

Comune di Montecreto

Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 17/01/18 - NNTC)



Relazione geologica, inerente alla verifica di stabilità generale di un pendio, stabilizzato mediante massi ciclopici cementati, sito in loc. Mulino Camatti, nel Comune di Montecreto (MO).
- Rif. 133/2025



Dot. Geol. Pier Luigi Dallari
Aprile 2025
Rif.370/2025



Sede Legale: Via Padova, 160 - 41125 Modena
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059 3967169 - Fax. 059 5960176
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it
P.IVA 02981500362



Relazione Tecnica

comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA

inerente alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

Oggetto:

Relazione geologica, inerente alla verifica di stabilità generale di un pendio, stabilizzato mediante massi ciclopici cementati, sito in loc. Mulino Camatti, nel Comune di Montecreto (MO) - Rif. 370/2025

Indice del contenuto

1	PREMESSE.....	3
2.	RELAZIONE GEOLOGICA.....	9
2.1	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA.....	9
3	STABILITÀ DEL PENDIO.....	13
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	21

Tavole

Tav. n. 1: “Carta Corografica”	scala 1: 25.000;
Tav. n. 2: “Carta Topografica”	scala 1: 10.000;
Tav. n. 3: “Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”	scala grafica;
Tav. n. 4: “Carta geologica”	scala 1: 5.000;
Tav. n. 5: “Carta del dissesto”	scala 1: 5.000;

Allegati

ALL. n. 1 Verifica di stabilità del pendio;

1 PREMESSE

Nel mese di aprile 2025 è stato eseguito il presente studio geologico relativo alla stabilità globale di un pendio posto in prossimità di una micro-centralina idroelettrica in progetto. Tale pendio, sito in loc. Mulino Camatti, nel Comune di Montecreto (MO), sarà oggetto di messa in sicurezza mediante un'opera di sostegno costituita da massi ciclopici cementati. Di seguito viene mostrata l'ubicazione del pendio in oggetto (**fig. 1.1**).

L'area in oggetto è posta a nord del capoluogo comunale di Montecreto, in corrispondenza del Torrente Scoltenna come illustrato nella "Carta corografica", tavola CTR n. 236 SO alla scala 1: 25.000 (tav. n. 1); nella "Carta topografica" sezione n°236090, alla scala 1: 10.000, (tav. n. 2) e nella "Ripresa satellitare dell'area di interesse" (tav. n. 3), riportate in allegato.

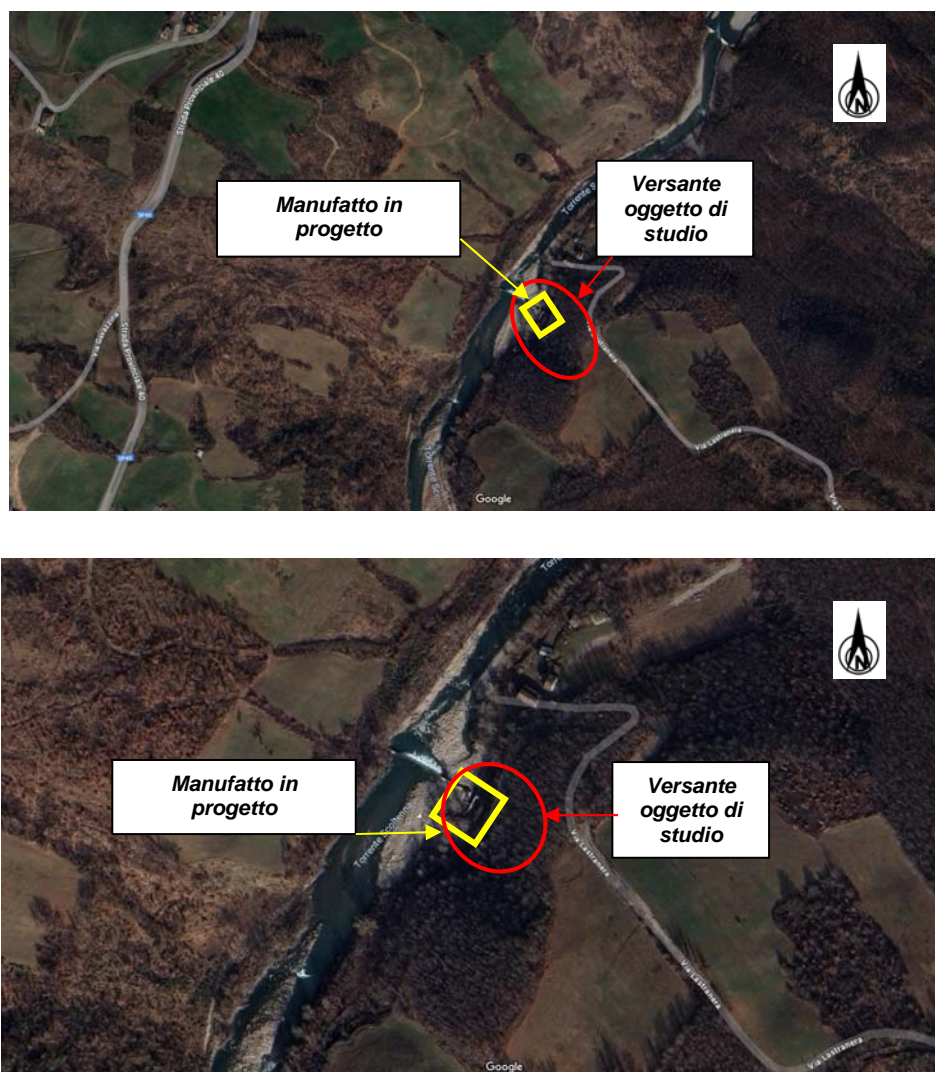


Fig. 1.1: Inquadramento geografico dell'area di interesse dove è evidenziata l'area di intervento (immagini tratte da Google Maps).

Di seguito vengono mostrate delle riprese fotografiche del pendio in oggetto ante-operam (**foto 1 e 2**).



Foto 1: veduta del pendio oggetto di sistemazione mediante massi ciclopici (20/09/23) – Foto: Dott. Francesco Lelli



Foto 2: veduta del pendio oggetto di sistemazione mediante massi ciclopici (20/09/23) – Foto: Dott. Francesco Lelli

Di seguito vengono riportate planimetria e sezioni del pendio, risagomato come da intervento in progetto.

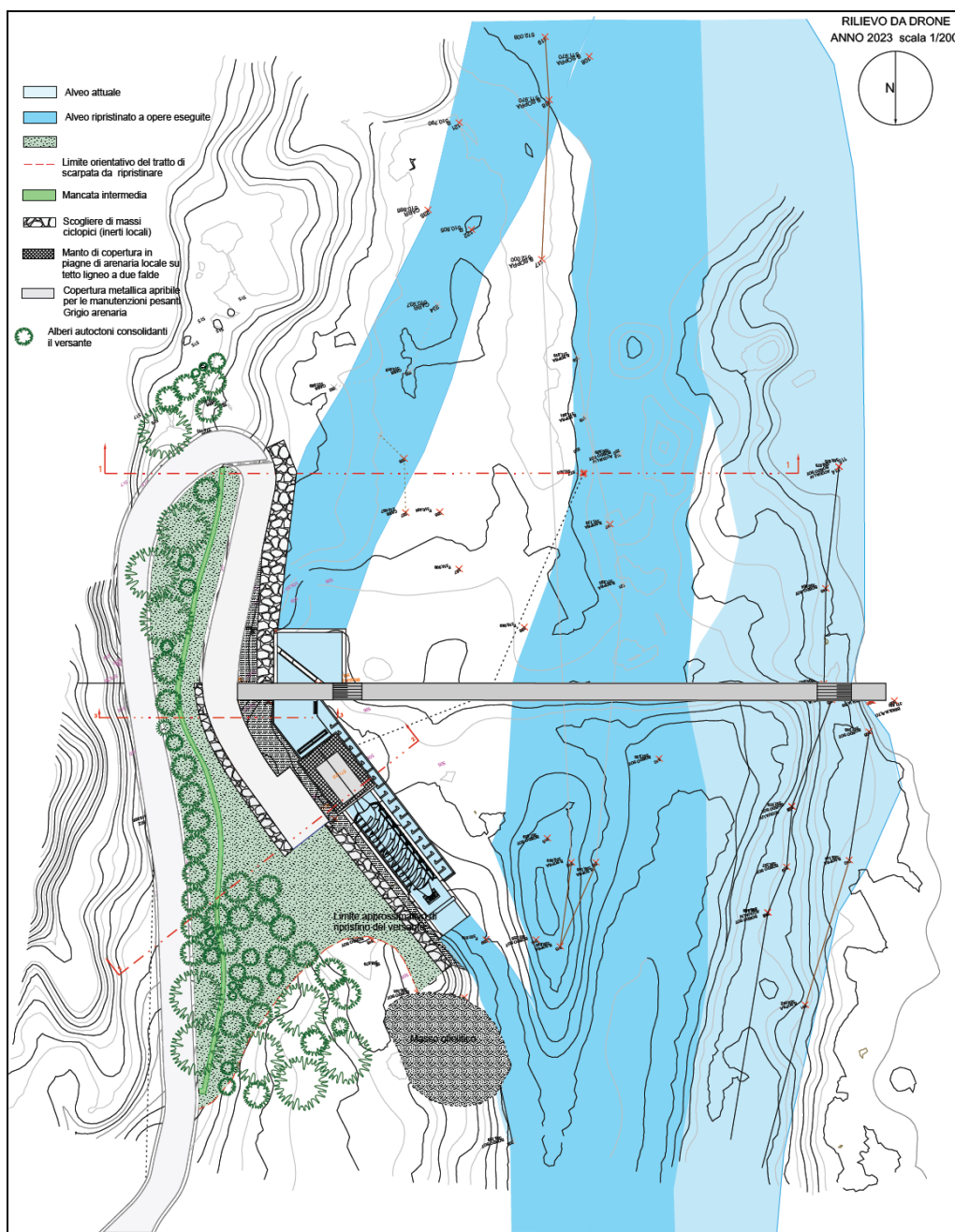


Fig. 1.2: Planimetria dell'intervento in progetto.

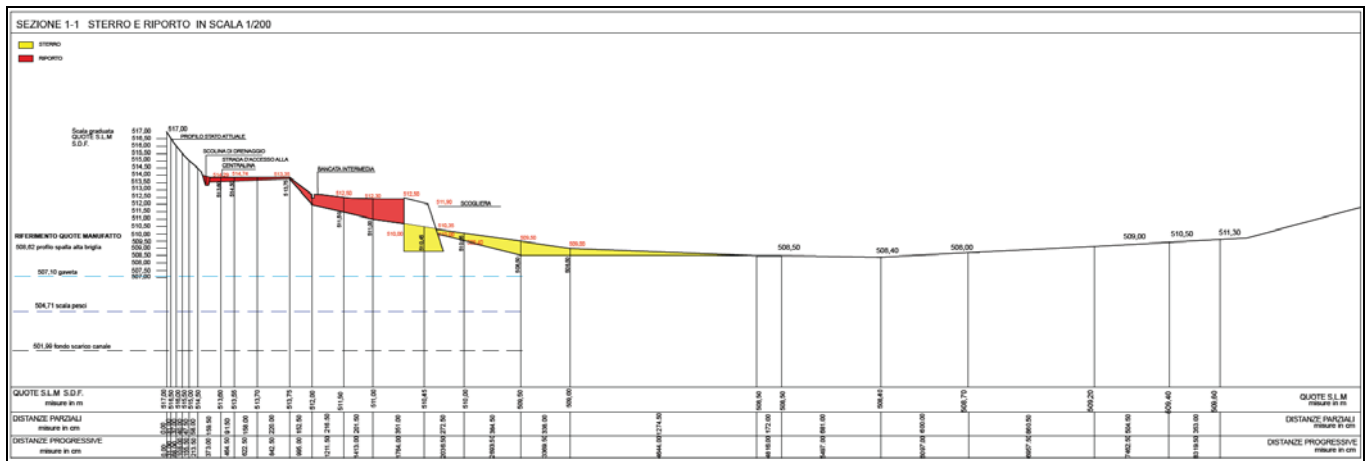


Fig. 1.2: Sezione 1-1 del pendio (da progetto).

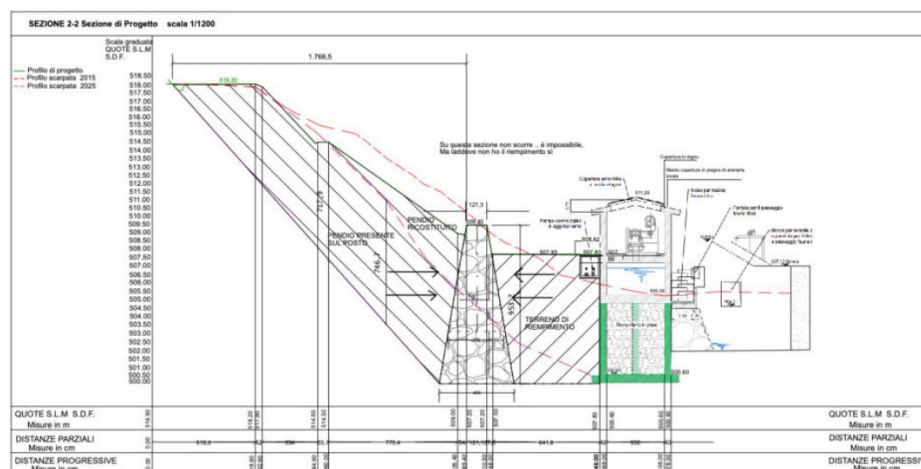
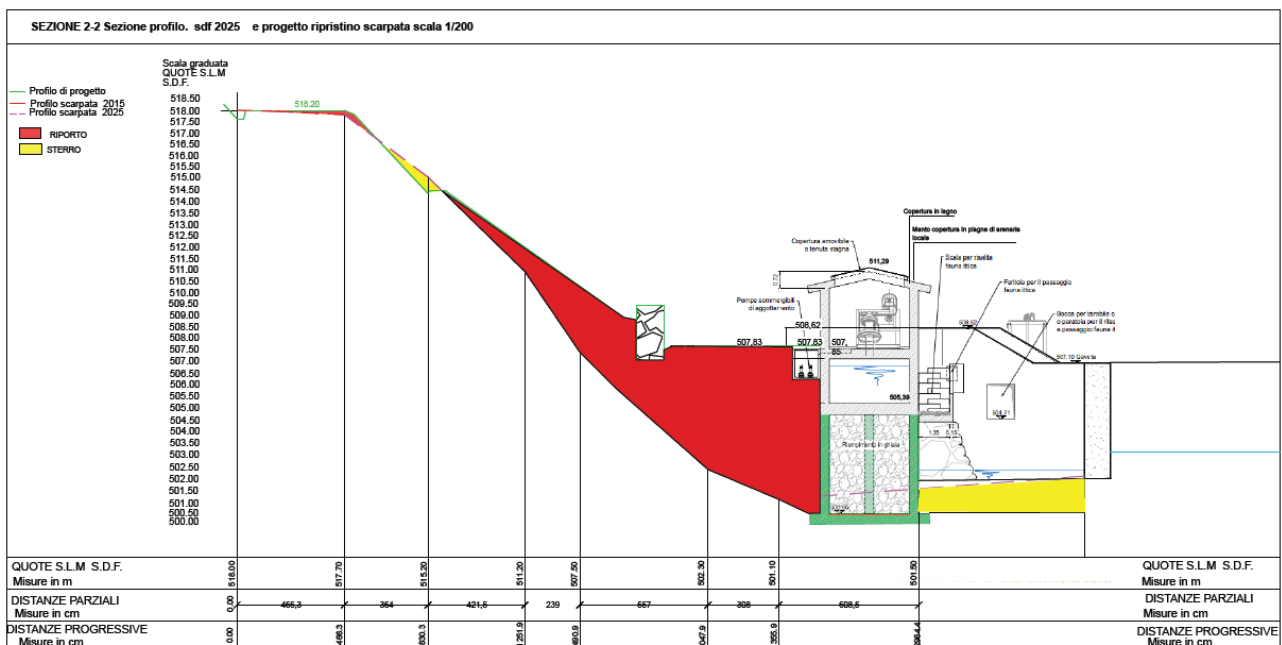


Fig. 1.2: Sezione 2-2 del pendio (da progetto).

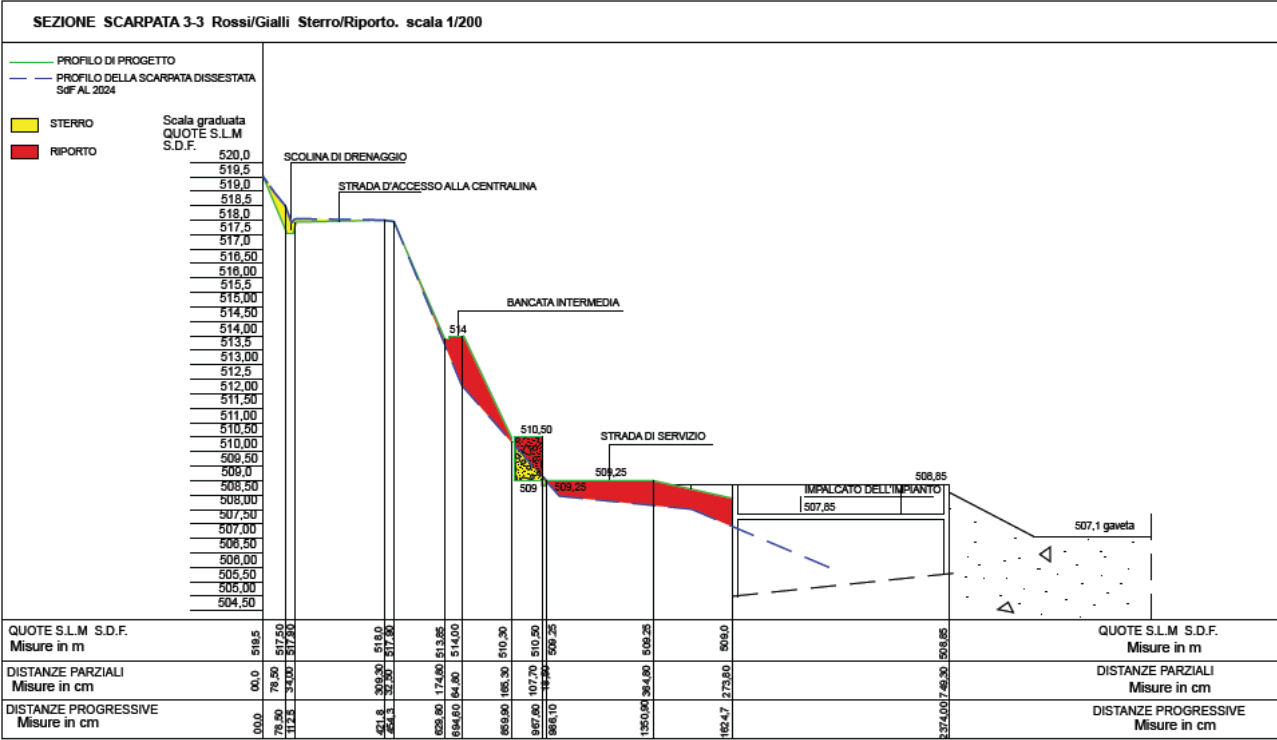


Fig. 1.2: Sezione 3-3 del pendio (da progetto).

2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

Da quanto si evince dalla “Carta geologica”, scala 1: 5.000, (**tav. n. 4**) e dalla **fig. 2.1** tratte dalla “Carta geologica - Progetto CARG” a cura della Regione Emilia Romagna, nell’area oggetto di studi affiora la seguente litologia:

DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI

a2 - Deposito di frana quiescente

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti ma con possibilità di riattivazione, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

a2g: Deposito di frana quiescente complessa

Descrizione analoga ad a1g.

b1: Deposito alluvionale in evoluzione

Sabbie, ghiaie o limi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva.

AES8a – Unità di Modena

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

UNITÀ LIGURI

APA – Argille a Palombini

Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose"). *Cretaceo inf. - Turoniano*

La formazione delle Argille a Palombini (APA), rappresenta il substrato geologico presso l'area in studio.

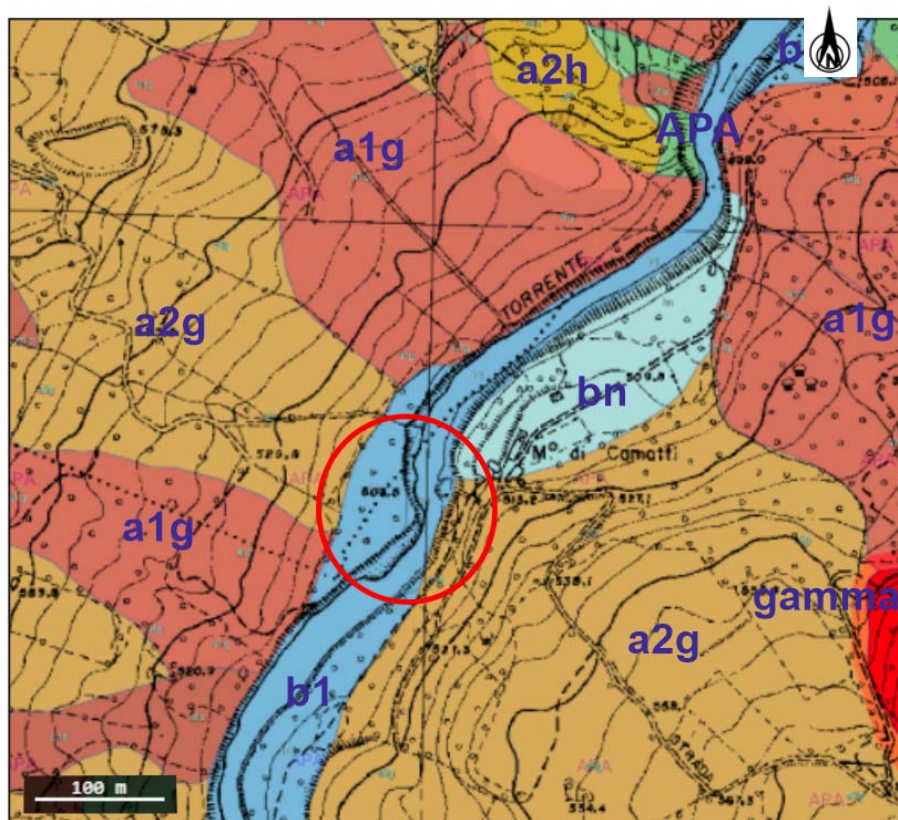











Fig. 2.1: Carta geologica (immagine tratta da *Carta geologica - Progetto CARG*” a cura della Regione Emilia Romagna).

Dal punto di vista geomorfologico e della stabilità generale, l'area in esame risulta essere interessata da un **corpo di frana quiescente di tipo complesso** (tavole n. 4 e 5 e figure n. 2.2 e 2.3).

Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità				
			Aree interessate da frane attive	Art.15
			Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità				
			Aree potenzialmente instabili	Art.16
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato				
	Codice scheda 2.1.1 NR	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)		Art.17
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato		Art.18A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)		Art.18B

LIMITI AMMINISTRATIVI

 Limite di Regione
  Limite di Provincia
  Limite di Comune

La presenza di fenomeni di dissesto quiescenti presso l'area di studio è evidenziata anche dalla cartografia del dissesto del servizio sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna (**fig. n. 2.3**).

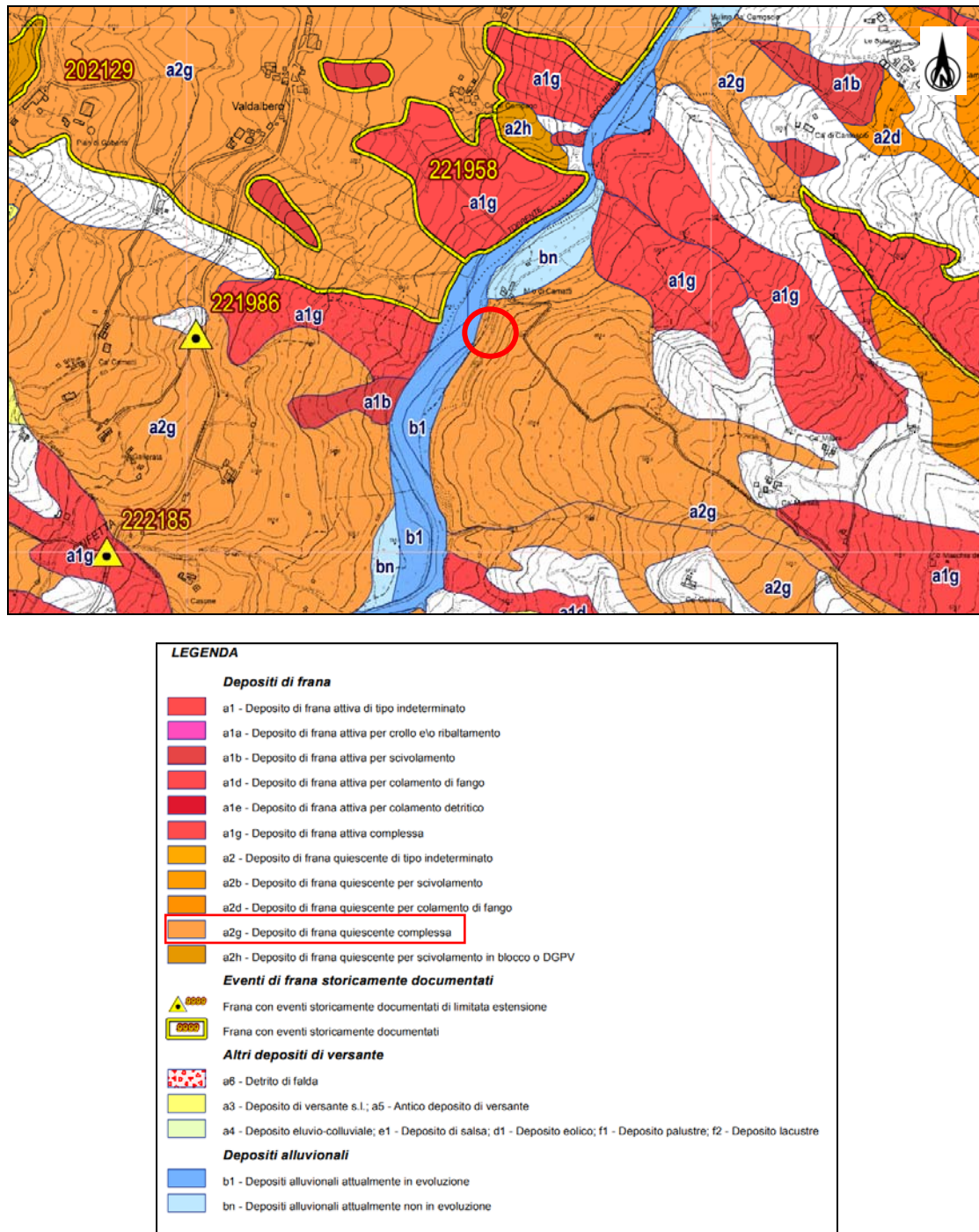


Fig. 2.2: Carta del dissesto (immagine tratta da: *Cartografia del dissesto della Regione Emilia Romagna*).

3 STABILITÀ DEL PENDIO

Ai fini di verificare la stabilità del pendio posto a monte dell'opera (**fig.3.2**), è stata eseguita un'analisi di stabilità del pendio. In relazione ai parametri geotecnici considerati nella Relazione geologica redatta nel 2023 denominata **“Nuovo impianto idroelettrico sul torrente Scoltenna - Località Mulino Camatti” (Rif.594-23)** e ai dati ottenuti dal rilievo topografico fornito dalla committenza è stata eseguita una verifica di stabilità del pendio in oggetto “post operam” con software di calcolo STAP FULL 16.0 di AZTEC Informatica – vers. 16.01D.

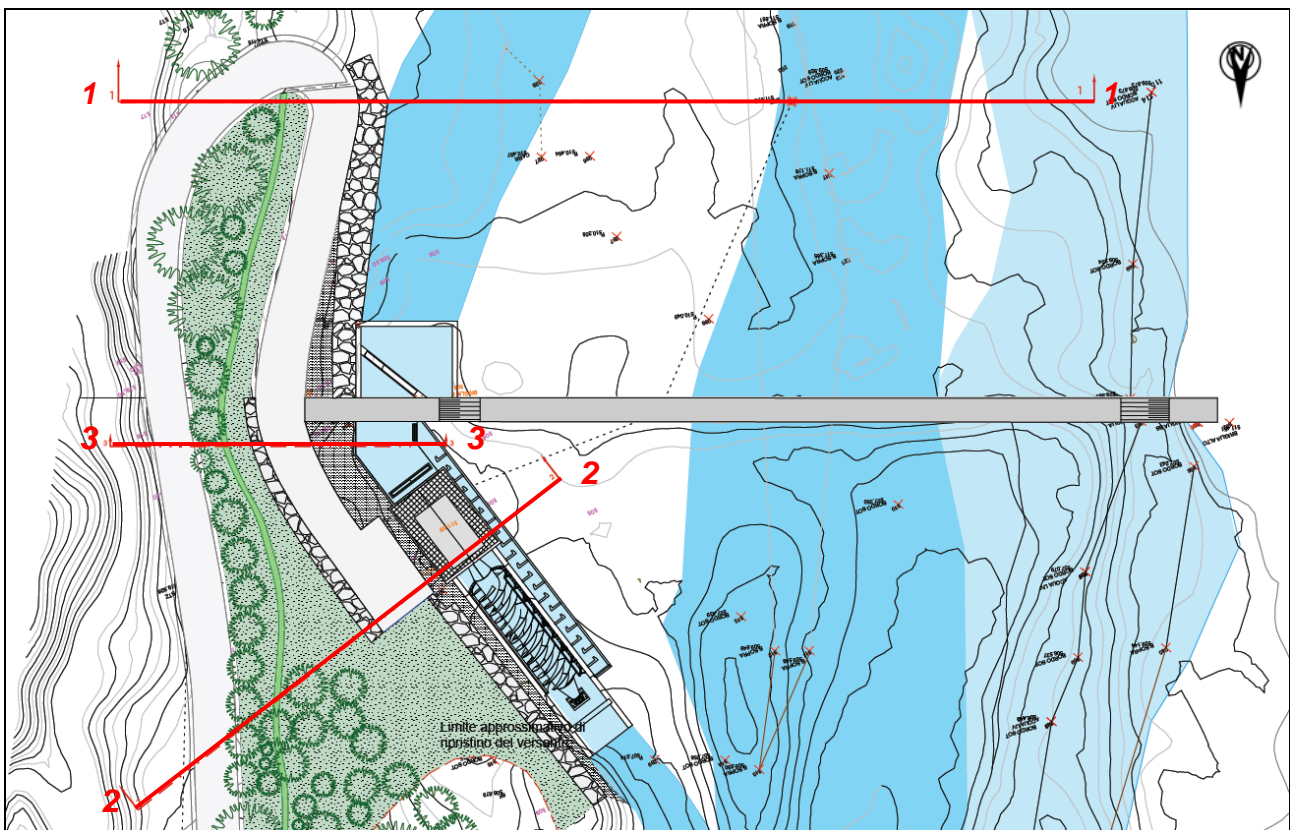


Fig. 3.1 – Sezioni di progetto utilizzate per la verifica di stabilità.

L'analisi di stabilità è stata condotta sulle sezioni seguenti; **sezione 1-1**, la **sezione 2-2** e la **sezione 3-3** indicate in **fig. 3.1**.

Riferimenti normativi

La verifica di stabilità è stata effettuata in accordo con quanto prescritto dal DM 17/01/18 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”, sulla base dei parametri geotecnici riportati nella relazione **“Nuovo impianto idroelettrico sul torrente Scoltenna - Località Mulino Camatti” (Rif.594-23)** come indicato a inizio paragrafo.

Per la stabilità dei fronti di scavo le N.T.C. indicano che le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 combinazione 2 ($A2 + M2 + R2$).

I coefficienti di sicurezza parziali utilizzati per le analisi sono i seguenti:

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	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	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Metodi di calcolo

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

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
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	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
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	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:

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

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 **α_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 **φ_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.

Risultati analisi

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

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni statiche che sismiche.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
 - Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
 - Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)
- Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

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	[%]

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ _R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ _R	1.10	1.20

Si illustra successivamente il modello geotecnico schematico di **progetto degli strati di sottosuolo**, utilizzato ai fini delle verifiche di stabilità e derivante dalla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo indagato:

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

γ Peso di volume del terreno espresso in kN/mc

γ_w Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc

ϕ Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi

c Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa

ϕ_u Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi

c_u Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	RIPORTO	18,00	20,00	23.00	5,0
2	T. NATURALE	18,50	20,50	35.00	15,0

Al fine di accertare la stabilità globale del pendio è stata eseguita analiticamente una verifica di stabilità mediante software di calcolo STAP FULL 16.0 di AZTEC Informatica – vers. 16.01D sotto le seguenti ipotesi.

- la verifica è stata eseguita utilizzando il modello geotecnico sopracitato;
- la verifica è stata eseguita ipotizzando delle superfici di scorrimento di forma circolare e analizzando più maglie di centri di rotazione e raggi;
- le verifiche sono state eseguite in termini di tensioni efficaci – a lungo termine – sia nelle condizioni statiche che sismiche;
- le verifiche sono state eseguite in assenza di falda - come risulta dalla relazione “Nuovo impianto idroelettrico sul torrente Scoltenna - Località Mulino Camatti” (Rif.594-23);

Le opere di sostegno in massi ciclopici cementati, sono state modellate da **muri di sostegno in cemento armato con geometria desunta dalle sezioni di progetto.**

ANALISI SEZIONE 1-1

La verifica ha identificato un **fattore di sicurezza minimo del valore $F_s=1.801$ per le condizioni A2M2 SLV H-V, superiore al valore di $FS=1.2$** imposto come soglia di sicurezza dalla normativa tecnica nazionale NTC 2018 indicativo di sufficiente stabilità nelle condizioni sismiche.

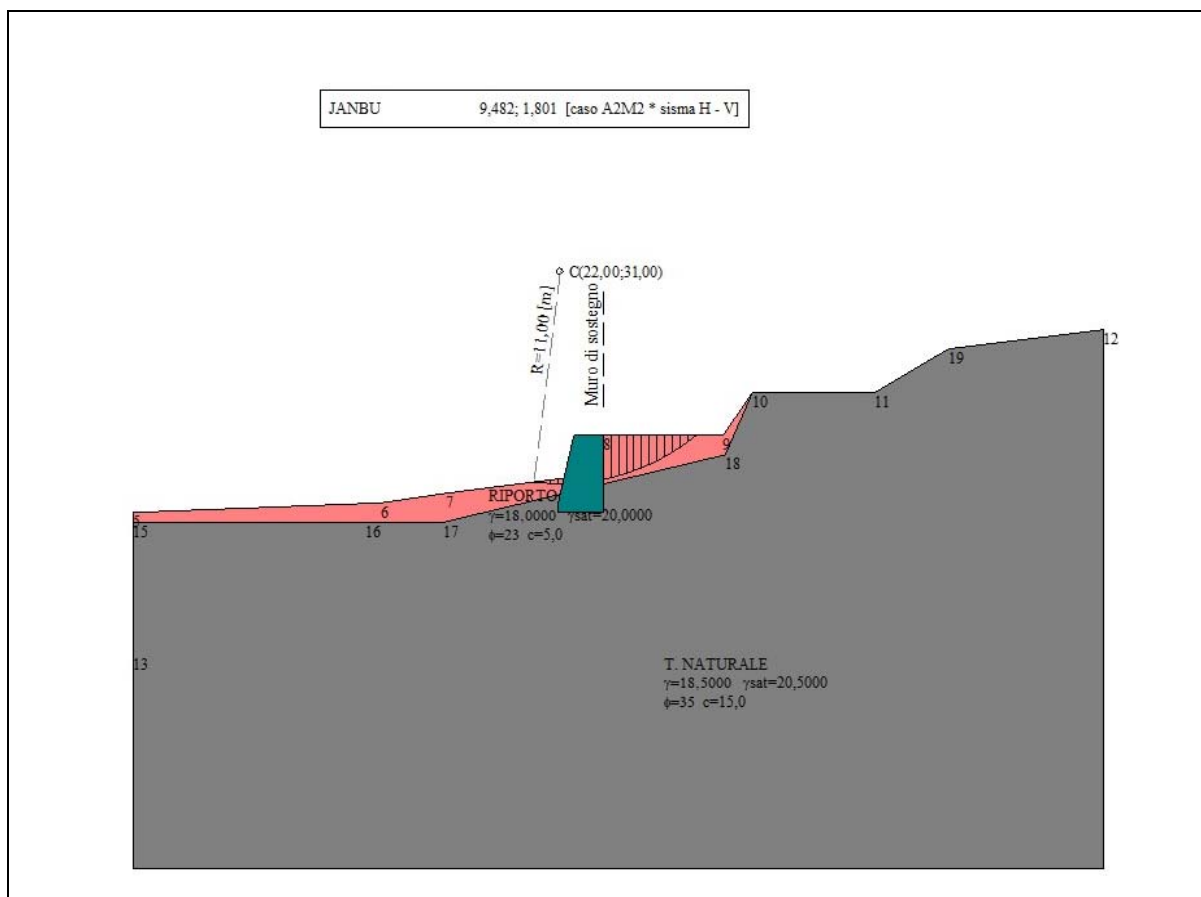
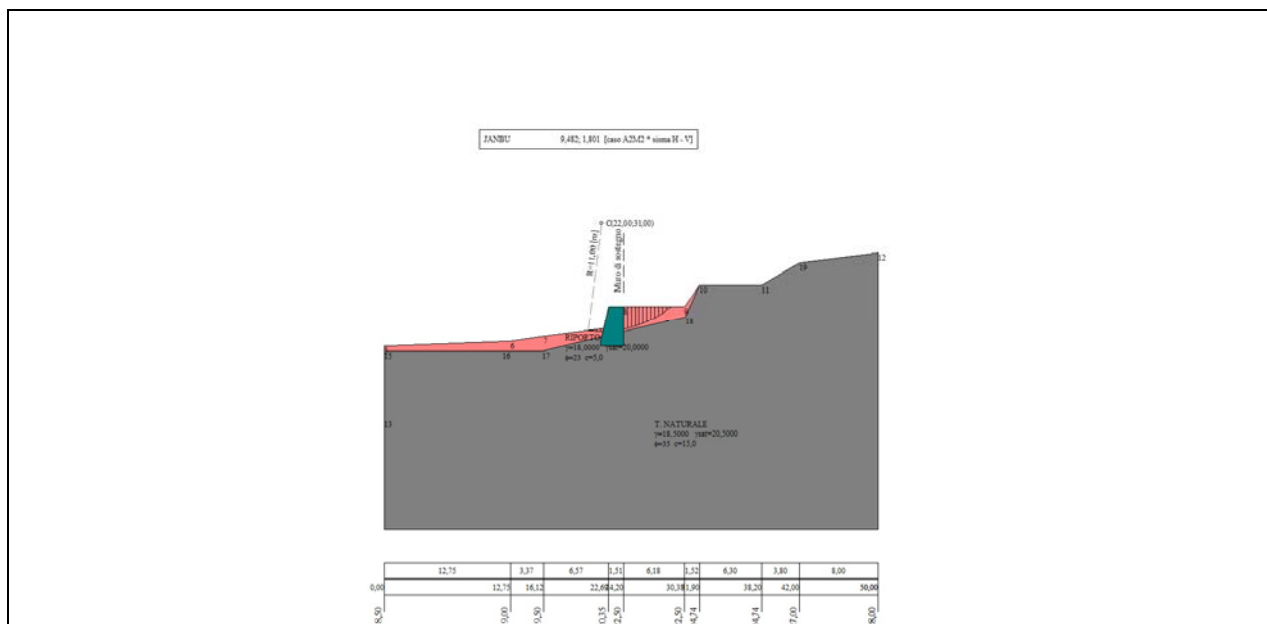
ANALISI SEZIONE 2-2

La verifica ha identificato un **fattore di sicurezza minimo del valore $F_s=1.302$ per le condizioni A2M2 SLV H-V, superiore al valore di $FS=1.2$** imposto come soglia di sicurezza dalla normativa tecnica nazionale NTC 2018 indicativo di sufficiente stabilità nelle condizioni sismiche.

ANALISI SEZIONE 3-3

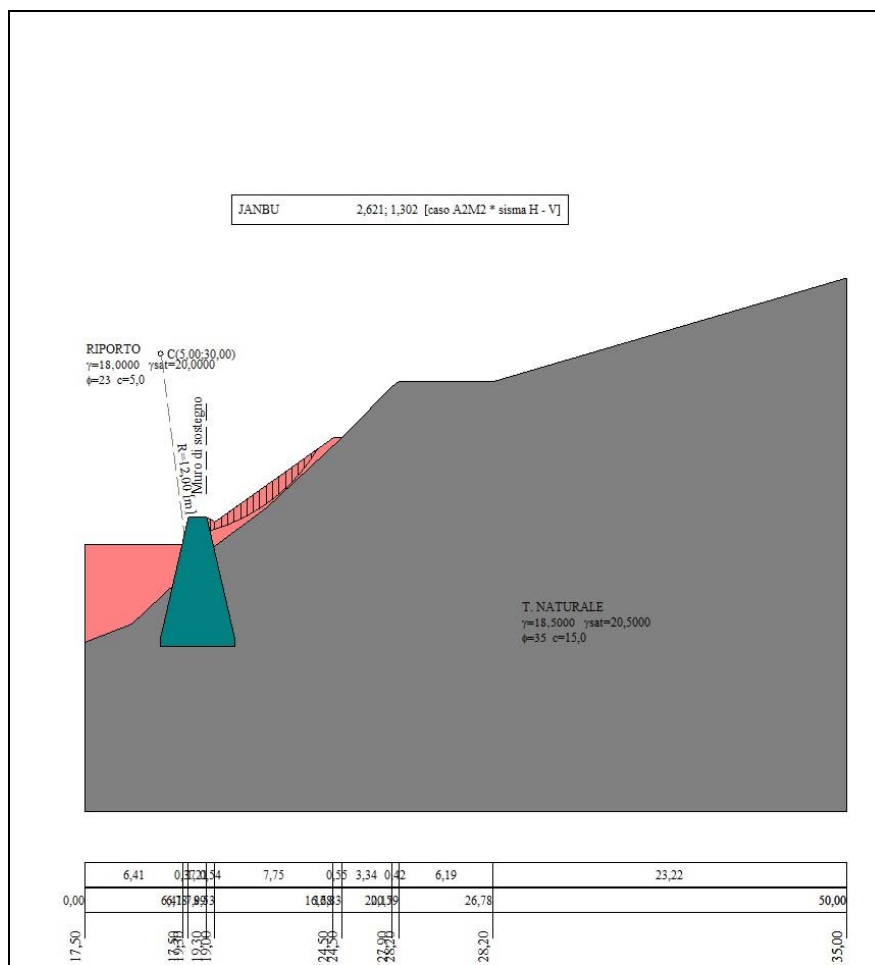
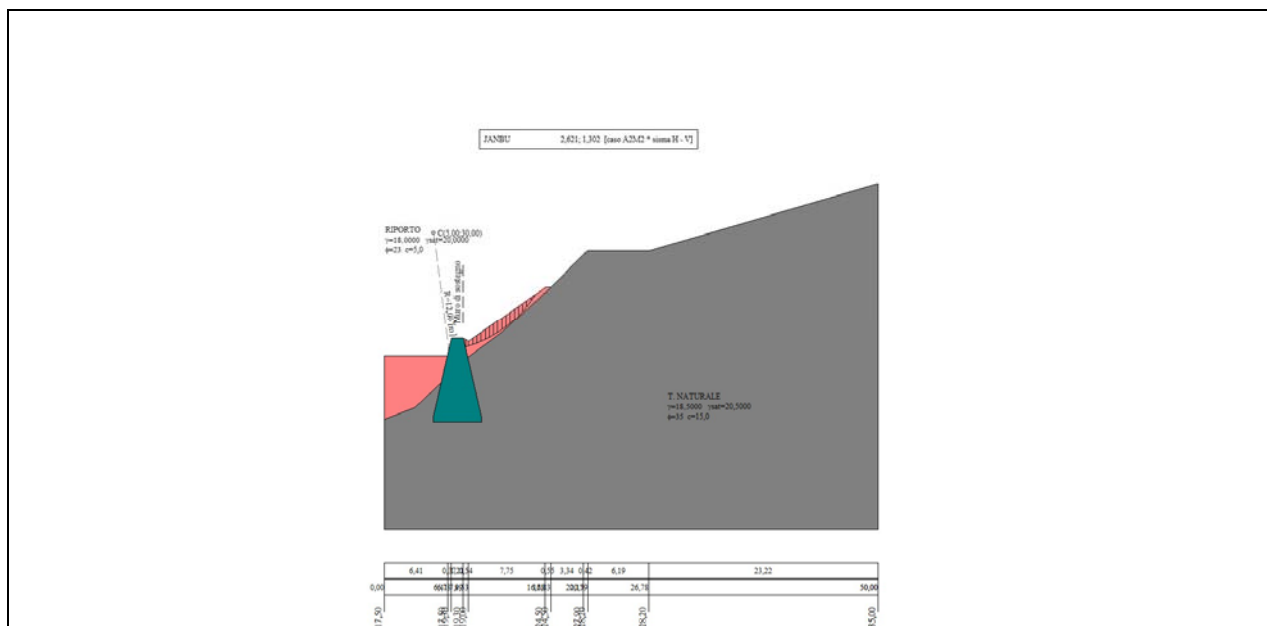
La verifica ha identificato un **fattore di sicurezza minimo del valore $F_s=1.152$ per le condizioni A2M2, di poco superiore al valore di $FS=1.1$** imposto come soglia di sicurezza dalla normativa tecnica nazionale NTC 2018 indicativo di sufficiente stabilità nelle condizioni statiche.

ANALISI SEZIONE 1-1

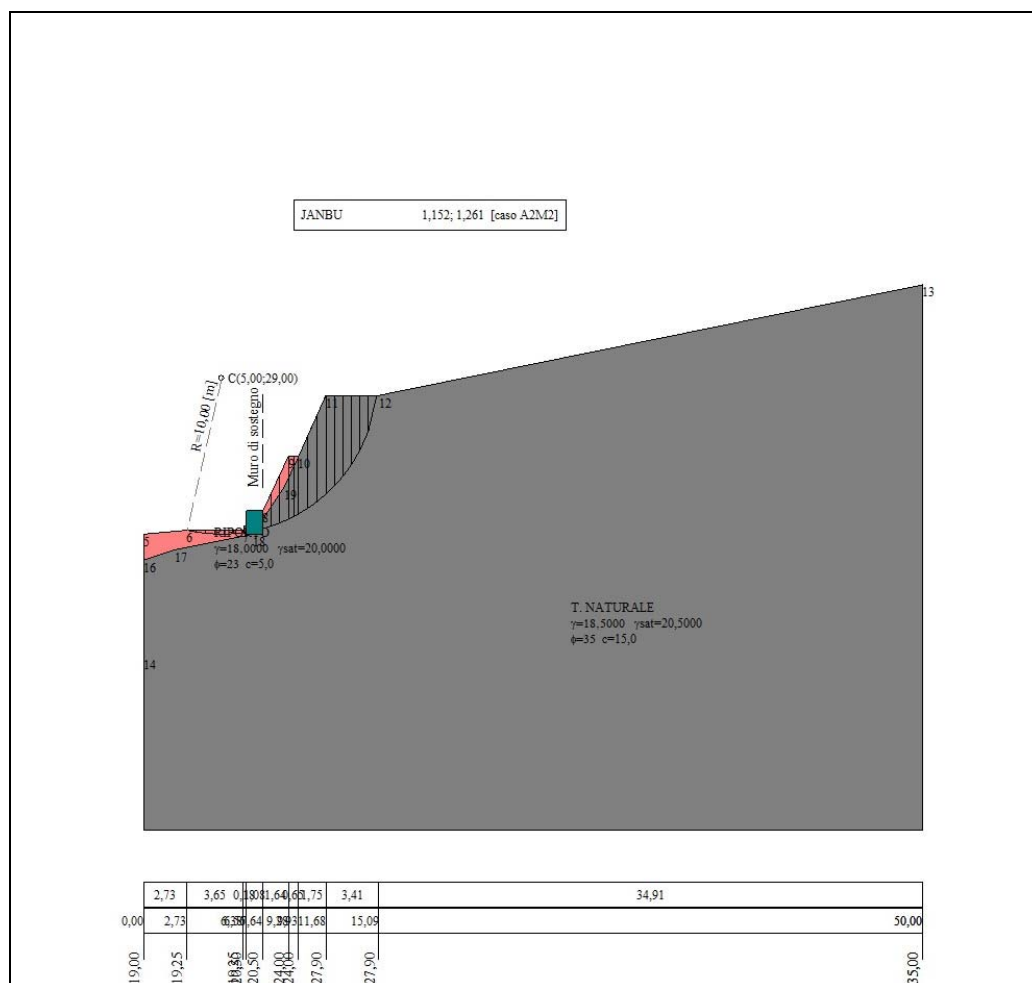


Superficie di scivolamento che ha fornito il fattore di sicurezza minimo.

ANALISI SEZIONE 2-2



Superficie di scivolamento che ha fornito il fattore di sicurezza minimo.

[illegible]

GEO GROUP S.R.L. Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
via Padova 160 - 41125 Modena - Tel. **059/39.67.169** - fax **059/59.60.176** - E-mail: **info@geogroupmodena.it**

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base dei dati a disposizione, in relazione alla bibliografia geologica esistente dell'area in studio, si può affermare quanto segue:

- È in progetto la sistemazione di un pendio posto a monte di un'opera in progetto (mini centrale idroelettrica), mediante la realizzazione di un'opera di sostegno in massi ciclopici cementati;
- l'area in cui è situato il pendio risulta interessata da un corpo di frana quiescente;
- è stata eseguita una verifica di stabilità del pendio (post-operam) su tre sezioni di progetto, al fine di valutare il suo fattore di sicurezza (condizioni a lungo termine). La verifica ha identificato per il pendio in esame i seguenti fattori di sicurezza:

SEZIONE DI PROGETTO	FATTORE DI SICUREZZA OTTENUTO	CONDIZIONI	FATTORI DI SICUREZZA MINIMI
1-1	1.801	A2M2 SLV H-V	1.2
2-2	1.302	A2M2 SLV H-V	1.2
3-3	1.152	A2M2	1.1

tali fattori di sicurezza risultano tutti superiori alla soglia di sicurezza minima imposta dalla normativa tecnica nazionale NTC 2018 per quanto riguarda i fronti di scavo.

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 29 Aprile 2025

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

Tavole

160, via Padova 41125 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

[illegible]

Scala 1: 25000

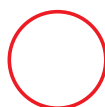


○ Area di interesse

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
160, via Padova 41125 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: info@geogroupmodena.it

[illegible]

Scala 1: 10000



Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

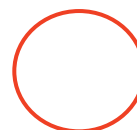
Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
160, via Padova 41125 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it



Tav. n. 3 “Ripresa fotografica aerea” (tratta da Google Maps) **Scala grafica**

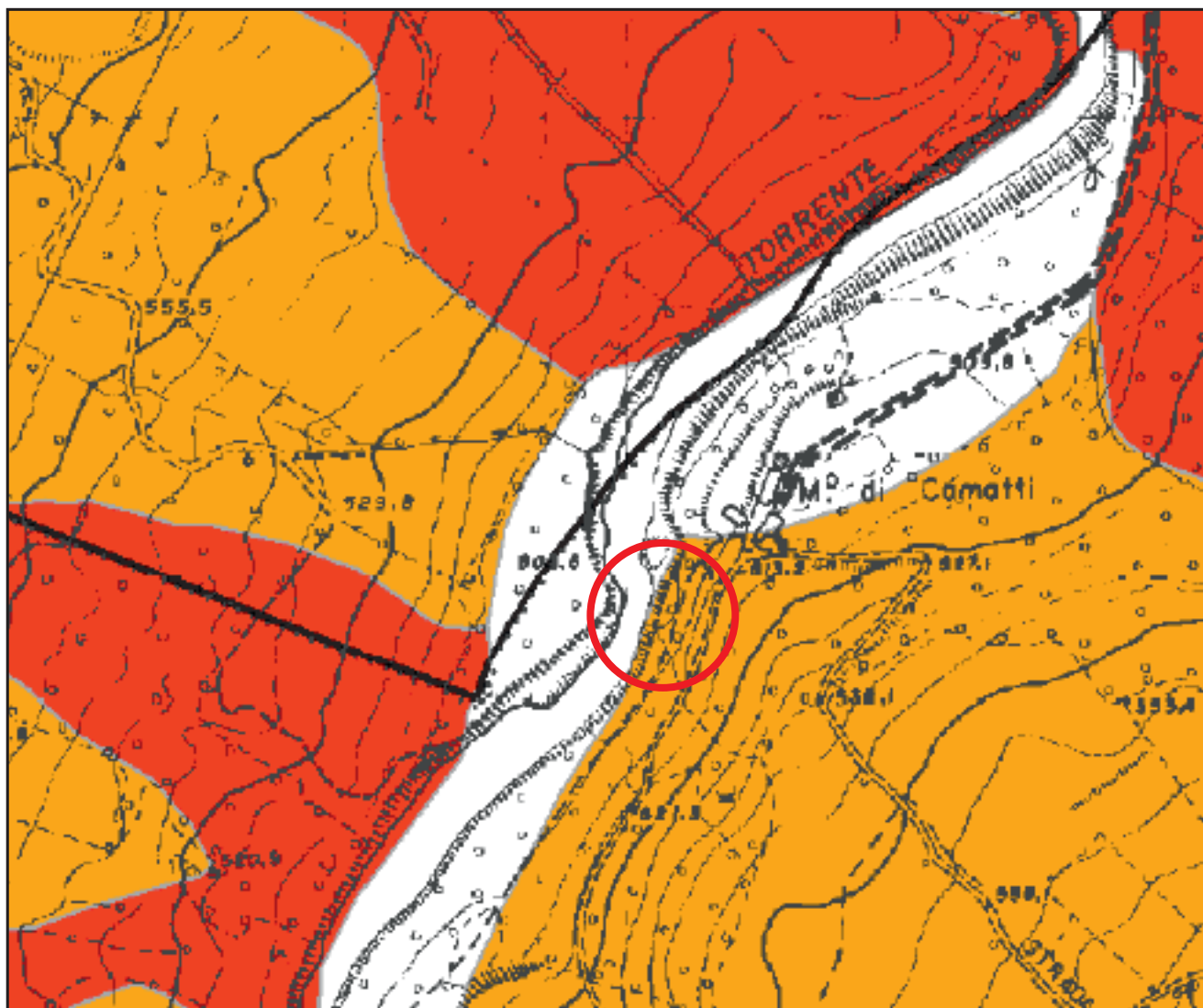
Legenda

Area di interesse



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
160, via Padova 41125 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it















Tav. n. 5 “Carta del dissesto” Scala grafica

Legenda



Area di interesse



Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità				
			Aree interessate da frane attive	Art. 15
			Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità				
			Aree potenzialmente instabili	Art. 16
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato				
	Codice scheda 2.1.1 NR	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTGR)		Art. 17
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato		Art. 18A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)		Art. 18B

LIMITI AMMINISTRATIVI

----- Limite di Regione

- - - - - Limite di Provincia

———— Limite di Comune

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALL N. 1 - STABILITA' DEL PENDIO

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

SEZIONE1-1

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 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Descrizione metodo di calcolo

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

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
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	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
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	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:

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

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 α_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 ϕ_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.

DatiDescrizione terreno*Simbologia adottata**Nr.* Indice del terreno*Descrizione* Descrizione terreno γ Peso di volume del terreno espresso in kN/mc γ_w Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc ϕ Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi c Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa ϕ_u Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi c_u Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	RIPORTO	18,00	20,00	23.00	5,0
2	T. NATURALE	18,50	20,50	35.00	15,0

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	18,50
2	12,75	19,00
3	16,12	19,50
4	22,69	20,35
5	24,20	22,50
6	30,38	22,50
7	31,90	24,74
8	38,20	24,74
9	42,00	27,00
10	50,00	28,00

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° 2 (T. NATURALE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	18,00
2	0,00	11,10

n°	X	Y
	[m]	[m]
3	0,00	0,00
4	50,00	0,00
5	50,00	28,00
6	42,00	27,00
7	38,20	24,74
8	31,90	24,74
9	30,50	21,50
10	16,00	18,00
11	12,00	18,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (RIPORTO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	31,90	24,74
2	30,38	22,50
3	24,20	22,50
4	22,69	20,35
5	16,12	19,50
6	12,75	19,00
7	0,00	18,50
8	0,00	18,00
9	12,00	18,00
10	16,00	18,00
11	30,50	21,50

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Muro di sostegno - Muro di sostegno

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	24,20	m
Altezza paramento	3,50	m
Spessore in testa	1,50	m
Inclinazione esterna	13,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	2,31	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	2,31	m
Spessore fondazione	0,50	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	24517	kPa
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	2,00	m

Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.646	0.000
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.168	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.500	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.294	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s			0.240	0.240
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	4.83	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.42	0.00

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	7.65	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	3.83	0.00

Dati normativaNormativa :**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs fav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs fav}$	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	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

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]	$X_0 = -4,00$	$Y_0 = 17,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio	[m]	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

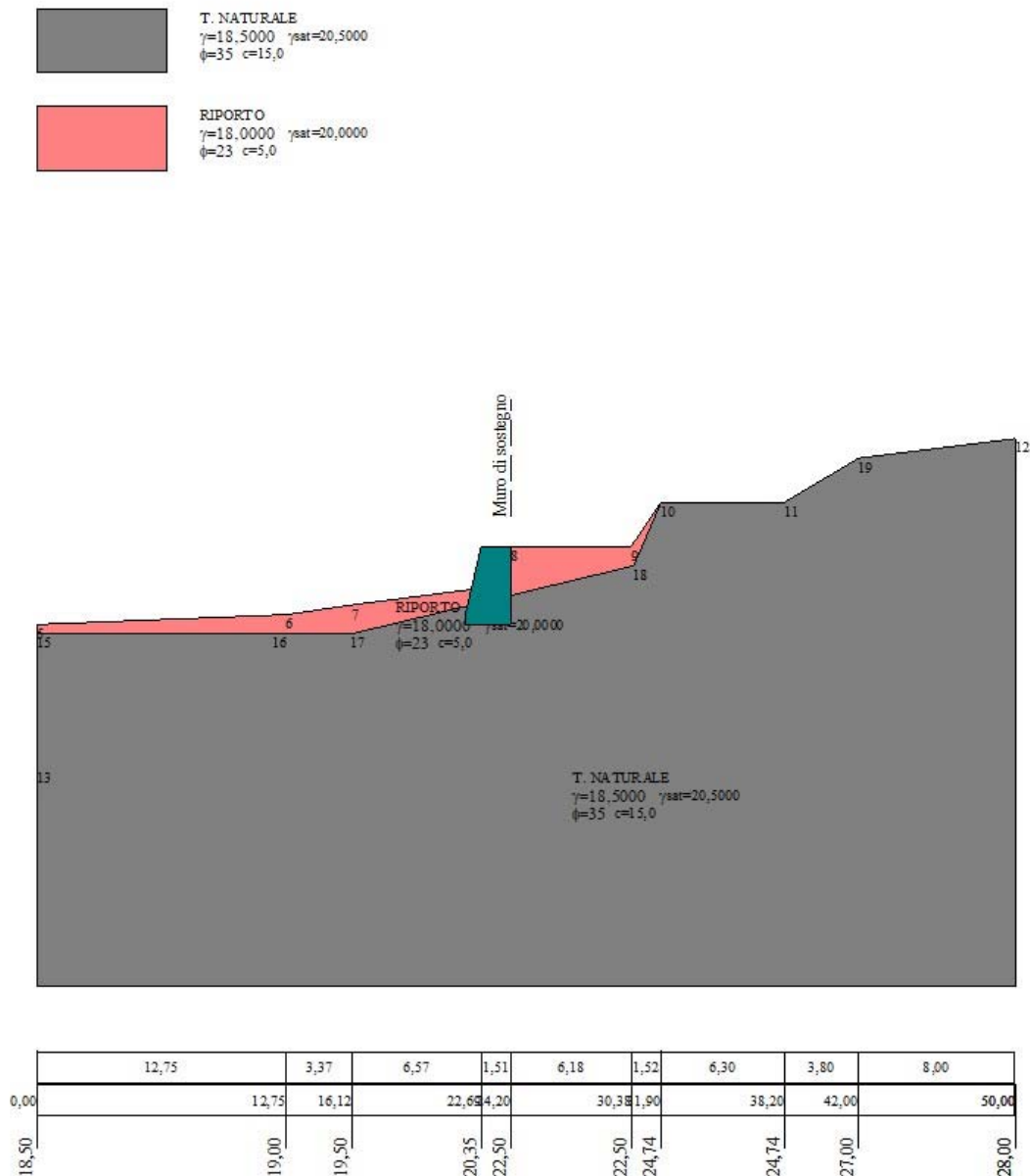


Fig. 1 - Profilo

Opzioni di calcolo

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

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

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

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

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	9810
Coefficiente di sicurezza minimo	1.801
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	9810	1.801	1	37.729	9810

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

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	22,00	31,00	11,00	20,64	28,98	7,57	1,801 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
42	C	24,00	39,00	18,50	24,20	35,79	17,75	2,360 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
152	C	24,00	31,00	12,50	18,45	34,82	38,32	2,856 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V

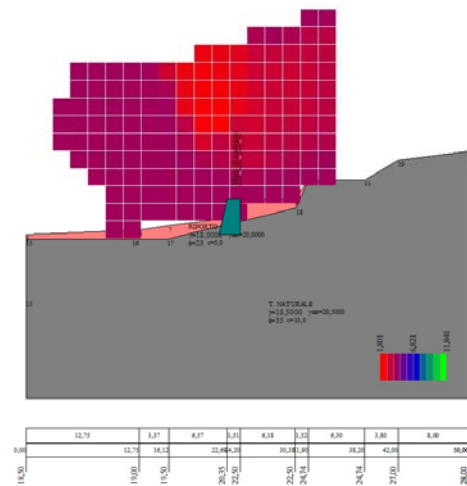


Fig. 2 - Mappa fattori di sicurezza - JANBU

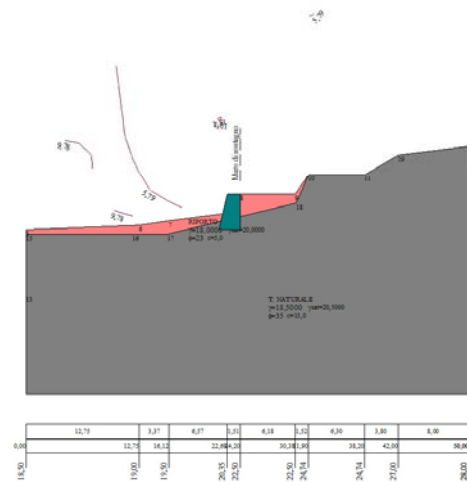


Fig. 3 - Curve di livello - JANBU

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_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

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

ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kN
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kN
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kN
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

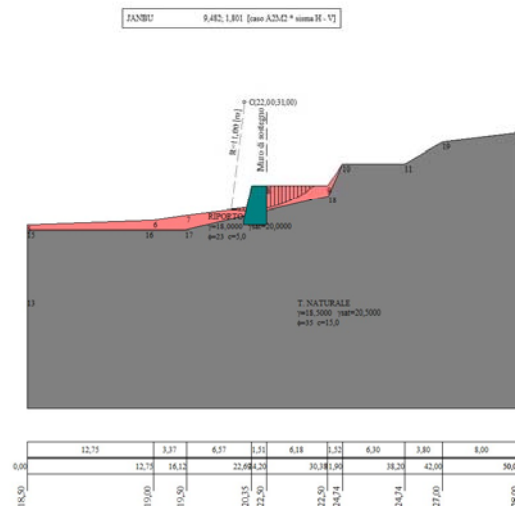


Fig. 4 - Superficie di rottura (Superficie n° 1)

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 22,00	Y[m]= 31,00
Raggio del cerchio	R[m]= 11,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 20,64	Y _v [m]= 20,08
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 28,98	Y _m [m]= 22,50

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	20,64	20,08	20,08	21,05	20,14	20,04	20,91	20,09	0,41	-6,04	23,00	5,0
2	21,05	20,14	20,04	21,46	20,19	20,01	21,27	20,10	0,41	-3,89	23,00	5,0
3	21,46	20,19	20,01	21,87	20,24	20,00	21,67	20,11	0,41	-1,75	23,00	5,0
4	21,87	20,24	20,00	22,28	20,30	20,00	22,08	20,14	0,41	0,39	23,00	5,0
5	22,28	20,30	20,00	22,69	20,35	20,02	22,49	20,17	0,41	2,53	23,00	5,0
6	22,69	20,35	20,02	22,80	20,50	20,03	22,75	20,23	0,11	3,87	23,00	5,0

N°	X _s	Y _{ss}	Y _{si}	X _d	Y _{ds}	Y _{di}	X _g	Y _g	L	α	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[kPa]
7	22,80	20,50	20,03	23,15	20,50	20,06	22,97	20,27	0,35	5,06	23,00	5,0
8	23,15	20,50	20,06	23,50	20,50	20,10	23,32	20,29	0,35	6,90	23,00	5,0
9	23,50	20,50	20,10	23,85	20,50	20,16	23,67	20,31	0,36	8,75	23,00	5,0
10	23,85	20,50	20,16	24,20	20,50	20,22	24,02	20,34	0,36	10,61	23,00	5,0
11	24,20	22,50	20,22	24,60	22,50	20,31	24,40	21,38	0,41	12,60	23,00	5,0
12	24,60	22,50	20,31	25,00	22,50	20,42	24,80	21,43	0,41	14,74	23,00	5,0
13	25,00	22,50	20,42	25,40	22,50	20,54	25,19	21,49	0,42	16,90	23,00	5,0
14	25,40	22,50	20,54	25,79	22,50	20,68	25,59	21,55	0,42	19,08	23,00	5,0
15	25,79	22,50	20,68	26,19	22,50	20,83	25,99	21,63	0,43	21,29	23,00	5,0
16	26,19	22,50	20,83	26,59	22,50	21,00	26,39	21,71	0,43	23,54	23,00	5,0
17	26,59	22,50	21,00	26,99	22,50	21,20	26,79	21,80	0,44	25,82	23,00	5,0
18	26,99	22,50	21,20	27,39	22,50	21,41	27,18	21,90	0,45	28,15	23,00	5,0
19	27,39	22,50	21,41	27,79	22,50	21,65	27,58	22,01	0,46	30,53	23,00	5,0
20	27,79	22,50	21,65	28,19	22,50	21,90	27,97	22,13	0,48	32,98	23,00	5,0
21	28,19	22,50	21,90	28,58	22,50	22,19	28,36	22,27	0,49	35,49	23,00	5,0
22	28,58	22,50	22,19	28,98	22,50	22,50	28,72	22,40	0,51	38,08	23,00	5,0

Metodo di **JANBU**

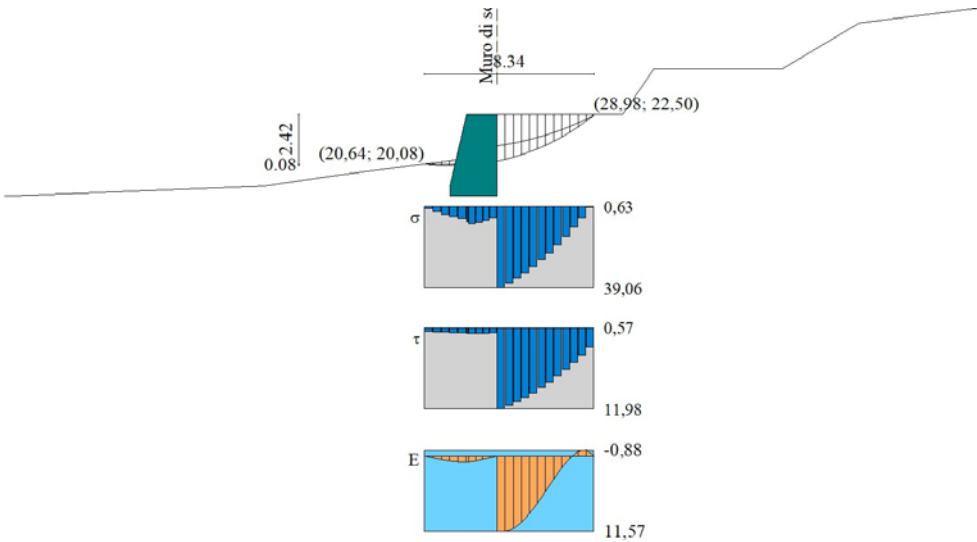


Fig. 5 - Forze di interstriscia (Superficie n° 1)

Coefficiente di sicurezza senza interventi $C_s = 1.801$

Superficie	Resistenza	% usata	Fs
	[kN]	[%]	
1	0,00	0.00	9.482
2	117,00	0.00	1.801

Forze applicate sulle strisce

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	0,36	0,00	0,40	0,24	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	--
2	1,01	0,00	1,07	0,26	0,00	0,25	0,51	0,00	0,00	--
3	1,55	0,00	1,62	0,29	0,00	0,51	0,73	0,00	0,00	--

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
4	1,98	0,00	2,05	0,31	0,00	0,73	0,87	0,00	0,00	--
5	2,30	0,00	2,37	0,32	0,00	0,87	0,91	0,00	0,00	--
6	0,76	0,00	0,78	0,09	0,00	0,91	0,89	0,00	0,00	--
7	2,88	0,00	2,97	0,32	0,00	0,89	0,73	0,00	0,00	--
8	2,65	0,00	2,73	0,31	0,00	0,73	0,50	0,00	0,00	--
9	2,34	0,00	2,41	0,30	0,00	0,50	0,25	0,00	0,00	--
10	1,96	0,00	2,02	0,28	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	--
11	16,02	0,00	15,95	4,89	0,00	11,50	11,57	0,00	0,00	2
12	15,32	0,00	15,21	4,73	0,00	11,57	11,10	0,00	0,00	--
13	14,51	0,00	14,37	4,54	0,00	11,10	10,17	0,00	0,00	--
14	13,59	0,00	13,43	4,33	0,00	10,17	8,83	0,00	0,00	--
15	12,53	0,00	12,37	4,10	0,00	8,83	7,21	0,00	0,00	--
16	11,35	0,00	11,18	3,84	0,00	7,21	5,39	0,00	0,00	--
17	10,04	0,00	9,86	3,55	0,00	5,39	3,53	0,00	0,00	--
18	8,58	0,00	8,38	3,23	0,00	3,53	1,77	0,00	0,00	--
19	6,98	0,00	6,72	2,87	0,00	1,77	0,29	0,00	0,00	--
20	5,21	0,00	4,85	2,46	0,00	0,29	-0,68	0,00	0,00	--
21	3,26	0,00	2,73	2,00	0,00	-0,68	-0,88	0,00	0,00	--
22	1,12	0,00	0,32	1,48	0,00	-0,88	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 42

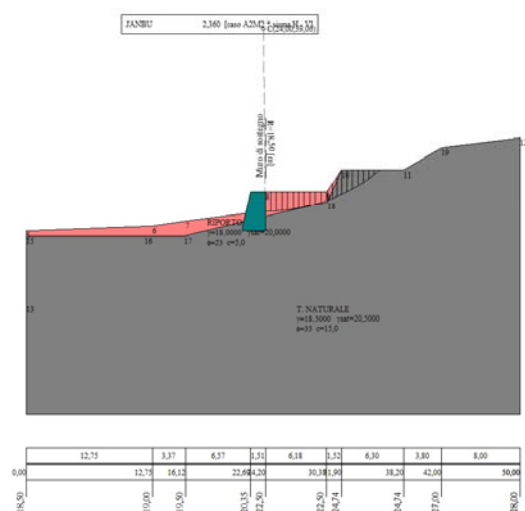


Fig. 6 - Superficie di rottura (Superficie n° 42)

Analisi della superficie 42 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 24,00	Y[m]= 39,00
Raggio del cerchio	R[m]= 18,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 24,20	Y _v [m]= 20,50
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 35,79	Y _m [m]= 24,74

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	24,20	22,50	20,50	24,76	22,50	20,52	24,48	21,50	0,56	1,49	23,00	5,0
2	24,76	22,50	20,52	25,32	22,50	20,55	25,04	21,52	0,56	3,23	23,00	5,0
3	25,32	22,50	20,55	25,89	22,50	20,60	25,60	21,54	0,56	4,98	23,00	5,0
4	25,89	22,50	20,60	26,45	22,50	20,66	26,16	21,56	0,57	6,73	23,00	5,0
5	26,45	22,50	20,66	27,01	22,50	20,75	26,73	21,60	0,57	8,48	23,00	5,0
6	27,01	22,50	20,75	27,57	22,50	20,85	27,29	21,65	0,57	10,25	23,00	5,0
7	27,57	22,50	20,85	28,13	22,50	20,97	27,85	21,70	0,57	12,02	23,00	5,0
8	28,13	22,50	20,97	28,69	22,50	21,11	28,41	21,77	0,58	13,80	23,00	5,0
9	28,69	22,50	21,11	29,26	22,50	21,26	28,97	21,84	0,58	15,60	23,00	5,0
10	29,26	22,50	21,26	29,82	22,50	21,44	29,53	21,92	0,59	17,42	23,00	5,0
11	29,82	22,50	21,44	30,38	22,50	21,63	30,09	22,02	0,60	19,25	23,00	5,0
12	30,38	22,50	21,63	30,50	22,68	21,68	30,44	22,12	0,13	20,37	23,00	5,0
13	30,50	22,68	21,68	30,97	23,36	21,86	30,75	22,41	0,50	21,35	32,60	13,0
14	30,97	23,36	21,86	31,43	24,05	22,06	31,21	22,84	0,51	22,91	35,00	15,0
15	31,43	24,05	22,06	31,90	24,74	22,27	31,67	23,29	0,51	24,48	35,00	15,0
16	31,90	24,74	22,27	32,46	24,74	22,55	32,17	23,57	0,62	26,24	35,00	15,0
17	32,46	24,74	22,55	33,01	24,74	22,84	32,73	23,72	0,63	28,17	35,00	15,0
18	33,01	24,74	22,84	33,57	24,74	23,16	33,28	23,87	0,64	30,14	35,00	15,0
19	33,57	24,74	23,16	34,12	24,74	23,51	33,83	24,04	0,66	32,15	35,00	15,0
20	34,12	24,74	23,51	34,68	24,74	23,89	34,38	24,22	0,67	34,20	35,00	15,0
21	34,68	24,74	23,89	35,23	24,74	24,30	34,92	24,41	0,69	36,31	35,00	15,0
22	35,23	24,74	24,30	35,79	24,74	24,74	35,42	24,59	0,71	38,48	35,00	15,0

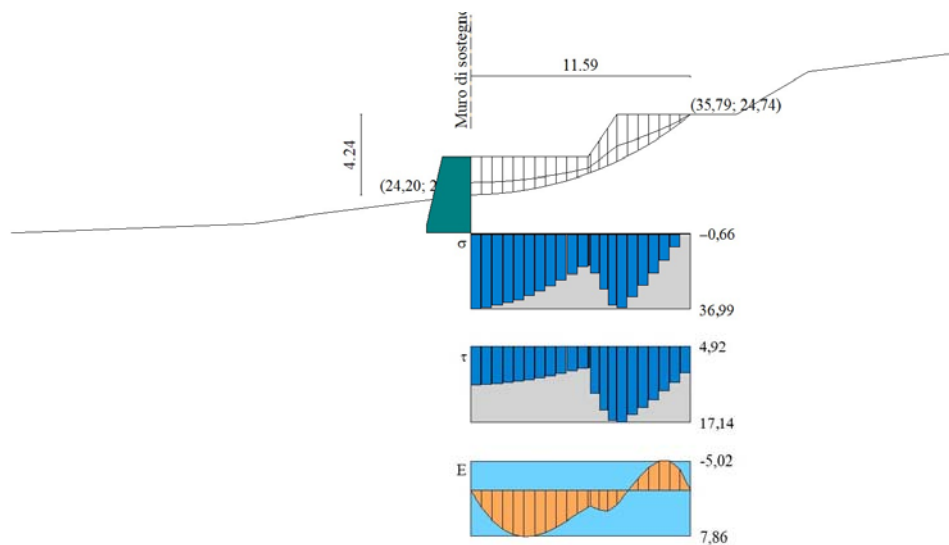
Metodo di **JANBU**

Fig. 7 - Forze di interstriscia (Superficie n° 42)

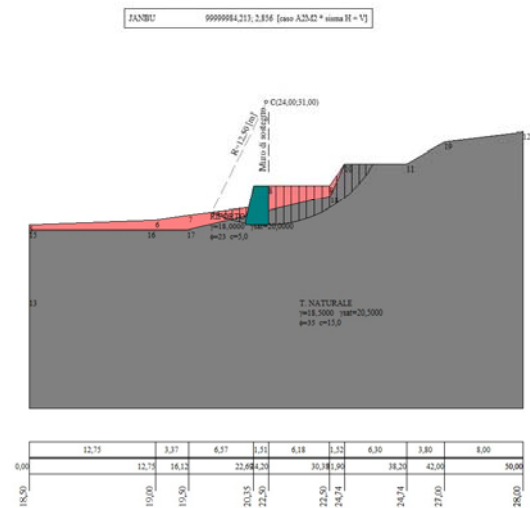
Coefficiente di sicurezza senza interventi $C_s = 2.360$

Superficie	Resistenza [kN]	% usata [%]	Fs
1	100,69	0.00	2.360

Forze applicate sulle strisce

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	20,14	0,00	20,79	4,93	0,00	0,00	2,85	0,00	0,00	1
2	19,91	0,00	20,43	4,87	0,00	2,85	5,03	0,00	0,00	--
3	19,50	0,00	19,91	4,78	0,00	5,03	6,57	0,00	0,00	--
4	18,92	0,00	19,23	4,66	0,00	6,57	7,50	0,00	0,00	--
5	18,16	0,00	18,39	4,51	0,00	7,50	7,86	0,00	0,00	--
6	17,22	0,00	17,39	4,34	0,00	7,86	7,72	0,00	0,00	--
7	16,10	0,00	16,21	4,13	0,00	7,72	7,15	0,00	0,00	--
8	14,80	0,00	14,86	3,90	0,00	7,15	6,26	0,00	0,00	--
9	13,31	0,00	13,33	3,63	0,00	6,26	5,16	0,00	0,00	--
10	11,62	0,00	11,60	3,33	0,00	5,16	3,98	0,00	0,00	--
11	9,74	0,00	9,66	3,00	0,00	3,98	2,88	0,00	0,00	--
12	2,01	0,00	1,99	0,63	0,00	2,88	2,62	0,00	0,00	--
13	10,57	0,00	9,68	5,38	0,00	2,62	3,30	0,00	0,00	--
14	14,95	0,00	13,77	7,31	0,00	3,30	3,53	0,00	0,00	--
15	19,21	0,00	18,00	8,60	0,00	3,53	2,43	0,00	0,00	--
16	23,94	0,00	22,49	10,61	0,00	2,43	0,17	0,00	0,00	--
17	21,01	0,00	19,51	9,79	0,00	0,17	-2,02	0,00	0,00	--
18	17,83	0,00	16,24	8,90	0,00	-2,02	-3,84	0,00	0,00	--
19	14,39	0,00	12,66	7,92	0,00	-3,84	-4,97	0,00	0,00	--
20	10,66	0,00	8,72	6,85	0,00	-4,97	-5,02	0,00	0,00	--
21	6,62	0,00	4,37	5,67	0,00	-5,02	-3,54	0,00	0,00	--
22	2,27	0,00	-0,47	4,37	0,00	-3,54	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 152



Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m] = 34,82$ $Y_m[m] = 24,74$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_g [m]	Y_g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]
1	18,45	19,80	19,80	19,15	19,89	19,48	18,92	19,72	0,78	-24,59	23,00	5,0
2	19,15	19,89	19,48	19,86	19,98	19,20	19,54	19,64	0,76	-21,07	23,00	5,0
3	19,86	19,98	19,20	20,57	20,08	18,98	20,23	19,56	0,74	-17,63	26,72	8,1
4	20,57	20,08	18,98	21,28	20,17	18,80	20,94	19,51	0,73	-14,26	35,00	15,0
5	21,28	20,17	18,80	21,98	20,26	18,66	21,64	19,47	0,72	-10,94	35,00	15,0
6	21,98	20,26	18,66	22,69	20,35	18,57	22,34	19,46	0,71	-7,65	35,00	15,0
7	22,69	20,35	18,57	22,80	20,50	18,56	22,74	19,49	0,11	-5,77	35,00	15,0
8	22,80	20,50	18,56	23,50	20,50	18,51	23,15	19,52	0,70	-3,92	35,00	15,0
9	23,50	20,50	18,51	24,20	20,50	18,50	23,85	19,50	0,70	-0,69	35,00	15,0
10	24,20	22,50	18,50	24,97	22,50	18,54	24,59	20,51	0,77	2,69	35,00	15,0
11	24,97	22,50	18,54	25,74	22,50	18,62	25,36	20,54	0,78	6,24	35,00	15,0
12	25,74	22,50	18,62	26,52	22,50	18,76	26,13	20,59	0,78	9,82	35,00	15,0
13	26,52	22,50	18,76	27,29	22,50	18,94	26,90	20,67	0,79	13,44	35,00	15,0
14	27,29	22,50	18,94	28,06	22,50	19,18	27,67	20,78	0,81	17,11	35,00	15,0
15	28,06	22,50	19,18	28,84	22,50	19,47	28,44	20,91	0,83	20,86	35,00	15,0
16	28,84	22,50	19,47	29,61	22,50	19,83	29,21	21,07	0,85	24,70	35,00	15,0
17	29,61	22,50	19,83	30,38	22,50	20,25	29,98	21,27	0,88	28,67	35,00	15,0
18	30,38	22,50	20,25	31,14	23,62	20,74	30,78	21,79	0,90	32,76	35,00	15,0
19	31,14	23,62	20,74	31,90	24,74	21,31	31,53	22,62	0,95	37,02	35,00	15,0
20	31,90	24,74	21,31	32,63	24,74	21,96	32,25	23,18	0,97	41,43	35,00	15,0
21	32,63	24,74	21,96	33,36	24,74	22,71	32,98	23,53	1,05	46,07	35,00	15,0
22	33,36	24,74	22,71	34,09	24,74	23,62	33,69	23,93	1,16	51,15	35,00	15,0
23	34,09	24,74	23,62	34,82	24,74	24,74	34,33	24,37	1,34	56,88	35,00	15,0

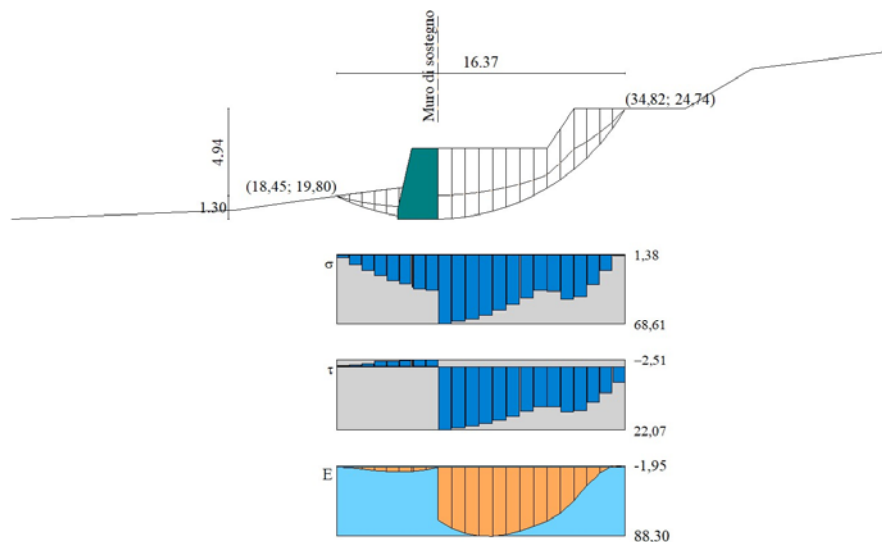
Metodo di JANBU

Fig. 9 - Forze di interstriscia (Superficie n° 152)

Coefficiente di sicurezza senza interventi $C_s = 2.856$

Superficie	Resistenza	% usata	Fs
	[kN]	[%]	
2	135,07	0.00	2.856

Forze applicate sulle strisce

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	2,64	0,00	2,65	-0,32	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	--
2	7,60	0,00	7,66	-0,45	0,00	0,61	2,37	0,00	0,00	--
3	11,94	0,00	11,80	-0,76	0,00	2,37	4,31	0,00	0,00	--
4	15,77	0,00	15,30	-1,37	0,00	4,31	5,54	0,00	0,00	--
5	19,07	0,00	18,39	-1,50	0,00	5,54	6,10	0,00	0,00	--
6	21,81	0,00	20,95	-1,61	0,00	6,10	5,63	0,00	0,00	--
7	3,59	0,00	3,44	-0,25	0,00	5,63	5,45	0,00	0,00	--
8	25,27	0,00	24,24	-1,74	0,00	5,45	3,43	0,00	0,00	--
9	25,70	0,00	24,69	-1,76	0,00	3,43	0,00	0,00	0,00	--
10	55,95	0,00	53,06	17,07	0,00	67,36	77,64	0,00	0,00	2
11	55,15	0,00	51,53	16,71	0,00	77,64	84,43	0,00	0,00	--
12	53,67	0,00	49,56	16,27	0,00	84,43	87,90	0,00	0,00	--
13	51,46	0,00	47,13	15,72	0,00	87,90	88,30	0,00	0,00	--
14	48,52	0,00	44,18	15,08	0,00	88,30	85,99	0,00	0,00	--
15	44,79	0,00	40,64	14,30	0,00	85,99	81,46	0,00	0,00	--
16	40,22	0,00	36,41	13,39	0,00	81,46	75,33	0,00	0,00	--
17	34,73	0,00	31,34	12,31	0,00	75,33	68,44	0,00	0,00	--
18	35,70	0,00	32,63	12,75	0,00	68,44	58,76	0,00	0,00	--
19	44,22	0,00	41,77	15,24	0,00	58,76	42,40	0,00	0,00	--
20	41,93	0,00	40,51	15,04	0,00	42,40	23,67	0,00	0,00	--
21	32,46	0,00	31,30	13,20	0,00	23,67	7,80	0,00	0,00	--
22	21,23	0,00	19,14	10,80	0,00	7,80	-1,95	0,00	0,00	--
23	7,55	0,00	1,85	7,47	0,00	-1,95	0,00	0,00	0,00	--

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

SEZIONE2-2

DatiDescrizione terreno*Simbologia adottata**Nr.* Indice del terreno*Descrizione* Descrizione terreno γ Peso di volume del terreno espresso in kN/mc γ_w Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc ϕ Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi c Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa ϕ_u Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi c_u Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	RIPORTO	18,00	20,00	23.00	5,0
2	T. NATURALE	18,50	20,50	35.00	15,0

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	17,50
2	6,41	17,50
3	6,78	19,30
4	7,99	19,30
5	8,53	19,00
6	16,28	24,50
7	16,83	24,50
8	20,17	27,90
9	20,59	28,20
10	26,78	28,20
11	50,00	35,00

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° 2 (T. NATURALE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	11,10

n°	X	Y
	[m]	[m]
2	0,00	0,00
3	50,00	0,00
4	50,00	35,00
5	26,78	28,20
6	20,59	28,20
7	20,17	27,90
8	16,83	24,50
9	12,00	20,00
10	8,65	17,50
11	3,08	12,30

Strato N° **2** costituito da terreno n° 1 (RIPORTO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	16,83	24,50
2	16,28	24,50
3	8,53	19,00
4	7,99	19,30
5	6,78	19,30
6	6,41	17,50
7	0,00	17,50
8	0,00	11,10
9	3,08	12,30
10	8,65	17,50
11	12,00	20,00

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Muro di sostegno - Muro di sostegno

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	7,99	m
Altezza paramento	8,00	m
Spessore in testa	1,20	m
Inclinazione esterna	13,000	
Inclinazione interna	13,000	
Spessore alla base	4,89	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	4,89	m
Spessore fondazione	0,50	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	24517	kPa
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	4,00	m

Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.646	0.000
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.168	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.500	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.294	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s			0.240	0.240
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	4.83	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.42	0.00

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	7.65	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	3.83	0.00

Dati normativaNormativa :**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs fav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs fav}$	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	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

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]	$X_0 = -7,00$	$Y_0 = 12,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio	[m]	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

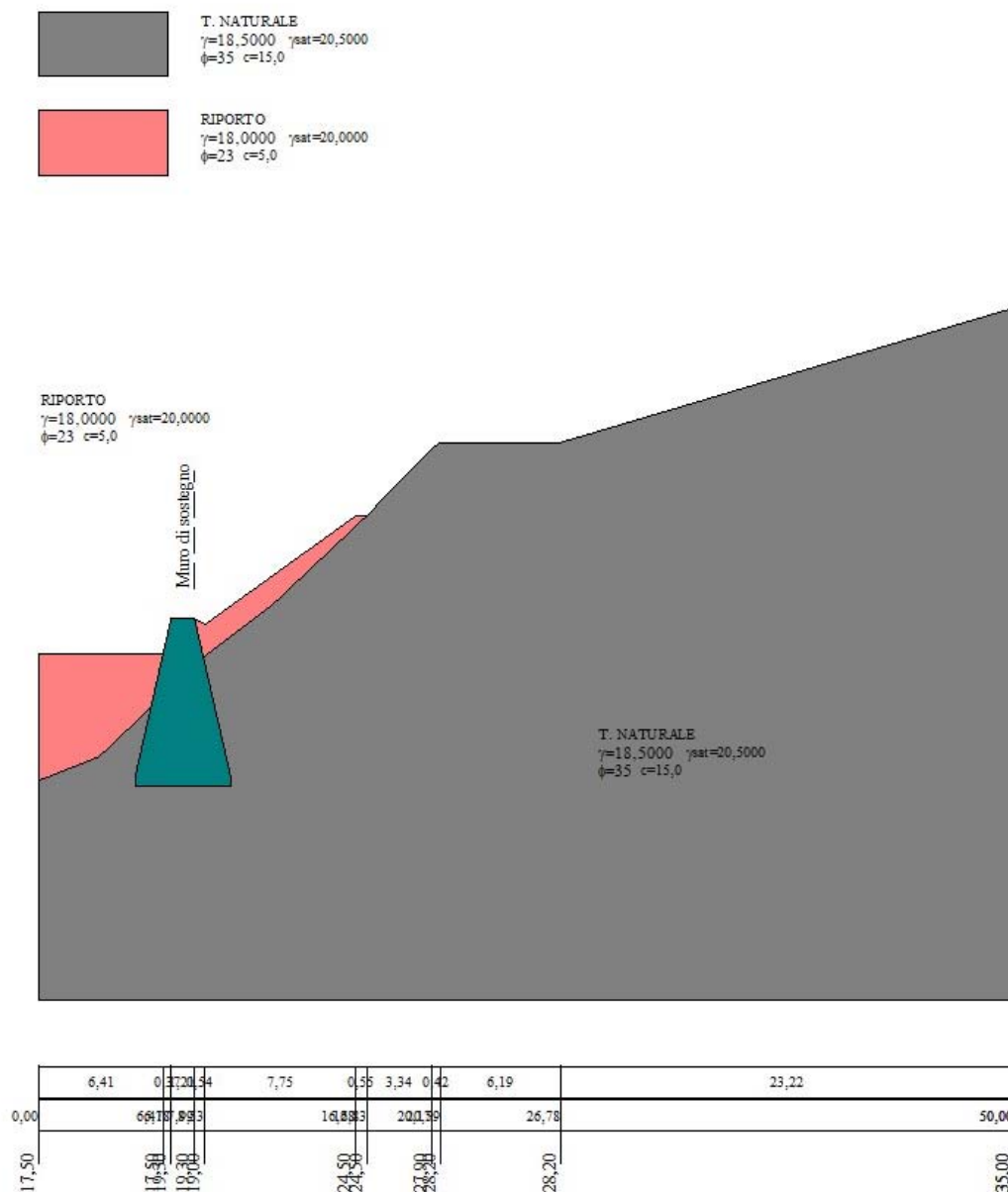


Fig. 1 - Profilo

Opzioni di calcolo

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

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

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	9996
Coefficiente di sicurezza minimo	1.302
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	9996	1.302	1	121.970	9996

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

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	5,00	30,00	12,00	6,53	15,26	7,84	1,302 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
12	C	7,00	34,00	16,50	6,41	22,45	48,30	1,502 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V

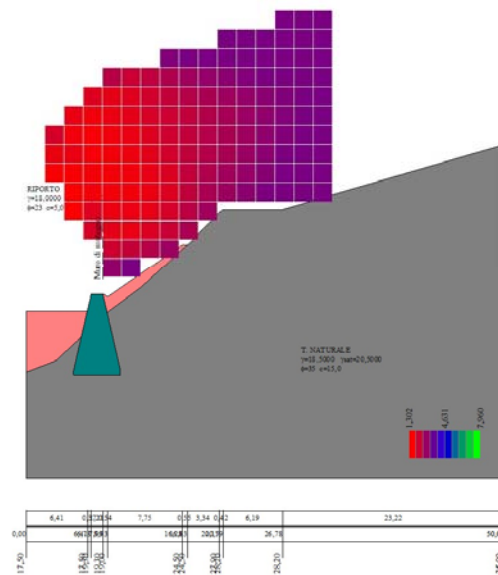


Fig. 2 - Mappa fattori di sicurezza - JANBU

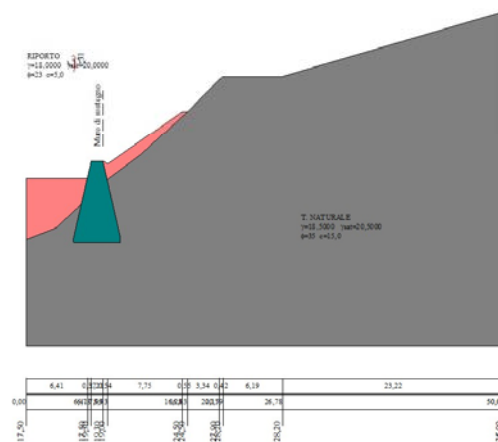


Fig. 3 - Curve di livello - JANBU

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_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

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

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
7	8,53	19,00	18,53	8,95	19,30	18,67	8,75	18,88	0,44	18,16	23,00	5,0
8	8,95	19,30	18,67	9,37	19,60	18,82	9,17	19,10	0,45	20,29	23,00	5,0
9	9,37	19,60	18,82	9,79	19,90	19,00	9,59	19,33	0,46	22,45	23,00	5,0
10	9,79	19,90	19,00	10,21	20,19	19,19	10,01	19,57	0,46	24,64	23,00	5,0
11	10,21	20,19	19,19	10,63	20,49	19,40	10,43	19,82	0,47	26,87	23,00	5,0
12	10,63	20,49	19,40	11,05	20,79	19,64	10,85	20,08	0,48	29,15	23,00	5,0
13	11,05	20,79	19,64	11,47	21,09	19,90	11,27	20,35	0,49	31,47	23,00	5,0
14	11,47	21,09	19,90	11,89	21,39	20,18	11,68	20,64	0,51	33,86	23,00	5,0
15	11,89	21,39	20,18	12,32	21,69	20,49	12,10	20,93	0,52	36,32	23,00	5,0
16	12,32	21,69	20,49	12,74	21,98	20,83	12,52	21,25	0,54	38,85	23,00	5,0
17	12,74	21,98	20,83	13,16	22,28	21,20	12,94	21,57	0,56	41,48	23,00	5,0
18	13,16	22,28	21,20	13,58	22,58	21,61	13,36	21,91	0,59	44,22	23,00	5,0
19	13,58	22,58	21,61	14,00	22,88	22,06	13,78	22,28	0,62	47,10	23,00	5,0
20	14,00	22,88	22,06	14,42	23,18	22,56	14,20	22,66	0,66	50,14	23,00	5,0
21	14,42	23,18	22,56	14,84	23,48	23,13	14,61	23,07	0,71	53,39	23,00	5,0
22	14,84	23,48	23,13	15,26	23,78	23,78	14,98	23,46	0,77	56,92	23,00	5,0

Metodo di **JANBU**

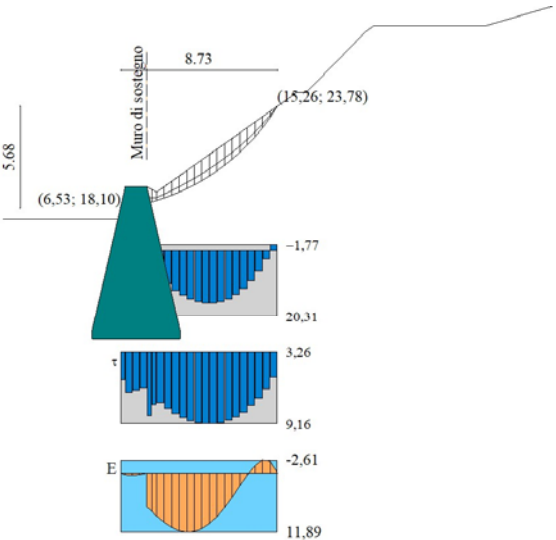


Fig. 5 - Forze di interstriscia (Superficie n° 1)

Coefficiente di sicurezza senza interventi $C_s = 1.302$

Superficie	Resistenza [kN]	% usata [%]	Fs
1	0,00	0.00	2.621
2	169,86	0.00	1.302

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	2,59	0,00	2,60	0,90	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	--
2	8,23	0,00	8,31	2,13	0,00	0,33	0,43	0,00	0,00	--
3	7,69	0,00	7,73	2,04	0,00	0,43	0,30	0,00	0,00	--

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
4	7,04	0,00	7,05	1,93	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	--
5	3,94	0,00	3,63	2,26	0,00	6,79	7,72	0,00	0,00	2
6	2,84	0,00	2,51	1,90	0,00	7,72	8,62	0,00	0,00	--
7	4,16	0,00	3,60	2,87	0,00	8,62	9,91	0,00	0,00	--
8	5,31	0,00	4,67	3,25	0,00	9,91	10,92	0,00	0,00	--
9	6,32	0,00	5,62	3,58	0,00	10,92	11,60	0,00	0,00	--
10	7,19	0,00	6,44	3,88	0,00	11,60	11,89	0,00	0,00	--
11	7,92	0,00	7,12	4,13	0,00	11,89	11,75	0,00	0,00	--
12	8,48	0,00	7,66	4,35	0,00	11,75	11,17	0,00	0,00	--
13	8,88	0,00	8,04	4,52	0,00	11,17	10,14	0,00	0,00	--
14	9,09	0,00	8,26	4,64	0,00	10,14	8,70	0,00	0,00	--
15	9,12	0,00	8,29	4,71	0,00	8,70	6,88	0,00	0,00	--
16	8,92	0,00	8,10	4,71	0,00	6,88	4,79	0,00	0,00	--
17	8,49	0,00	7,66	4,65	0,00	4,79	2,55	0,00	0,00	--
18	7,80	0,00	6,91	4,51	0,00	2,55	0,37	0,00	0,00	--
19	6,79	0,00	5,78	4,26	0,00	0,37	-1,49	0,00	0,00	--
20	5,43	0,00	4,16	3,88	0,00	-1,49	-2,61	0,00	0,00	--
21	3,64	0,00	1,87	3,32	0,00	-2,61	-2,41	0,00	0,00	--
22	1,31	0,00	-1,36	2,52	0,00	-2,41	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 12

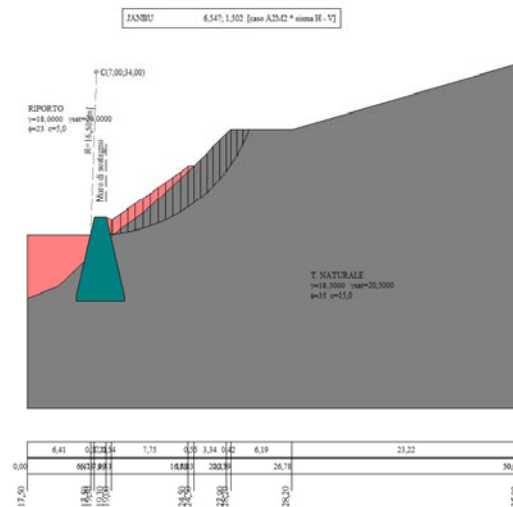


Fig. 6 - Superficie di rottura (Superficie n° 12)

Analisi della superficie 12 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 7,00	Y[m]= 34,00
Raggio del cerchio	R[m]= 16,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 6,41	Y _v [m]= 17,51
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 22,45	Y _m [m]= 28,20

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	6,41	17,51	17,51	6,78	19,30	17,50	6,66	18,10	0,37	-1,40	23,00	5,0
2	6,78	19,30	17,50	7,39	19,30	17,50	7,08	18,40	0,61	0,29	23,00	5,0
3	7,39	19,30	17,50	7,99	19,30	17,53	7,69	18,41	0,61	2,39	23,00	5,0
4	7,99	19,30	17,53	8,53	19,00	17,57	8,25	18,35	0,54	4,38	23,00	5,0
5	8,53	19,00	17,57	8,65	19,09	17,58	8,59	18,31	0,12	5,53	23,00	5,0
6	8,65	19,09	17,58	9,41	19,63	17,68	9,05	18,50	0,77	7,07	32,91	13,3
7	9,41	19,63	17,68	10,18	20,17	17,81	9,81	18,83	0,77	9,75	35,00	15,0
8	10,18	20,17	17,81	10,94	20,71	17,98	10,57	19,17	0,78	12,45	35,00	15,0
9	10,94	20,71	17,98	11,70	21,25	18,18	11,33	19,53	0,79	15,18	35,00	15,0
10	11,70	21,25	18,18	12,47	21,79	18,43	12,09	19,92	0,80	17,95	35,00	15,0
11	12,47	21,79	18,43	13,23	22,33	18,72	12,85	20,32	0,82	20,76	35,00	15,0
12	13,23	22,33	18,72	13,99	22,88	19,05	13,61	20,75	0,83	23,62	35,00	15,0
13	13,99	22,88	19,05	14,75	23,42	19,44	14,38	21,20	0,85	26,55	35,00	15,0
14	14,75	23,42	19,44	15,52	23,96	19,87	15,14	21,67	0,88	29,55	35,00	15,0
15	15,52	23,96	19,87	16,28	24,50	20,36	15,90	22,17	0,91	32,65	35,00	15,0
16	16,28	24,50	20,36	16,83	24,50	20,75	16,55	22,52	0,67	35,40	35,00	15,0
17	16,83	24,50	20,75	17,50	25,18	21,27	17,17	22,93	0,85	38,04	35,00	15,0
18	17,50	25,18	21,27	18,17	25,86	21,85	17,83	23,54	0,89	41,05	35,00	15,0
19	18,17	25,86	21,85	18,83	26,54	22,50	18,50	24,19	0,93	44,21	35,00	15,0
20	18,83	26,54	22,50	19,50	27,22	23,23	19,17	24,87	0,99	47,54	35,00	15,0
21	19,50	27,22	23,23	20,17	27,90	24,06	19,83	25,60	1,06	51,11	35,00	15,0
22	20,17	27,90	24,06	20,59	28,20	24,64	20,38	26,20	0,72	54,20	35,00	15,0
23	20,59	28,20	24,64	21,21	28,20	25,61	20,88	26,65	1,15	57,45	35,00	15,0
24	21,21	28,20	25,61	21,83	28,20	26,76	21,49	27,17	1,31	61,71	35,00	15,0
25	21,83	28,20	26,76	22,45	28,20	28,20	22,03	27,72	1,57	66,70	35,00	15,0

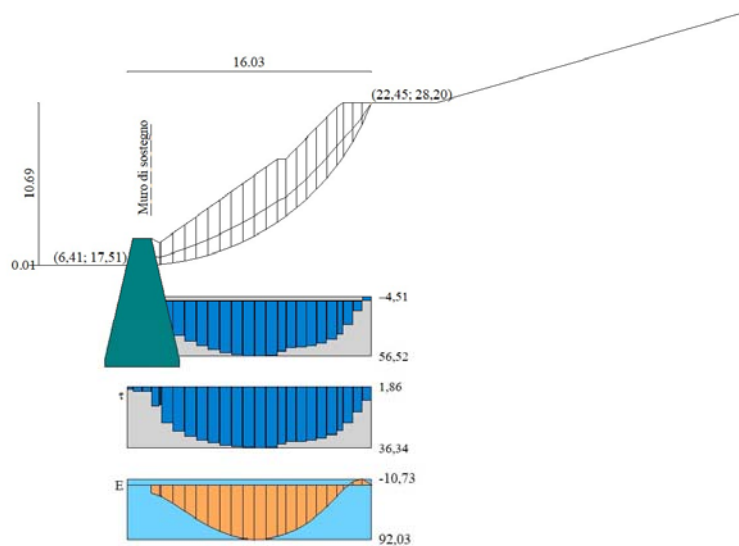
Metodo di JANBU

Fig. 7 - Forze di interstriscia (Superficie n° 12)

Coefficiente di sicurezza senza interventi $C_s = 1.502$

Superficie	Resistenza	% usata	Fs
	[kN]	[%]	
1	0,00	0.00	6.547
2	191,29	0.00	1.502

Forze applicate sulle strisce

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	5,95	0,00	6,20	0,68	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	--
2	19,57	0,00	20,31	1,78	0,00	0,38	0,56	0,00	0,00	--
3	19,42	0,00	20,10	1,77	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	--
4	15,55	0,00	15,71	6,24	0,00	14,14	17,98	0,00	0,00	2
5	3,17	0,00	3,18	1,30	0,00	17,98	18,72	0,00	0,00	--
6	23,76	0,00	22,80	16,61	0,00	18,72	30,58	0,00	0,00	--
7	29,82	0,00	27,86	20,72	0,00	30,58	44,00	0,00	0,00	--
8	35,36	0,00	32,53	22,97	0,00	44,00	56,70	0,00	0,00	--
9	40,36	0,00	36,64	24,98	0,00	56,70	68,12	0,00	0,00	--
10	44,82	0,00	40,25	26,77	0,00	68,12	77,76	0,00	0,00	--
11	48,74	0,00	43,37	28,37	0,00	77,76	85,18	0,00	0,00	--
12	52,05	0,00	45,97	29,75	0,00	85,18	90,03	0,00	0,00	--
13	54,71	0,00	48,05	30,92	0,00	90,03	92,03	0,00	0,00	--
14	56,68	0,00	49,58	31,87	0,00	92,03	90,96	0,00	0,00	--
15	57,88	0,00	50,49	32,59	0,00	90,96	86,73	0,00	0,00	--
16	40,10	0,00	34,77	22,94	0,00	86,73	82,23	0,00	0,00	--
17	47,34	0,00	40,87	27,52	0,00	82,23	75,10	0,00	0,00	--
18	48,92	0,00	42,43	28,62	0,00	75,10	65,08	0,00	0,00	--
19	49,72	0,00	43,32	29,50	0,00	65,08	52,22	0,00	0,00	--
20	49,59	0,00	43,38	30,10	0,00	52,22	36,75	0,00	0,00	--
21	48,37	0,00	42,34	30,36	0,00	36,75	19,15	0,00	0,00	--
22	28,74	0,00	24,94	18,80	0,00	19,15	7,72	0,00	0,00	--
23	35,19	0,00	28,84	24,93	0,00	7,72	-5,87	0,00	0,00	--
24	23,05	0,00	14,07	19,60	0,00	-5,87	-10,73	0,00	0,00	--
25	8,23	0,00	-7,05	12,34	0,00	-10,73	0,00	0,00	0,00	--

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

SEZIONE 3-3

DatiDescrizione terreno*Simbologia adottata**Nr.* Indice del terreno*Descrizione* Descrizione terreno γ Peso di volume del terreno espresso in kN/mc γ_w Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc ϕ Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi c Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa ϕ_u Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi c_u Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	RIPORTO	18,00	20,00	23.00	5,0
2	T. NATURALE	18,50	20,50	35.00	15,0

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	19,00
2	2,73	19,25
3	6,38	19,25
4	6,56	20,50
5	7,64	20,50
6	9,28	24,00
7	9,93	24,00
8	11,68	27,90
9	15,09	27,90
10	50,00	35,00

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° 2 (T. NATURALE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	17,33
2	0,00	11,10

n°	X	Y
	[m]	[m]
3	0,00	0,00
4	50,00	0,00
5	50,00	35,00
6	15,09	27,90
7	11,68	27,90
8	9,93	24,00
9	9,00	22,00
10	7,00	19,00
11	2,00	18,00

Strato N° **2** costituito da terreno n° 1 (RIPORTO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	9,93	24,00
2	9,28	24,00
3	7,64	20,50
4	6,56	20,50
5	6,38	19,25
6	2,73	19,25
7	0,00	19,00
8	0,00	17,33
9	2,00	18,00
10	7,00	19,00
11	9,00	22,00

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Muro di sostegno - Muro di sostegno

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	7,64	m
Altezza paramento	1,00	m
Spessore in testa	1,07	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	1,07	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	1,07	m
Spessore fondazione	0,50	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	24517	kPa
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	1,00	m

Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.646	0.000
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.168	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.500	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.294	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s			0.240	0.240
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	4.83	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.42	0.00

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	7.65	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	3.83	0.00

Dati normativaNormativa :**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	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	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

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]	$X_0 = -19,00$	$Y_0 = 15,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio	[m]	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Superfici di rottura generiche

Si considera una superficie di rottura definita per punti

Coordinate superficie di rottura

n°	X [m]	Y [m]
1	6,38	19,25
2	7,00	19,00
3	9,20	22,00
4	12,05	27,90

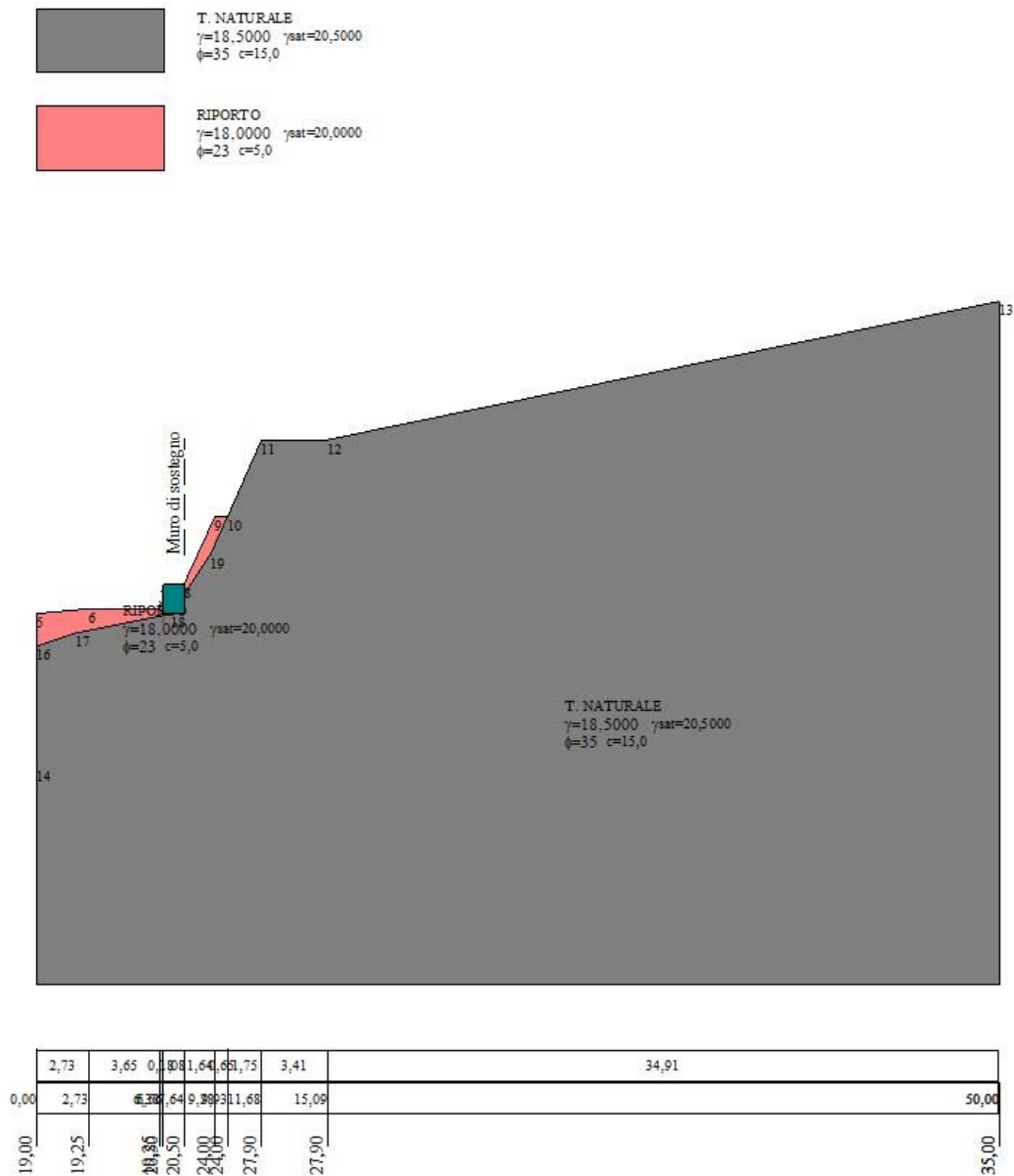


Fig. 1 - Profilo

Opzioni di calcolo

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

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

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

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

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	5694
Coefficiente di sicurezza minimo	1.152
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	5694	1.152	1	25.885	5694

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

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	5,00	29,00	10,00	2,78	14,94	30,01	1,152 (J)	[A2M2]	--
48	C	5,00	29,00	10,50	1,42	15,45	39,01	1,367 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
99	C	1,00	33,00	13,50	8,12	13,50	8,90	1,427 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V

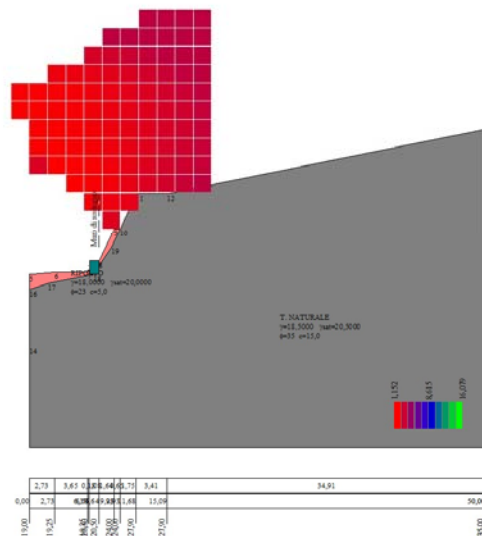


Fig. 2 - Mappa fattori di sicurezza - JANBU

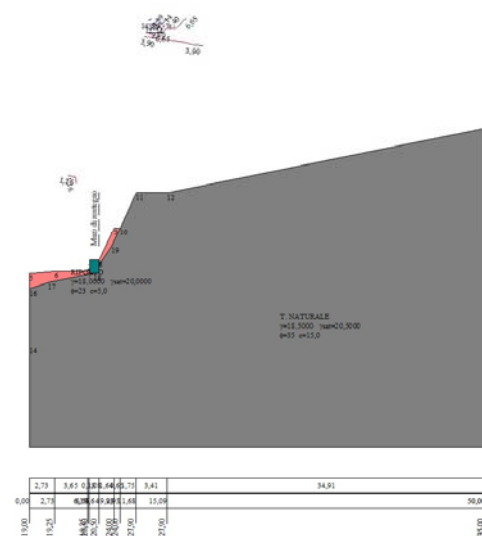


Fig. 3 - Curve di livello - JANBU

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_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

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

ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kN
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kN
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kN
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

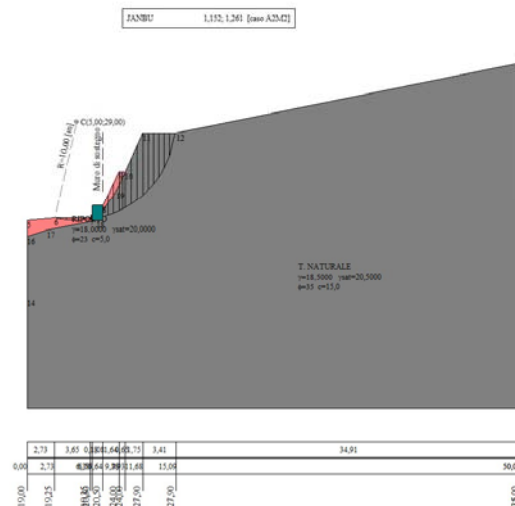


Fig. 4 - Superficie di rottura (Superficie n° 1)

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	24	
Coordinate del centro	$X[m] = 5,00$	$Y[m] = 29,00$
Raggio del cerchio	$R[m] = 10,00$	
Intersezione a valle con il profilo topografico	$X_v[m] = 2,78$	$Y_v[m] = 19,25$
Intersezione a monte con il profilo topografico	$X_m[m] = 14,94$	$Y_m[m] = 27,90$

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_g [m]	Y_g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]
1	2,78	19,25	19,25	3,38	19,25	19,13	3,18	19,21	0,61	-11,09	18,76	4,0
2	3,38	19,25	19,13	3,98	19,25	19,05	3,70	19,17	0,61	-7,60	18,76	4,0
3	3,98	19,25	19,05	4,58	19,25	19,01	4,29	19,14	0,60	-4,14	18,76	4,0
4	4,58	19,25	19,01	5,18	19,25	19,00	4,88	19,13	0,60	-0,69	18,76	4,0
5	5,18	19,25	19,00	5,78	19,25	19,03	5,47	19,13	0,60	2,75	18,76	4,0
6	5,78	19,25	19,03	6,38	19,25	19,10	6,06	19,16	0,60	6,20	18,76	4,0

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
7	6,38	19,25	19,10	6,42	19,50	19,10	6,40	19,25	0,04	8,04	18.76	4,0
8	6,42	19,50	19,10	7,00	19,50	19,20	6,69	19,32	0,59	9,84	18.76	4,0
9	7,00	19,50	19,20	7,32	19,50	19,27	7,15	19,37	0,33	12,48	24.07	8,1
10	7,32	19,50	19,27	7,64	19,50	19,35	7,47	19,41	0,33	14,36	29.26	12,0
11	7,64	20,50	19,35	8,19	21,67	19,52	7,94	20,29	0,57	16,94	29.26	12,0
12	8,19	21,67	19,52	8,73	22,83	19,72	8,48	20,96	0,58	20,25	29.26	12,0
13	8,73	22,83	19,72	9,28	24,00	19,96	9,02	21,64	0,60	23,63	29.26	12,0
14	9,28	24,00	19,96	9,61	24,00	20,12	9,44	22,02	0,36	26,38	29.26	12,0
15	9,61	24,00	20,12	9,93	24,00	20,30	9,77	22,11	0,37	28,48	29.26	12,0
16	9,93	24,00	20,30	10,51	25,30	20,66	10,23	22,58	0,68	31,50	29.26	12,0
17	10,51	25,30	20,66	11,10	26,60	21,07	10,81	23,42	0,72	35,51	29.26	12,0
18	11,10	26,60	21,07	11,68	27,90	21,56	11,40	24,29	0,76	39,74	29.26	12,0
19	11,68	27,90	21,56	12,22	27,90	22,08	11,95	24,86	0,76	44,08	29.26	12,0
20	12,22	27,90	22,08	12,77	27,90	22,70	12,49	25,14	0,82	48,60	29.26	12,0
21	12,77	27,90	22,70	13,31	27,90	23,44	13,03	25,48	0,91	53,58	29.26	12,0
22	13,31	27,90	23,44	13,85	27,90	24,35	13,57	25,89	1,06	59,24	29.26	12,0
23	13,85	27,90	24,35	14,40	27,90	25,58	14,11	26,41	1,34	66,14	29.26	12,0
24	14,40	27,90	25,58	14,94	27,90	27,90	14,58	27,13	2,39	76,84	29.26	12,0

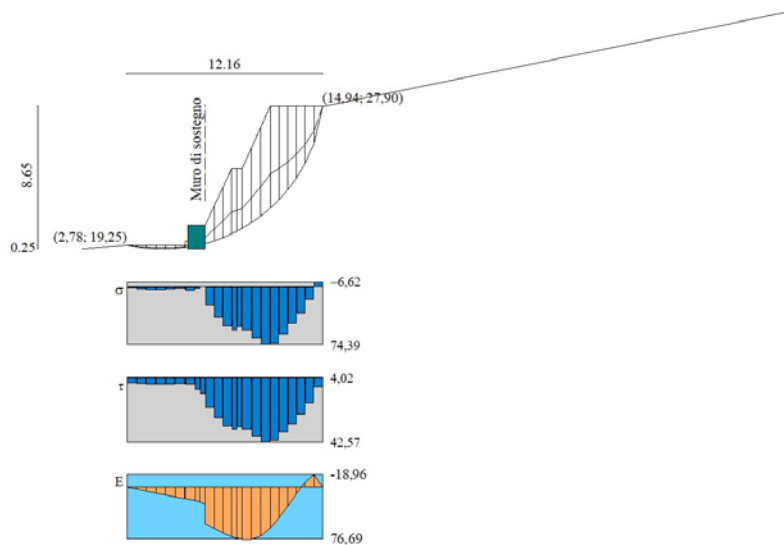
Metodo di **JANBU**

Fig. 5 - Forze di interstriscia (Superficie n° 1)

Coefficiente di sicurezza senza interventi $C_s = 1.152$

Superficie	Resistenza [kN]	% usata [%]	Fs
1	0,00	0.00	1.152
2	28,90	100.00	1.261

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	0,64	0,00	1,13	2,46	0,00	0,00	2,63	0,00	0,00	--

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
2	1,70	0,00	2,08	2,72	0,00	2,63	5,60	0,00	0,00	--
3	2,37	0,00	2,58	2,85	0,00	5,60	8,63	0,00	0,00	--
4	2,64	0,00	2,68	2,88	0,00	8,63	11,54	0,00	0,00	--
5	2,53	0,00	2,40	2,79	0,00	11,54	14,21	0,00	0,00	--
6	2,02	0,00	1,75	2,61	0,00	14,21	16,62	0,00	0,00	--
7	0,18	0,00	0,16	0,17	0,00	16,62	16,77	0,00	0,00	--
8	3,66	0,00	3,20	3,00	0,00	16,77	19,18	0,00	0,00	--
9	1,52	0,00	0,97	2,67	0,00	19,18	21,58	0,00	0,00	--
10	1,10	0,00	0,23	3,55	0,00	21,58	24,96	0,00	0,00	--
11	16,44	0,00	13,68	11,52	0,00	53,86	60,89	0,00	0,00	2
12	26,29	0,00	22,31	15,46	0,00	60,89	67,67	0,00	0,00	--
13	35,77	0,00	30,61	19,28	0,00	67,67	73,06	0,00	0,00	--
14	23,62	0,00	20,20	12,43	0,00	73,06	75,22	0,00	0,00	--
15	22,72	0,00	19,29	12,09	0,00	75,22	76,65	0,00	0,00	--
16	45,02	0,00	38,36	23,55	0,00	76,65	76,69	0,00	0,00	--
17	54,87	0,00	47,49	27,92	0,00	76,69	71,83	0,00	0,00	--
18	64,04	0,00	56,43	32,29	0,00	71,83	60,58	0,00	0,00	--
19	61,09	0,00	54,58	31,45	0,00	60,58	45,20	0,00	0,00	--
20	55,35	0,00	49,75	29,92	0,00	45,20	27,66	0,00	0,00	--
21	48,55	0,00	43,68	28,11	0,00	27,66	9,21	0,00	0,00	--
22	40,27	0,00	35,36	25,82	0,00	9,21	-7,97	0,00	0,00	--
23	29,51	0,00	21,98	22,54	0,00	-7,97	-18,96	0,00	0,00	--
24	11,67	0,00	-15,80	15,68	0,00	-18,96	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 48

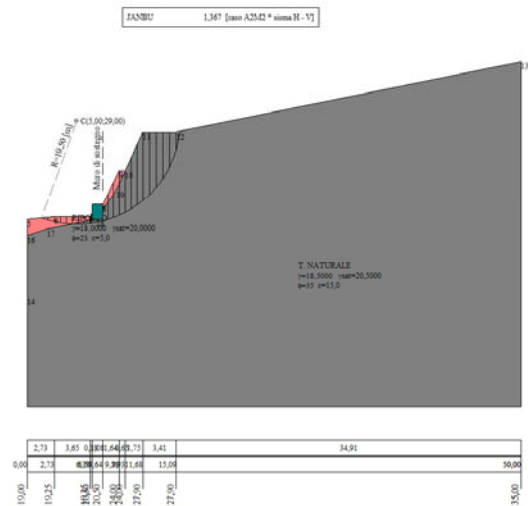


Fig. 6 - Superficie di rottura (Superficie n° 48)

Analisi della superficie 48 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	24	
Coordinate del centro	X[m]= 5,00	Y[m]= 29,00
Raggio del cerchio	R[m]= 10,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 1,42	Y _v [m]= 19,13

Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m] = 15,45$ $Y_m[m] = 27,97$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_g [m]	Y_g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]
1	1,42	19,13	19,13	2,07	19,19	18,92	1,86	19,08	0,69	-18,06	23,00	5,0
2	2,07	19,19	18,92	2,73	19,25	18,75	2,43	19,02	0,68	-14,33	23,00	5,0
3	2,73	19,25	18,75	3,34	19,25	18,63	3,04	18,97	0,62	-10,80	23,00	5,0
4	3,34	19,25	18,63	3,95	19,25	18,55	3,65	18,92	0,61	-7,43	23,00	5,0
5	3,95	19,25	18,55	4,56	19,25	18,51	4,25	18,89	0,61	-4,09	23,11	5,1
6	4,56	19,25	18,51	5,16	19,25	18,50	4,86	18,88	0,61	-0,77	35,00	15,0
7	5,16	19,25	18,50	5,77	19,25	18,53	5,47	18,88	0,61	2,55	35,00	15,0
8	5,77	19,25	18,53	6,38	19,25	18,59	6,07	18,90	0,61	5,88	35,00	15,0
9	6,38	19,25	18,59	6,42	19,50	18,60	6,40	18,99	0,04	7,65	35,00	15,0
10	6,42	19,50	18,60	7,00	19,50	18,69	6,70	19,07	0,59	9,37	35,00	15,0
11	7,00	19,50	18,69	7,64	19,50	18,84	7,31	19,13	0,66	12,77	35,00	15,0
12	7,64	20,50	18,84	8,19	21,67	19,00	7,93	20,03	0,57	16,11	35,00	15,0
13	8,19	21,67	19,00	8,73	22,83	19,19	8,47	20,69	0,58	19,25	35,00	15,0
14	8,73	22,83	19,19	9,28	24,00	19,41	9,02	21,37	0,59	22,44	35,00	15,0
15	9,28	24,00	19,41	9,93	24,00	19,73	9,60	21,78	0,72	26,03	35,00	15,0
16	9,93	24,00	19,73	10,51	25,30	20,06	10,23	22,29	0,67	29,84	35,00	15,0
17	10,51	25,30	20,06	11,10	26,60	20,45	10,81	23,12	0,70	33,58	35,00	15,0
18	11,10	26,60	20,45	11,68	27,90	20,90	11,39	23,97	0,74	37,50	35,00	15,0
19	11,68	27,90	20,90	12,36	27,90	21,51	12,02	24,55	0,92	42,01	35,00	15,0
20	12,36	27,90	21,51	13,04	27,90	22,25	12,70	24,89	1,00	47,26	35,00	15,0
21	13,04	27,90	22,25	13,73	27,90	23,16	13,38	25,30	1,14	53,11	35,00	15,0
22	13,73	27,90	23,16	14,41	27,90	24,34	14,05	25,81	1,36	59,92	35,00	15,0
23	14,41	27,90	24,34	15,09	27,90	26,09	14,71	26,51	1,88	68,79	35,00	15,0
24	15,09	27,90	26,09	15,45	27,97	27,97	15,21	27,32	1,91	79,16	35,00	15,0

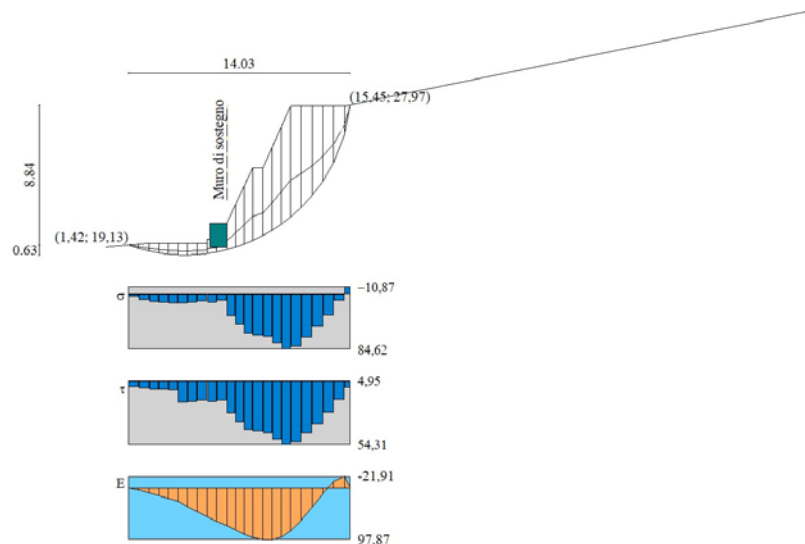
Metodo di JANBU

Fig. 7 - Forze di interstriscia (Superficie n° 48)

Forze applicate sulle strisce

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	1,62	0,00	2,88	3,42	0,00	0,00	4,02	0,00	0,00	--
2	4,58	0,00	6,02	4,34	0,00	4,02	9,37	0,00	0,00	--
3	6,13	0,00	7,34	4,54	0,00	9,37	14,74	0,00	0,00	--
4	7,20	0,00	8,16	4,78	0,00	14,74	19,98	0,00	0,00	--
5	7,87	0,00	8,55	4,94	0,00	19,98	24,92	0,00	0,00	--
6	8,17	0,00	8,64	11,10	0,00	24,92	35,50	0,00	0,00	--
7	8,10	0,00	7,94	10,75	0,00	35,50	45,27	0,00	0,00	--
8	7,64	0,00	6,91	10,25	0,00	45,27	54,17	0,00	0,00	--
9	0,51	0,00	0,45	0,63	0,00	54,17	54,70	0,00	0,00	--
10	9,08	0,00	7,83	10,50	0,00	54,70	63,09	0,00	0,00	--
11	8,66	0,00	6,80	10,68	0,00	63,09	71,34	0,00	0,00	--
12	21,72	0,00	18,88	15,91	0,00	71,34	79,73	0,00	0,00	--
13	31,66	0,00	27,66	20,52	0,00	79,73	87,56	0,00	0,00	--
14	41,27	0,00	36,05	24,95	0,00	87,56	93,70	0,00	0,00	--
15	53,04	0,00	45,92	31,45	0,00	93,70	97,75	0,00	0,00	--
16	51,30	0,00	44,19	30,01	0,00	97,75	97,87	0,00	0,00	--
17	61,43	0,00	53,33	34,99	0,00	97,87	92,83	0,00	0,00	--
18	70,95	0,00	62,22	39,93	0,00	92,83	81,20	0,00	0,00	--
19	84,46	0,00	74,55	48,25	0,00	81,20	60,69	0,00	0,00	--
20	75,93	0,00	67,06	45,37	0,00	60,69	36,42	0,00	0,00	--
21	65,54	0,00	57,51	41,91	0,00	36,42	10,58	0,00	0,00	--
22	52,38	0,00	43,90	37,42	0,00	10,58	-12,67	0,00	0,00	--
23	33,86	0,00	18,92	30,37	0,00	-12,67	-21,91	0,00	0,00	--
24	6,01	0,00	-20,80	10,33	0,00	-21,91	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 99

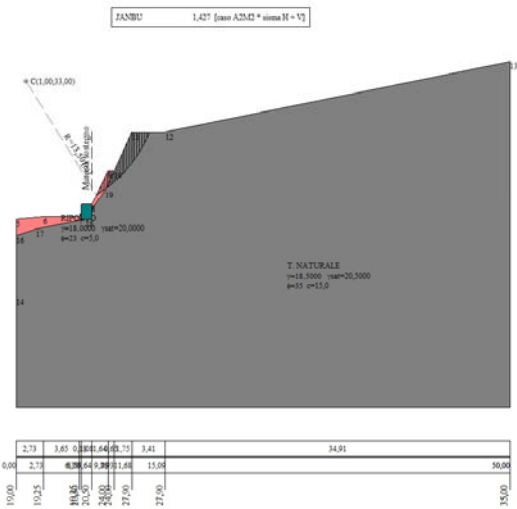


Fig. 8 - Superficie di rottura (Superficie n° 99)

Analisi della superficie 99 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce
Coordinate del centro

23
X[m]= 1,00
Y[m]= 33,00

Raggio del cerchio $R[m] = 13,50$
 Intersezione a valle con il profilo topografico $X_v[m] = 8,12$ $Y_v[m] = 21,53$
 Intersezione a monte con il profilo topografico $X_m[m] = 13,50$ $Y_m[m] = 27,90$

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_g [m]	Y_g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]
1	8,12	21,53	21,53	8,34	22,00	21,67	8,27	21,73	0,26	32,40	23,00	5,0
2	8,34	22,00	21,67	8,56	22,47	21,82	8,46	22,01	0,26	33,51	23,00	5,0
3	8,56	22,47	21,82	8,78	22,93	21,97	8,68	22,31	0,27	34,63	23,00	5,0
4	8,78	22,93	21,97	9,00	23,40	22,13	8,90	22,61	0,27	35,77	23,00	5,0
5	9,00	23,40	22,13	9,14	23,70	22,23	9,07	22,87	0,17	36,71	27,33	8,6
6	9,14	23,70	22,23	9,28	24,00	22,34	9,21	23,07	0,18	37,46	35,00	15,0
7	9,28	24,00	22,34	9,50	24,00	22,51	9,39	23,21	0,28	38,42	35,00	15,0
8	9,50	24,00	22,51	9,71	24,00	22,69	9,60	23,30	0,28	39,60	35,00	15,0
9	9,71	24,00	22,69	9,93	24,00	22,88	9,82	23,39	0,29	40,81	35,00	15,0
10	9,93	24,00	22,88	10,18	24,56	23,10	10,06	23,64	0,34	42,13	35,00	15,0
11	10,18	24,56	23,10	10,43	25,11	23,34	10,31	24,03	0,35	43,58	35,00	15,0
12	10,43	25,11	23,34	10,68	25,67	23,59	10,56	24,43	0,35	45,06	35,00	15,0
13	10,68	25,67	23,59	10,93	26,23	23,85	10,81	24,84	0,36	46,58	35,00	15,0
14	10,93	26,23	23,85	11,18	26,79	24,13	11,06	25,25	0,37	48,15	35,00	15,0
15	11,18	26,79	24,13	11,43	27,34	24,43	11,31	25,68	0,39	49,77	35,00	15,0
16	11,43	27,34	24,43	11,68	27,90	24,74	11,56	26,11	0,40	51,44	35,00	15,0
17	11,68	27,90	24,74	11,94	27,90	25,09	11,81	26,41	0,43	53,21	35,00	15,0
18	11,94	27,90	25,09	12,20	27,90	25,46	12,07	26,59	0,45	55,10	35,00	15,0
19	12,20	27,90	25,46	12,46	27,90	25,86	12,33	26,78	0,48	57,07	35,00	15,0
20	12,46	27,90	25,86	12,72	27,90	26,30	12,58	26,99	0,51	59,17	35,00	15,0
21	12,72	27,90	26,30	12,98	27,90	26,78	12,84	27,21	0,54	61,39	35,00	15,0
22	12,98	27,90	26,78	13,24	27,90	27,30	13,10	27,46	0,59	63,80	35,00	15,0
23	13,24	27,90	27,30	13,50	27,90	27,90	13,33	27,70	0,65	66,42	35,00	15,0

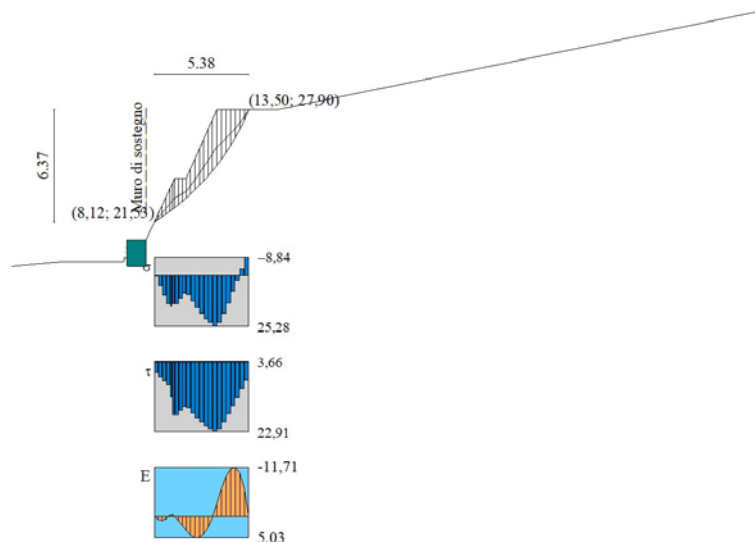
Metodo di JANBU

Fig. 9 - Forze di interstriscia (Superficie n° 99)

Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.427$

Forze applicate sulle strisce

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	0,65	0,00	0,14	0,95	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	--
2	1,93	0,00	1,35	1,32	0,00	0,68	0,89	0,00	0,00	--
3	3,19	0,00	2,56	1,69	0,00	0,89	0,58	0,00	0,00	--
4	4,42	0,00	3,76	2,06	0,00	0,58	-0,28	0,00	0,00	--
5	3,46	0,00	2,65	2,01	0,00	-0,28	-0,51	0,00	0,00	--
6	3,96	0,00	2,46	3,06	0,00	-0,51	0,12	0,00	0,00	--
7	6,19	0,00	3,81	4,78	0,00	0,12	1,02	0,00	0,00	--
8	5,54	0,00	3,18	4,52	0,00	1,02	2,04	0,00	0,00	--
9	4,86	0,00	2,51	4,24	0,00	2,04	3,24	0,00	0,00	--
10	5,97	0,00	3,14	5,08	0,00	3,24	4,45	0,00	0,00	--
11	7,47	0,00	4,41	5,79	0,00	4,45	5,03	0,00	0,00	--
12	8,92	0,00	5,64	6,49	0,00	5,03	4,94	0,00	0,00	--
13	10,30	0,00	6,84	7,18	0,00	4,94	4,11	0,00	0,00	--
14	11,62	0,00	7,99	7,86	0,00	4,11	2,52	0,00	0,00	--
15	12,87	0,00	9,09	8,53	0,00	2,52	0,10	0,00	0,00	--
16	14,04	0,00	10,14	9,19	0,00	0,10	-3,18	0,00	0,00	--
17	14,35	0,00	10,23	9,58	0,00	-3,18	-6,73	0,00	0,00	--
18	12,62	0,00	8,43	8,91	0,00	-6,73	-9,51	0,00	0,00	--
19	10,76	0,00	6,41	8,17	0,00	-9,51	-11,28	0,00	0,00	--
20	8,74	0,00	4,11	7,34	0,00	-11,28	-11,71	0,00	0,00	--
21	6,55	0,00	1,42	6,40	0,00	-11,71	-10,39	0,00	0,00	--
22	4,13	0,00	-1,78	5,31	0,00	-10,39	-6,76	0,00	0,00	--
23	1,43	0,00	-5,75	4,01	0,00	-6,76	0,00	0,00	0,00	--