,18	54,86
32	57,38	52,46

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Terreno di riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	43,79	43,52
2	33,81	39,93
3	42,88	40,85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Terreno di riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	59,18	54,86
2	52,93	52,61
3	57,38	52,46

## Dati zona sismica

Accelerazione al suolo  $a_g =$

2.333 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)

1.17

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.20

Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )

0.28

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 9.36$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 4.68$

## Dati normativa

### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{sfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{fav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{sfav}$	1.30	1.00

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0,00$	$Y_0 = 40,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1,00$	$dY = 1,00$
Numero passi		$Nx = 80$	$Ny = 80$
Raggio	[m]	$R = 15,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=1,00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Criterio di rottura adottato: **Hoek-Brown lineare**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	62616
Coefficiente di sicurezza minimo	1.194
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	62616	1.194	1	88.250	62616

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	32,00	60,00	20,00	34,41	42,79	2,98	1.194 (J)	[A2M2]	H+V
2	C	32,00	61,00	21,00	34,38	43,46	3,61	1.195 (J)	[A2M2]	H+V
3	C	33,00	55,00	15,00	34,12	41,66	2,92	1.201 (J)	[A2M2]	H+V
4	C	33,00	56,00	16,00	34,11	42,31	3,51	1.202 (J)	[A2M2]	H+V
5	C	33,00	57,00	17,00	34,10	42,95	4,17	1.202 (J)	[A2M2]	H+V
6	C	33,00	58,00	18,00	34,10	43,60	4,87	1.203 (J)	[A2M2]	H+V
7	C	32,00	60,00	20,00	34,41	42,79	2,98	1.222 (J)	[A2M2]	H-V
8	C	32,00	61,00	21,00	34,38	43,46	3,61	1.223 (J)	[A2M2]	H-V
9	C	33,00	55,00	15,00	34,12	41,66	2,92	1.228 (J)	[A2M2]	H-V
10	C	33,00	56,00	16,00	34,11	42,31	3,51	1.229 (J)	[A2M2]	H-V
11	C	33,00	57,00	17,00	34,10	42,95	4,17	1.230 (J)	[A2M2]	H-V
12	C	33,00	58,00	18,00	34,10	43,60	4,87	1.230 (J)	[A2M2]	H-V
13	C	32,00	60,00	20,00	34,41	42,79	2,98	1.493 (J)	[PC]	H+V
14	C	32,00	61,00	21,00	34,38	43,46	3,61	1.494 (J)	[PC]	H+V
15	C	33,00	55,00	15,00	34,12	41,66	2,92	1.501 (J)	[PC]	H+V
16	C	33,00	56,00	16,00	34,11	42,31	3,51	1.502 (J)	[PC]	H+V
17	C	33,00	57,00	17,00	34,10	42,95	4,17	1.503 (J)	[PC]	H+V
18	C	33,00	58,00	18,00	34,10	43,60	4,87	1.504 (J)	[PC]	H+V
19	C	32,00	60,00	20,00	34,41	42,79	2,98	1.527 (J)	[PC]	H-V
20	C	32,00	61,00	21,00	34,38	43,46	3,61	1.528 (J)	[PC]	H-V
21	C	33,00	55,00	15,00	34,12	41,66	2,92	1.535 (J)	[PC]	H-V
22	C	33,00	56,00	16,00	34,11	42,31	3,51	1.536 (J)	[PC]	H-V
23	C	33,00	57,00	17,00	34,10	42,95	4,17	1.537 (J)	[PC]	H-V
24	C	33,00	58,00	18,00	34,10	43,60	4,87	1.538 (J)	[PC]	H-V
25	C	39,00	60,00	34,00	20,72	72,32	879,29	3.008 (J)	[PC]	H-V
26	C	39,00	60,00	34,00	20,72	72,32	879,29	3.008 (J)	[A2M2]	H-V
27	C	39,00	61,00	34,00	21,43	72,48	829,95	3.008 (J)	[PC]	H-V
28	C	39,00	61,00	34,00	21,43	72,48	829,95	3.008 (J)	[A2M2]	H-V
29	C	38,00	60,00	34,00	20,27	71,44	845,07	3.016 (J)	[PC]	H-V
30	C	38,00	60,00	34,00	20,27	71,44	845,07	3.016 (J)	[A2M2]	H-V
31	C	38,00	59,00	34,00	19,56	71,27	894,54	3.018 (J)	[A2M2]	H-V
32	C	38,00	59,00	34,00	19,56	71,27	894,54	3.018 (J)	[PC]	H-V
33	C	39,00	59,00	34,00	20,02	72,13	928,53	3.019 (J)	[PC]	H-V
34	C	39,00	59,00	34,00	20,02	72,13	928,53	3.019 (J)	[A2M2]	H-V
35	C	39,00	62,00	34,00	22,16	72,63	780,66	3.022 (J)	[A2M2]	H-V
36	C	39,00	62,00	34,00	22,16	72,63	780,66	3.022 (J)	[PC]	H-V
37	C	38,00	61,00	34,00	21,00	71,59	795,66	3.027 (J)	[PC]	H-V
38	C	38,00	61,00	34,00	21,00	71,59	795,66	3.027 (J)	[A2M2]	H-V
39	C	37,00	59,00	34,00	19,01	70,40	861,20	3.029 (J)	[PC]	H-V
40	C	37,00	59,00	34,00	19,01	70,40	861,20	3.029 (J)	[A2M2]	H-V
41	C	37,00	60,00	34,00	19,84	70,56	812,08	3.034 (J)	[PC]	H-V
42	C	37,00	60,00	34,00	19,84	70,56	812,08	3.034 (J)	[A2M2]	H-V

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>v</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
43	C	39,00	58,00	34,00	19,34	71,92	976,93	3.040 (J)	[PC]	H-V
44	C	39,00	58,00	34,00	19,34	71,92	976,93	3.040 (J)	[A2M2]	H-V
45	C	40,00	61,00	33,00	22,71	72,47	787,59	3.042 (J)	[PC]	H-V
46	C	40,00	61,00	33,00	22,71	72,47	787,59	3.042 (J)	[A2M2]	H-V
47	C	38,00	58,00	34,00	18,50	71,08	943,92	3.044 (J)	[PC]	H-V
48	C	38,00	58,00	34,00	18,50	71,08	943,92	3.044 (J)	[A2M2]	H-V
49	C	40,00	60,00	33,00	22,00	72,30	835,65	3.044 (J)	[A2M2]	H-V
50	C	40,00	60,00	33,00	22,00	72,30	835,65	3.044 (J)	[PC]	H-V
51	C	39,00	63,00	34,00	22,91	72,75	731,32	3.049 (J)	[PC]	H-V
52	C	39,00	63,00	34,00	22,91	72,75	731,32	3.049 (J)	[A2M2]	H-V
53	C	38,00	62,00	34,00	21,74	71,72	746,09	3.051 (J)	[PC]	H-V
54	C	38,00	62,00	34,00	21,74	71,72	746,09	3.051 (J)	[A2M2]	H-V
55	C	39,00	60,00	33,00	21,55	71,43	802,50	3.052 (J)	[A2M2]	H-V
56	C	39,00	60,00	33,00	21,55	71,43	802,50	3.052 (J)	[PC]	H-V
57	C	40,00	62,00	33,00	23,43	72,62	739,54	3.053 (J)	[PC]	H-V
58	C	40,00	62,00	33,00	23,43	72,62	739,54	3.053 (J)	[A2M2]	H-V
59	C	40,00	58,00	34,00	19,82	72,76	1010,84	3.055 (J)	[PC]	H-V
60	C	40,00	58,00	34,00	19,82	72,76	1010,84	3.055 (J)	[A2M2]	H-V
61	C	37,00	61,00	34,00	20,58	70,69	762,84	3.055 (J)	[A2M2]	H-V
62	C	37,00	61,00	34,00	20,58	70,69	762,84	3.055 (J)	[PC]	H-V
63	C	39,00	59,00	33,00	20,85	71,25	850,63	3.057 (J)	[A2M2]	H-V
64	C	39,00	59,00	33,00	20,85	71,25	850,63	3.057 (J)	[PC]	H-V
65	C	36,00	60,00	34,00	19,42	69,66	778,59	3.058 (J)	[A2M2]	H-V
66	C	36,00	60,00	34,00	19,42	69,66	778,59	3.058 (J)	[PC]	H-V
67	C	40,00	59,00	33,00	21,31	72,11	883,57	3.059 (J)	[A2M2]	H-V
68	C	40,00	59,00	33,00	21,31	72,11	883,57	3.059 (J)	[PC]	H-V
69	C	36,00	59,00	34,00	18,01	69,52	827,63	3.059 (J)	[PC]	H-V
70	C	36,00	59,00	34,00	18,01	69,52	827,63	3.059 (J)	[A2M2]	H-V
71	C	37,00	58,00	34,00	17,49	70,22	910,78	3.060 (J)	[A2M2]	H-V
72	C	37,00	58,00	34,00	17,49	70,22	910,78	3.060 (J)	[PC]	H-V
73	C	39,00	61,00	33,00	22,27	71,58	754,27	3.060 (J)	[PC]	H-V
74	C	39,00	61,00	33,00	22,27	71,58	754,27	3.060 (J)	[A2M2]	H-V
75	C	38,00	59,00	33,00	20,40	70,38	818,35	3.064 (J)	[PC]	H-V
76	C	38,00	59,00	33,00	20,40	70,38	818,35	3.064 (J)	[A2M2]	H-V
77	C	38,00	60,00	33,00	21,11	70,54	770,41	3.069 (J)	[PC]	H-V
78	C	38,00	60,00	33,00	21,11	70,54	770,41	3.069 (J)	[A2M2]	H-V
79	C	38,00	58,00	33,00	19,70	70,20	866,23	3.071 (J)	[PC]	H-V
80	C	38,00	58,00	33,00	19,70	70,20	866,23	3.071 (J)	[A2M2]	H-V
81	C	37,00	58,00	33,00	19,24	69,34	833,42	3.074 (J)	[PC]	H-V
82	C	37,00	58,00	33,00	19,24	69,34	833,42	3.074 (J)	[A2M2]	H-V
83	C	39,00	58,00	33,00	20,16	71,05	898,41	3.074 (J)	[PC]	H-V
84	C	39,00	58,00	33,00	20,16	71,05	898,41	3.074 (J)	[A2M2]	H-V
85	C	39,00	60,00	34,00	20,72	72,32	879,29	3.075 (J)	[PC]	H+V
86	C	39,00	60,00	34,00	20,72	72,32	879,29	3.075 (J)	[A2M2]	H+V
87	C	41,00	61,00	32,00	23,99	72,45	745,99	3.075 (J)	[A2M2]	H-V
88	C	41,00	61,00	32,00	23,99	72,45	745,99	3.075 (J)	[PC]	H-V
89	C	37,00	59,00	33,00	19,96	69,50	785,61	3.077 (J)	[PC]	H-V
90	C	37,00	59,00	33,00	19,96	69,50	785,61	3.077 (J)	[A2M2]	H-V
91	C	40,00	63,00	33,00	24,18	72,74	691,53	3.078 (J)	[PC]	H-V
92	C	40,00	63,00	33,00	24,18	72,74	691,53	3.078 (J)	[A2M2]	H-V
93	C	39,00	61,00	34,00	21,43	72,48	829,95	3.079 (J)	[A2M2]	H+V
94	C	39,00	61,00	34,00	21,43	72,48	829,95	3.079 (J)	[PC]	H+V
95	C	41,00	60,00	32,00	23,29	72,28	792,66	3.081 (J)	[PC]	H-V
96	C	41,00	60,00	32,00	23,29	72,28	792,66	3.081 (J)	[A2M2]	H-V
97	C	39,00	59,00	34,00	20,02	72,13	928,53	3.082 (J)	[A2M2]	H+V
98	C	39,00	59,00	34,00	20,02	72,13	928,53	3.082 (J)	[PC]	H+V
99	C	41,00	62,00	32,00	24,71	72,61	699,25	3.083 (J)	[A2M2]	H-V
100	C	41,00	62,00	32,00	24,71	72,61	699,25	3.083 (J)	[PC]	H-V

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
$c$	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$L$	sviluppo della base della striscia espressa in m( $L=b/\cos\alpha$ )
$u$	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$W$	peso della striscia espresso in kg
$Q$	carico applicato sulla striscia espresso in kg
$N$	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
$T$	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
$U$	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
$E_s, E_d$	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
$X_s, X_d$	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento
$m_b$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
$s$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
$a$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
$\sigma_{ci}$	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta kg/cmq
$\sigma_{cm}$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown kg/cmq
$H$	altezza media pendio m
$\sigma_{3max}$	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown kg/cmq

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	20	
Coordinate del centro	X[m]= 32,00	Y[m]= 60,00
Raggio del cerchio	R[m]= 20,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 34,41	Y <sub>v</sub> [m]= 40,15
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 42,79	Y <sub>m</sub> [m]= 43,16
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.194	

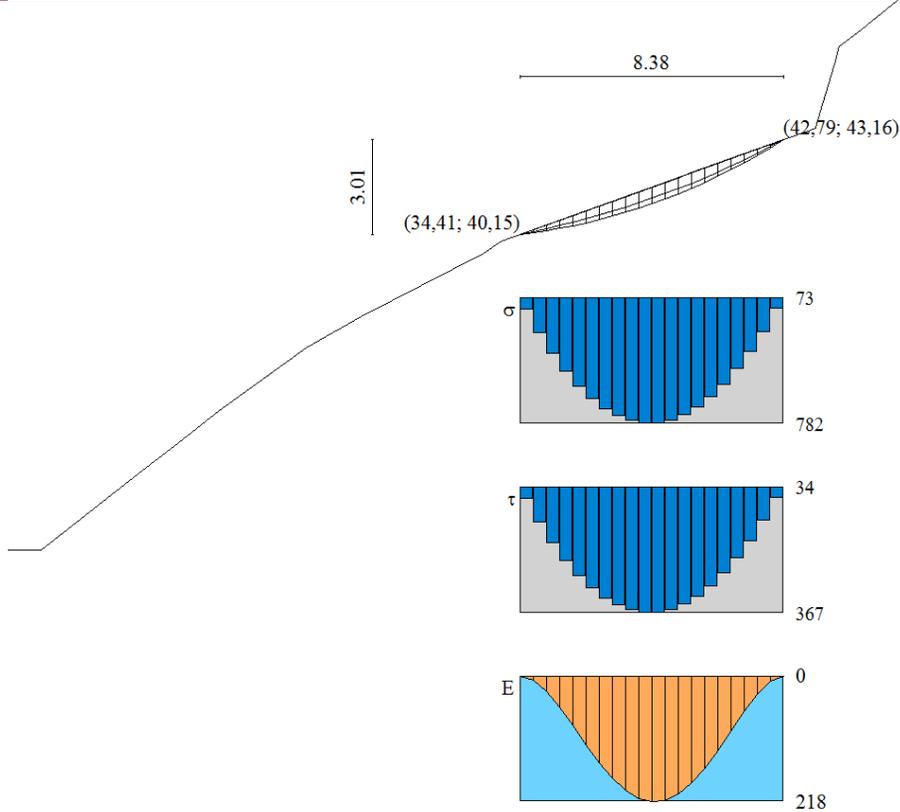
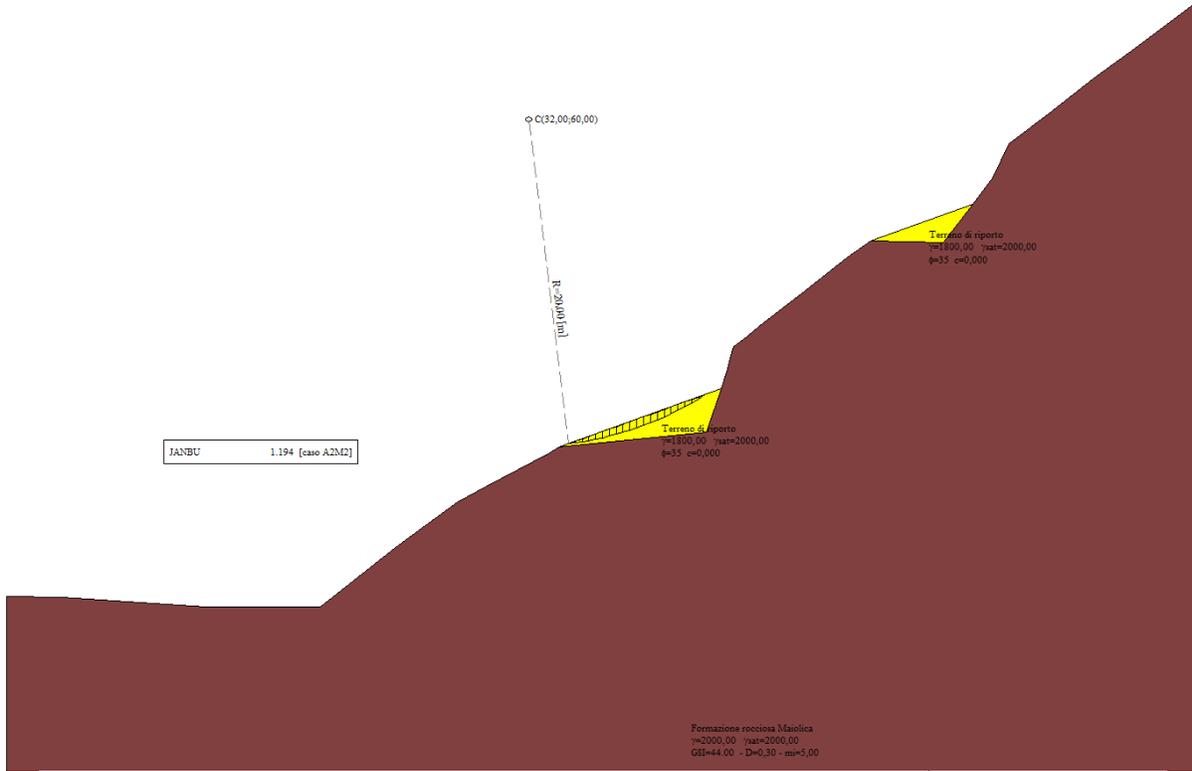
### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]
1	34,41	40,15	40,15	34,83	40,30	40,20	34,69	40,21	0,42	7,53	29,26	0,00
2	34,83	40,30	40,20	35,25	40,45	40,27	35,06	40,31	0,42	8,74	29,26	0,00
3	35,25	40,45	40,27	35,67	40,60	40,34	35,47	40,42	0,43	9,95	29,26	0,00
4	35,67	40,60	40,34	36,09	40,75	40,42	35,88	40,53	0,43	11,18	29,26	0,00
5	36,09	40,75	40,42	36,50	40,90	40,51	36,30	40,65	0,43	12,40	29,26	0,00
6	36,50	40,90	40,51	36,92	41,05	40,62	36,72	40,77	0,43	13,63	29,26	0,00
7	36,92	41,05	40,62	37,34	41,20	40,73	37,14	40,90	0,43	14,87	29,26	0,00
8	37,34	41,20	40,73	37,76	41,35	40,85	37,55	41,03	0,44	16,12	29,26	0,00
9	37,76	41,35	40,85	38,18	41,50	40,98	37,97	41,17	0,44	17,37	29,26	0,00
10	38,18	41,50	40,98	38,60	41,65	41,12	38,39	41,31	0,44	18,63	29,26	0,00
11	38,60	41,65	41,12	39,02	41,80	41,27	38,81	41,46	0,45	19,91	29,26	0,00
12	39,02	41,80	41,27	39,44	41,95	41,43	39,23	41,62	0,45	21,19	29,26	0,00
13	39,44	41,95	41,43	39,86	42,11	41,61	39,65	41,77	0,45	22,48	29,26	0,00
14	39,86	42,11	41,61	40,28	42,26	41,79	40,06	41,94	0,46	23,79	29,26	0,00
15	40,28	42,26	41,79	40,69	42,41	41,99	40,48	42,11	0,46	25,11	29,26	0,00
16	40,69	42,41	41,99	41,11	42,56	42,20	40,90	42,29	0,47	26,44	29,26	0,00
17	41,11	42,56	42,20	41,53	42,71	42,42	41,32	42,47	0,47	27,79	29,26	0,00
18	41,53	42,71	42,42	41,95	42,86	42,65	41,73	42,65	0,48	29,15	29,26	0,00
19	41,95	42,86	42,65	42,37	43,01	42,90	42,14	42,84	0,49	30,54	29,26	0,00
20	42,37	43,01	42,90	42,79	43,16	43,16	42,51	43,02	0,49	31,94	29,26	0,00

### Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	36	0	33	15	0	0	8	0	0	
2	104	0	94	44	0	8	27	0	0	
3	166	0	149	70	0	27	54	0	0	
4	221	0	196	92	0	54	86	0	0	
5	269	0	238	111	0	86	119	0	0	
6	309	0	272	128	0	119	150	0	0	
7	343	0	300	141	0	150	177	0	0	
8	369	0	322	151	0	177	198	0	0	
9	387	0	337	158	0	198	212	0	0	
10	398	0	346	162	0	212	218	0	0	
11	401	0	348	163	0	218	215	0	0	
12	397	0	343	161	0	215	204	0	0	
13	384	0	331	155	0	204	185	0	0	
14	362	0	313	147	0	185	159	0	0	
15	332	0	287	134	0	159	128	0	0	
16	293	0	253	119	0	128	95	0	0	
17	245	0	212	99	0	95	61	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
18	187	0	162	76	0	61	31	0	0	
19	120	0	104	49	0	31	9	0	0	
20	42	0	36	17	0	9	0	0	0	



#### 4 Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

##### ***Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo***

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

##### ***Tipo di analisi svolta***

##### **Verifiche di stabilità:**

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

##### ***Origine e caratteristiche dei codici di calcolo***

##### **Verifiche di stabilità:**

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)

##### ***Affidabilità dei codici di calcolo***

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un

numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### ***Modalità di presentazione dei risultati***

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### ***Informazioni generali sull'elaborazione***

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### ***Giudizio motivato di accettabilità dei risultati***

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista

---