

PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE CAVA DI GHIAIA E SABBIA

“FORNACE 1 – AMPLIAMENTO SNAM”

NOTA INTEGRATIVA (28/07/2026)

1 Premessa

Con la presente si risponde alla richiesta di chiarimenti e integrazioni formulata da SNAM Rete gas S.p.A. con lettera del 21/07/2026 (DI-CEOR/C.RE/LAG. prot. 180) relativamente alla procedimento autorizzatorio unico (PAU) della cava “**Fornace 1 - Ampliamento SNAM**”, sita in comune di Casalgrande (RE) nel settore estrattivo 21a, circa la *compatibilità dell'opera in progetto (intervento estrattivo) con i preesistenti metanodotti*.

Nello specifico, SNAM Rete gas S.p.A. per poter valutare integralmente l'impatto dell'opera in progetto richiede la seguente documentazione integrativa:

- *Relazione di verifica della stabilità della scarpata, effettuata tenendo conto del sovraccarico indotto dai mezzi operativi che opereranno per conto di SNAM in occasione della rimozione della tubazione esistente. Tale sovraccarico, rappresentativo delle condizioni più gravose legate al transito e/o allo stazionamento temporaneo dei macchinari necessari all'esecuzione degli interventi, è stato assunto pari a 1 t/m².*
- *Relazione di verifica della stabilità della nuova scarpata, effettuata tenendo conto del sovraccarico indotto dai mezzi operativi che potenzialmente opereranno per conto di SNAM in occasione di interventi manutentivi sulla nuova tubazione in corso di realizzazione. Tale sovraccarico, rappresentativo delle condizioni più gravose legate al transito e/o allo stazionamento temporaneo dei macchinari necessari all'esecuzione degli interventi, è stato assunto pari a 1 t/m².*

Le planimetrie di tavola 02 “Stato di fatto – Planimetria di rilievo del 16/06/2025” e tavola 03 “Stato di Fatto – Planimetria Stato di Fatto Autorizzato di Fine scavo Fornace-1” (Fig. 1) sono rappresentative dei limiti di scavo massimi ad oggi raggiunti dalla cava Fornace-1 nella specifica porzione del fronte sud-est in affaccio alla tratta del metanodotto SNAM oggi in esercizio e orientata sud-ovest – nord-est.

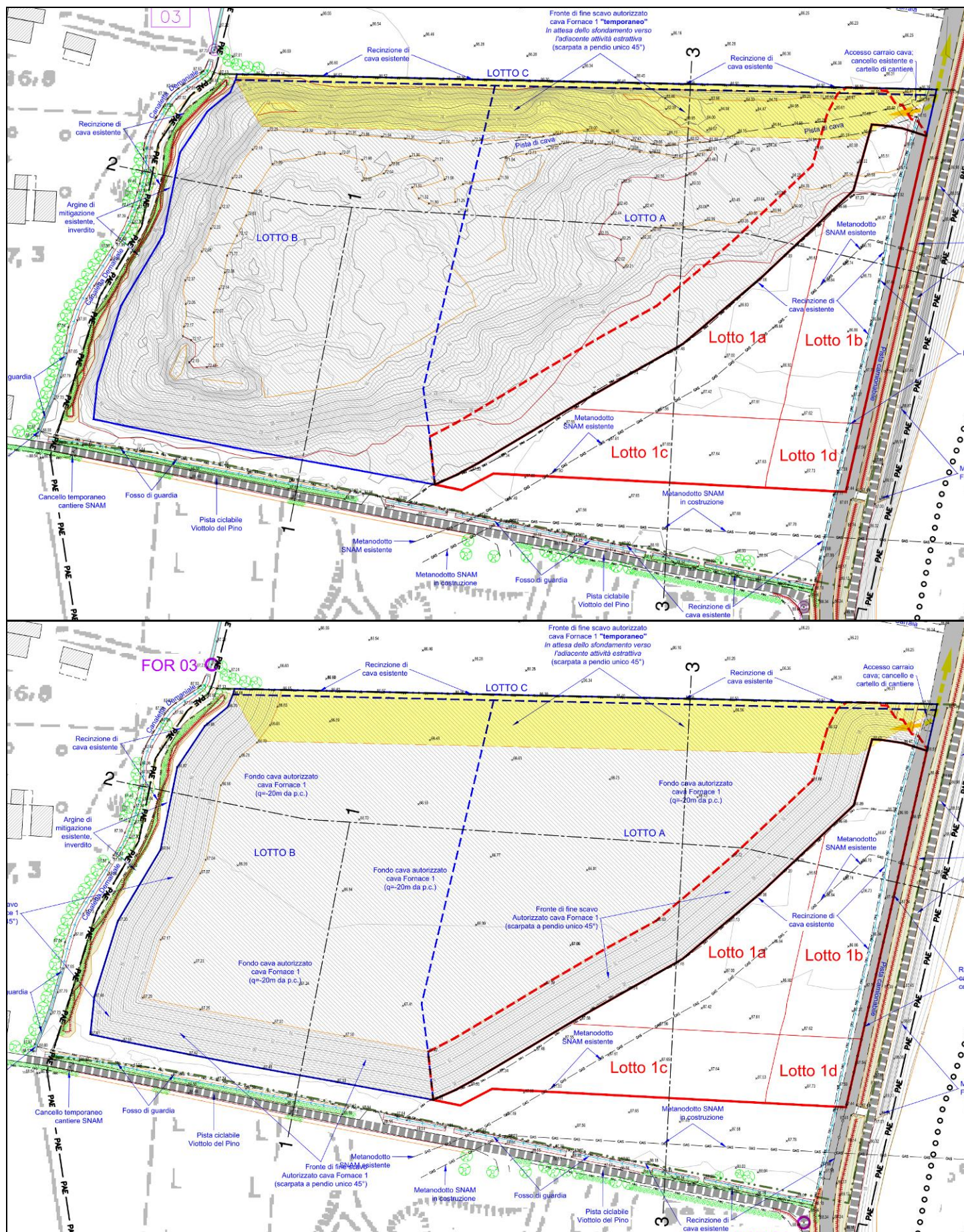


Figura 1 – Stralcio della Tav. 02 “Stato di Fatto – Planimetria di rilievo del 16/06/2025” (in alto) e Tav. 03 “Stato di Fatto – Planimetria Stato di Fatto Autorizzato di Fine scavo Fornace-1” (in basso).

Si osserva che gli scavi hanno raggiunto la distanza di 20 m dal metanodotto come da autorizzazione rilasciata dalla Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile di Reggio Emilia con Atto n. 512 del 26/02/2020 (parere favorevole di SNAM con Prot. n. 1164 del 27/11/2019). Ad oggi sul fronte di fine scavo sud-est sono addossati grandi quantitativi di materiali terrosi propedeutici alla sistemazione della cava.

Il progetto estrattivo di cui al Procedimento Autorizzatorio Unico per la cava “Fornace 1 – Ampliamento SNAM” prevede l’espansione dell’escavazione verso sud-est sino ad una distanza di 20 metri dalla costruenda nuova tratta del suddetto metanodotto “Casalgrande-Scandiano DN 300”, in analogia ai precedenti pareri rilasciati da SNAM per dare completa attuazione alla previsioni estrattive del PAE di Casalgrande.

L’attuazione del presente progetto estrattivo nella sua massima espansione (Tav. 07 Progetto – Planimetria di massimo scavo – Fig. 2) è sicuramente vincolata a condizioni esterne la volontà della Ditta proponente in particolare:

- 1) realizzazione con messa in esercizio della nuova tratta di metanodotto nella posizione individuata a progetto con orientazione ovest-est;
- 2) dismissione e rimozione della tratta di metanodotto orientata sud-ovest – nord-est;
- 3) rilascio di autorizzazione ad eseguire scavi sino a 20 m dalla nuova condotta, in deroga alle distanze di cui all’art. 104 del D.P.R. 128/59.

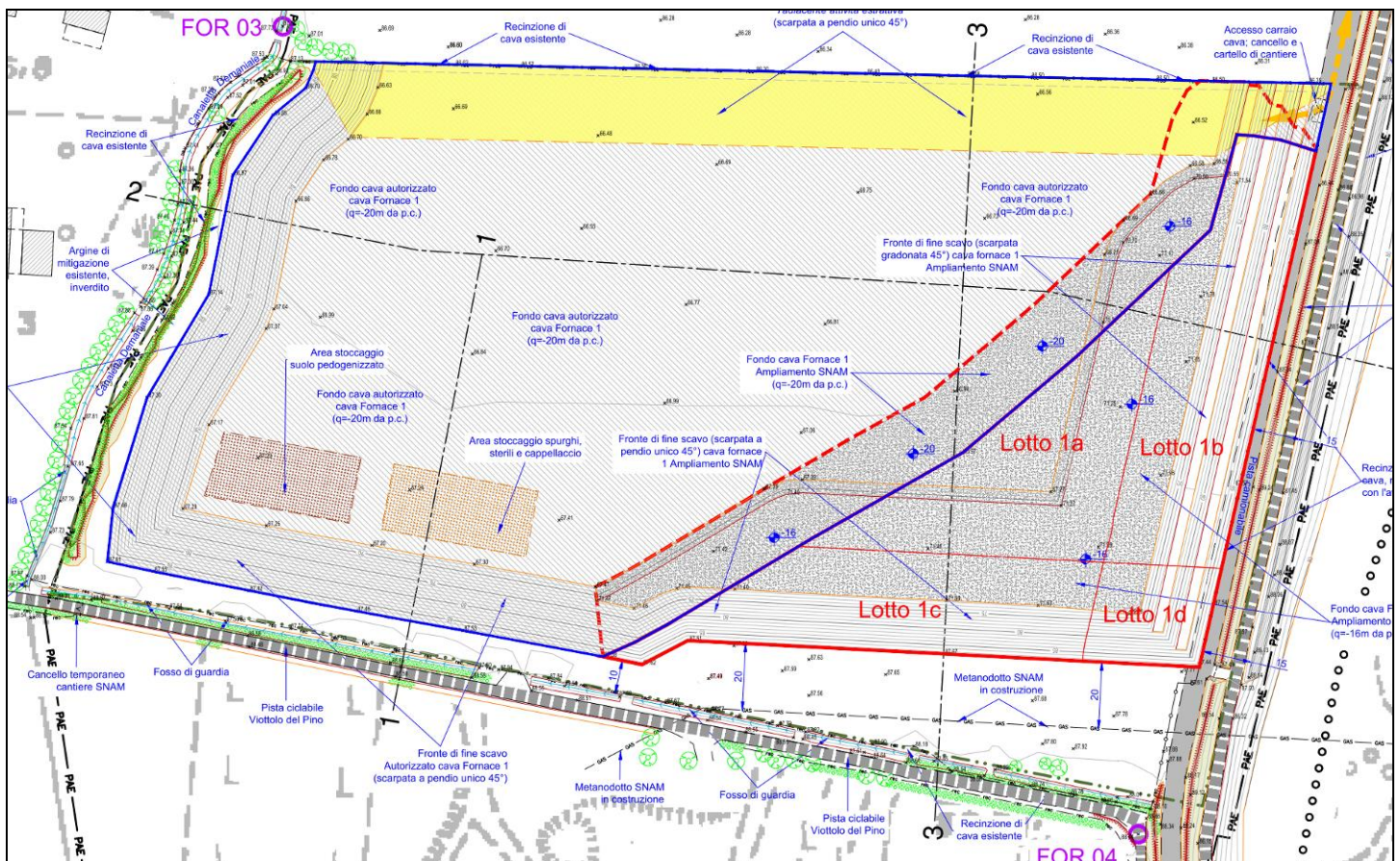


Figura 2 – Stralcio della Tav. 07 “Progetto - Planimetria di massimo scavo”.

Si potrà dar corso parzialmente al progetto estrattivo in oggetto solamente quando si saranno verificate e realizzate le condizioni di cui ai punti 1) e 2), le quali permetteranno di attuare almeno la previsione di minimo scavo di cui alla tavola 06 “Planimetria di Minimo Scavo” (Fig. 3).

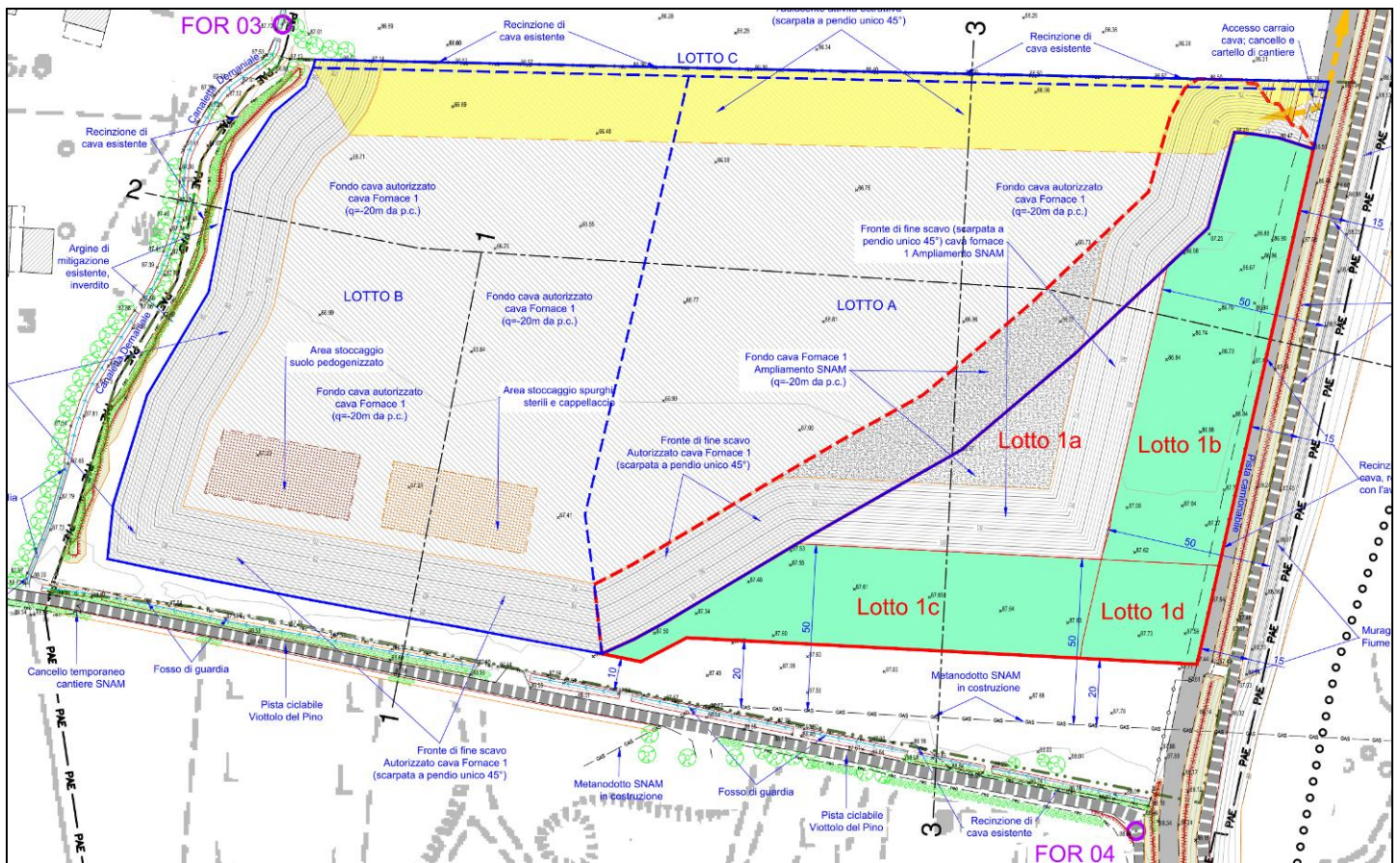


Figura 3 – Stralcio della Tav. 06 “Progetto - Planimetria di minimo scavo”.

Il progetto estrattivo prevede il rilascio di due profili di fine scavo al limite della distanza massima di 20 m concessa in deroga alle condotte SNAM:

- un profilo di scarpata a pendio unico inclinata a 45° (1/1 – pendenza 100%) con altezza di 20 metri nei confronti dell’attuale metanodotto orientato SW-NE, già autorizzata e completata (parere favorevole di SNAM con Prot. n. 1164 del 27/11/2019), al quale fa riferimento il primo punto di richiesta di chiarimento/integrazione di SNAM in oggetto;
- un profilo di scarpata a pendio unico inclinata a 45° (1/1 – pendenza 100%) con altezza di 16 metri nei confronti della nuova condotta in costruzione a sud orientata W-E, al quale fa riferimento il secondo punto di richiesta di chiarimento/integrazione di SNAM.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche di stabilità effettuate secondo le indicazioni di SNAM e che tengono conto della presenza di mezzi d’opera durante le fasi di dismissione delle condotte esistenti e/o di manutenzione della nuova opera nella fascia di rispetto minima ipotizzata a progetto e pari a 20 m dall’asse delle stesse.

Si riportano di seguito sinteticamente le considerazioni preliminari della metodologia di calcolo alla base delle verifiche di stabilità e specificamente per l'areale in oggetto già richiamate al paragrafo 5 della fascicolo 2 “Relazione Geologica e Idrogeologica”.

2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Per quanto riguarda le scarpate, in accordo con le N.T.A. del P.A.E. di Casalgrande e del PCA, nonché viste le verifiche di stabilità di seguito riportate, quelle di escavazione in fase di esercizio potranno raggiungere pendenze massime di 60° con altezza scarpata massima di 6.5 m (fronte inframezzato da banche intermedie della larghezza di 5 m fino al fondo cava), fino a raggiungere le pendenze di fine scavo a 45° lungo il confine di cava con pendio unico di rilascio a - 20 m di profondità dal p.d.c..

Di seguito vengono svolte le verifiche di stabilità dei fronti di cava nelle diverse condizioni di rilascio verso le condotte SNAM esistenti e future:

- Fronte di fine scavo con altezza 20 metri;
- Fronte di fine scavo con altezza 16 metri.

Saranno descritte sinteticamente le assunzioni, le metodologie di verifica e i parametri sismici e geotecnici utilizzati; le specifiche sono riportate nella relazione di calcolo allegata alla presente relazione (allegato 1).

NORMATIVA

La normativa di riferimento utilizzata è quella delle NTC2018 – Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni.

Le verifiche di stabilità vengono eseguite in condizioni dinamiche (sisma), in quanto più cautelative.

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

La condizione di stato limite ultimo (SLU) viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza F_s :

$$F_s = \tau_s / \tau_m$$

τ_s : resistenza al taglio disponibile;

τ_m : sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale).

Per i fronti di scavo e rilevati, in condizioni sismiche, i parametri da utilizzare sono quelli caratteristici dei terreni ($\gamma_M=1$) e $\gamma_R=1.2$, mentre in condizioni statiche si applicano i coefficienti parziali M_2 (approccio 1 comb 2 A2-M2-R2) con $\gamma_R=1.1$.

Per terreni non saturi, si può fare l'ipotesi (cautelativa) che $u=0$ anche durante un sisma, ed eseguire l'analisi in tensioni efficaci (c' , ϕ') sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU) le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica si ricavano da:

$$F_h = k_h x W \text{ e } F_v = k_v x W, \text{ dove}$$

Fh e Fv sono incrementi di forza proporzionali a W;
kh e kv sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale, che valgono:

$$k_h = \beta_s \times \alpha_{\max} / g \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \times k_h, \text{ dove}$$

β_s : coeff. di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$\alpha_{\max}$: accelerazione massima attesa al sito ($\alpha_{\max} = S_s \times S_t \times a_g$);

g: accelerazione di gravità.

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

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

METODOLOGIA UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle verifiche si è utilizzato un software di calcolo automatico, Slope della Geostru, basato su diversi metodi deterministici dell'equilibrio limite; in questo caso si è utilizzato Bishop per le superfici circolari.

Tramite il tracciamento di ipotetiche superfici di scivolamento circolari, suddivise in conci e coinvolgenti sia la totalità che particolari porzioni del fronte di cava, è stato possibile individuare le superfici critiche caratterizzate dal fattore di sicurezza minore.

In sintesi per il calcolo di stabilità, si è proceduto tramite i seguenti passaggi:

- introduzione della geometria del fronte;
- Input dei parametri geomeccanici dei terreni;
- Scelta delle opzioni di calcolo (normativa, metodo, etc.);
- Importazione dei coefficienti sismici;
- Scelta della tipologia di superficie di scorrimento;
- Esecuzione dell'analisi di stabilità.

PARAMETRI SISMICI

Per la scelta dei coefficienti sismici nei casi specifici delle scarpate fronte condotte SNAM si è ritenuto opportuno considerare l'ipotesi di Vita Nominale (VN) pari a 10 anni, in quanto trattasi di interventi di scavo provvisori, infatti le scarpate saranno completamente rinfiancate con terreno a tutta altezza e per larghezza di 30 metri.

GEOMETRIA DEI FRONTI

Le verifiche di stabilità vengono eseguite solo per le scarpate di fine scavo.

I profili di verifica fanno riferimento a due tipologie di scarpate:

- 1) Fronte di fine scavo a pendio unico, con inclinazione di circa 45° e altezza di 20 metri;
- 2) Fronte di fine scavo a pendio unico, con inclinazione di circa 45° e altezza di 16 metri;

Si tenga presente che le scarpate prevedono opere di regolazione delle acque al fine di evitare ruscellamenti concentrati e diffusi sui pendii stessi.

SCELTA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Le ghiaie presenti all'interno dell'area in esame, sono costituite da ciottoli arrotondati, ben addensati e composti da litologie calcaree, calcareo marnose e arenacee tipiche delle formazioni appenniniche.

Dal punto di vista geotecnico, i litotipi in questione, così come del resto tutti i materiali ghiaiosi, risultano difficilmente caratterizzabili.

Tuttavia la necessità di quantificare i valori dei parametri meccanici di resistenza al taglio, determinano per la valutazione delle condizioni di stabilità del fronte di cavo delle aree estrattive, esige una definizione, anche se approssimativa di questi parametri.

Questi materiali ghiaiosi sono caratterizzati da una matrice limo-sabbiosa e argillosa che conferisce all'ammasso una debole coesione, alla quale possono contribuire anche una modesta cementazione derivante dalla deposizione calcarea da parte delle acque di infiltrazione e del mutuo incastro dei singoli ciottoli. Queste condizioni permettono di attribuire a tali materiali, in termini geotecnici, non solo un angolo di attrito ma anche una seppur debole coesione.

Questi valori di coesione sono difficilmente quantificabili in quanto non è possibile effettuare campionamenti significativi in condizioni indisturbate del materiale e anche se così fosse, non si riuscirebbe a condurre su di essi prove di resistenza al taglio. Anche le indagini di campagna come le prove penetrometriche dinamiche non sono da ritenersi attendibili in quanto producono notevole disturbo proprio alla componente coesiva.

Quindi l'unico metodo che in tali condizioni permette una stima attendibile dei parametri di resistenza al taglio è quello dell'esame geomeccanico delle pareti di scavo esistenti mediante “back Analysis”.

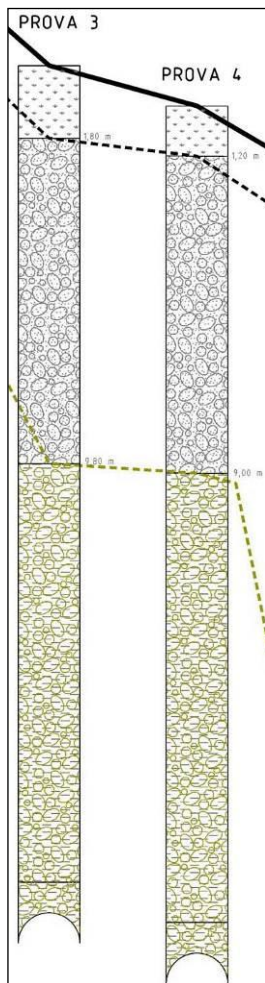
Facendo riferimento a scarpate di scavo reali costituite da analoghi materiali, si è osservato come queste risultino formate da una parte superiore subverticale (con tratti inclinati anche 80°) con al piede un accumulo del materiale ghiaioso che si dispone secondo il suo angolo naturale di pendio. Quest'angolo presenta valore compresi fra 38° e oltre 42°.

La condizioni di sub-verticalità è possibile solo attribuendo a questi materiali una coesione derivante principalmente dalla presenza di una matrice fine e dall'effetto del mutuo incastro fra i ciottoli.

Stratigrafia

Per i primi 15 m, a partire dal p.c. originario, la stratigrafia dell'area in oggetto è ricavata dall'osservazione diretta delle pareti di scavo nell'ambito della coltivazione della attuale cava Fornace-1 e di altre cave in esercizio sia a sud che a nord (ad esempio “Colmate”, “Colmate Bis”, “La Noce”); per la parte sottostante, fino alla profondità di -30,00 m ÷ -33,00 m circa dal p.c., ci si è avvalsi della consultazione di una serie di indagini geognostiche eseguite nella zona di studio (perforazioni dirette eseguite per le installazioni di piezometri).

Sostanzialmente, la successione stratigrafica dei terreni che saranno attraversati dalla coltivazione può essere così riassunta:



0 – 0.8 m: cappellaccio, terreno limo-argilloso di copertura.

0.8 – 9/10 m: ghiaie a granulometria medio-grossolana in matrice limoso-sabbiosa di colore grigio.
 $\phi' 40^\circ$ - $c' 0.1 \text{ kg/cm}^2$

9/10 – 20 m: ghiaie a granulometria medio grossolana in matrice limoso-argillosa bruno-rossiccia.
 $\phi' 38^\circ$ - $c' 0.15 \text{ kg/cm}^2$

Dalle diverse verifiche eseguite, scaturiscono i seguenti parametri geotecnici caratteristici costituenti i fronti di scavo:

Parametri geotecnici caratteristici

Tipo di terreno	Parametri geotecnici	
cappellaccio	$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)}$	1.8
	$\phi' \text{ (}^\circ\text{)}$	24
	$c' \text{ (t/m}^2\text{)}$	2
Ghiaie (0.8 – 9/10 m)	$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)}$	2.1
	$\phi' \text{ (}^\circ\text{)}$	40
	$c' \text{ (t/m}^2\text{)}$	1.0
Ghiaie (9/10 – 20 m)	$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)}$	2.1
	$\phi' \text{ (}^\circ\text{)}$	38
	$c' \text{ (t/m}^2\text{)}$	1.5
riporto	$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)}$	1.8
	$\phi' \text{ (}^\circ\text{)}$	23
	$c' \text{ (t/m}^2\text{)}$	1

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito delle ghiaie sono stati utilizzati valori leggermente più prudenziali rispetto ai 42° mediamente valutati con le verifiche sopra descritte.

2.1 RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ

Le verifiche di stabilità sono volte ad analizzare le condizioni di sicurezza del pendio sottostante, in fase di esercizio, con l'ipotesi di mezzi d'opera che effettuano lavorazioni, transiti, manovre all'interno della fascia di rispetto di 20 metri (derogata ai sensi dell'art. 105 del D.P.R. 128/59) dai metanodotti esistenti (tratta SW-NE e di prossima delocalizzazione a sud dell'area di cava (tratta W-E). Pertanto, si sono considerati sovraccarichi pari a 1 t/mq distribuiti su una fascia di larghezza di 3 metri (equivalente alla larghezza di un mezzo d'opera) posizionati a distanze di 0 m dal ciglio di scarpata, a 1 m ed in fine a 3 metri da ciglio; ciò a rappresentare il transito di mezzi a distanze equivalenti dal ciglio di scarpata, di cui quella a 0 m è non plausibile mentre a 3 m è sicuramente più plausibile. Il metanodotto è rappresentato come carico imposto di 200 kg alla distanza di 20 m dal ciglio di scarpata.

Le sezioni verifica sono applicate perpendicolarmente al fronte di scavo e valide per l'intero sviluppo del fronte.

Nella seguente tabella sono riportati sinteticamente i risultati delle verifiche effettuate nelle varie condizioni e configurazioni confrontate con l'ipotesi di fronte privo di sovraccarichi, quest'ultima già verificata nell'impostazione iniziale all'atto della presentazione del progetto (fascicolo 2 “Relazione Geologica e Idrogeologica”, paragrafo 5):

Fronti di Verifica in condizioni Dinamiche (sisma)	Fronte H=20 m Fs min	Fronte H=16 m Fs min
Fronte di fine scavo - Pendio unico 45° - (VN 10 anni) Senza sovraccarico	1.14	1.23
Fronte di fine scavo - Pendio unico 45° - (VN 10 anni) Con sovraccarico 1 t/mq collocato a 0 m dal ciglio	1.131	1.215
Fronte di fine scavo - Pendio unico 45° - (VN 10 anni) Con sovraccarico 1 t/mq collocato a 1 m dal ciglio	1.135	1.221
Fronte di fine scavo - Pendio unico 45° - (VN 10 anni) Con sovraccarico 1 t/mq collocato a 3 m dal ciglio	1.141	1.230

Nelle successive figure 4, 5 e 6 sono rappresentati i profili di scavo con fronte di H=20 m e i cerchi critici per le distanze del sovraccarico da 0m a 3 m dal ciglio di scarpata; nelle figure 7, 8, e 9 sono rappresentati i profili di scavo con fronte di H=16 m e i cerchi critici per le distanze del sovraccarico da 0 m a 3 m dal ciglio di scarpata.

In allegato 1 sono riportati i tabulati di calcolo delle verifiche di stabilità effettuate nella condizione con sovraccarico posizionato a 1.0 m dal ciglio di scavo, in quanto non cambiano le altre variabili di impostazione delle verifiche, ma diventa significativo solamente il centro del cerchio critico a minor valore di fattore di sicurezza.

Si osserva che pur variando la posizione del sovraccarico dal ciglio di scarpata da 0 m a 3 m il cerchio critico non subisce modifiche significative e mantiene la medesima posizione e dimensione:

- per il fronte con $H=20$ m il cerchio critico presenta un centro in $X_c=52$ $Y_c=33$ e $R_c=33$ metri;
- per il fronte con $H=16$ m il cerchio critico presenta un centro in $X_c=60$ $Y_c=29$ e $R_c=24.01$ metri.

Varia solamente il fattore di sicurezza che decresce avvicinandosi al ciglio di scarpata, senza mai scendere sotto il valore minimo di $F_{smin}=1.10$. Si osserva che già alla distanza di 3 metri dal ciglio di scarpata il sovraccarico imposto è influente sulla geometria del cerchio critico in quanto già esterno allo stesso. In generale la criticità potrebbe riguardare la fascia di 1-2 m più prossima al ciglio di scarpata mentre la restante parte del rispetto dal metanodotto (+/- 18 m) è ampiamente in sicurezza ($F_s > 2$) e non influenzata da superfici critiche instabili.

Si può quindi concludere che i terreni costituenti la fascia di rispetto di larghezza 20 m dalle condotte SNAM (Metanodotto Casalgrande-Scandiano DN300), rilasciata in deroga, mostrano caratteristiche di stabilità sufficienti anche in presenza di mezzi d'opera in azione su di essa, sia in fase di esercizio della cava sia in quella di post-gestione, per fattori di sicurezza maggiori di $F_s > 1.1$ nel rispetto della NTC2018 del D.M. 17/01/2018.

Sintesi calcolo

Superfici calcolate
SF Min, SF Max

Ricalcola

Xc Yc Rc Ps

Intervalli di visualizzazione

- ☒ Superficie a fattore minimo
- ☐ Superfici calcolate
- ☐ Superfici da visualizzare
- ☐ 113 - 444
- ☐ 444 - 775
- ☐ 775 - 1107
- ☐ 1107 - 1438
- ☐ 1438 - 1769
- ☐ 1769 - 2100

Visualizza

☒ Mostra fattori

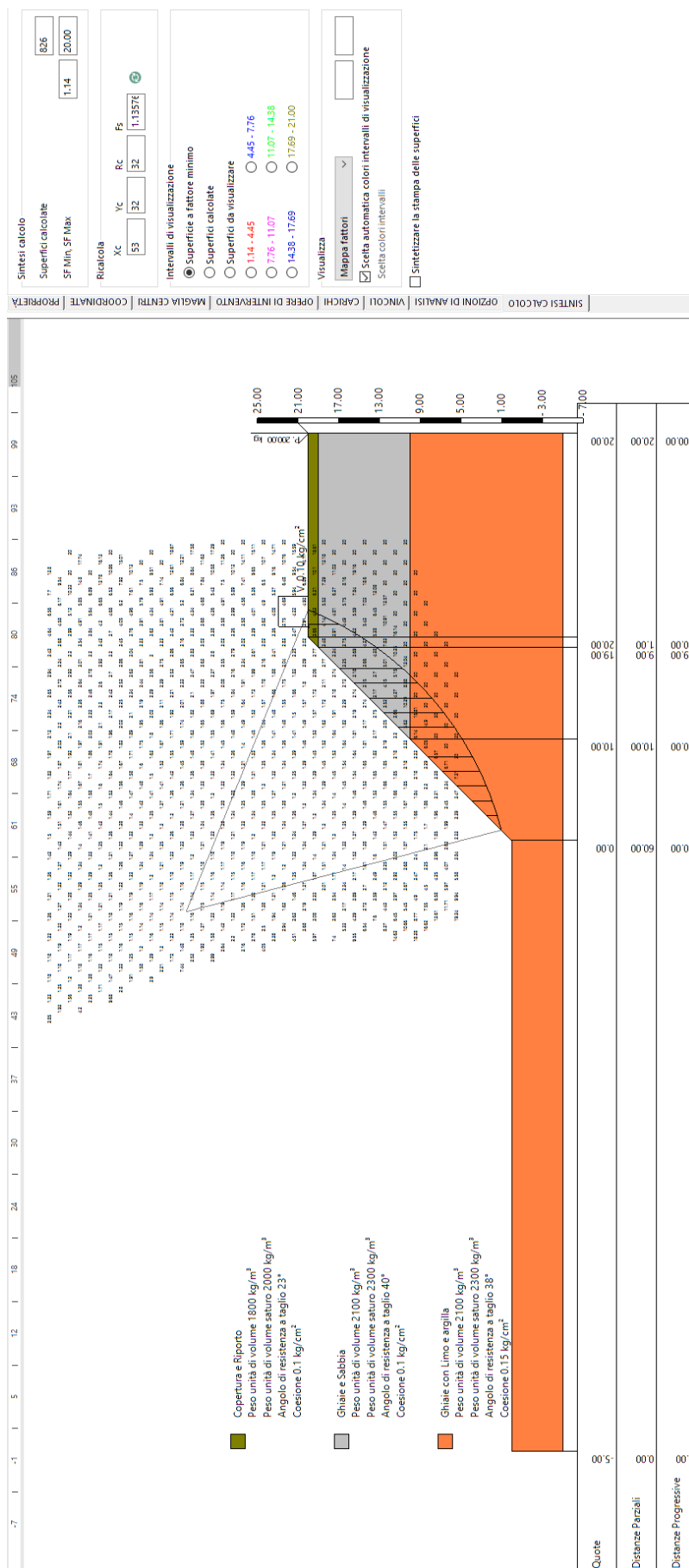
☒ Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

☐ Sintetizzare la stampa delle superfici

Material	Peso unità di volume	Angolo di resistenza	Coesione
Ghiaie e Sabbia	1800 kg/m³	23°	0.1 kg/cm²
Ghiaie con Limo e argilla	2100 kg/m³	40°	0.15 kg/cm²

Figura 5 – Sezione verifica stabilità scarpata 45° H=20 m, sovraccarico 1 t/mq a 1 m dal ciglio.



Copertura e Riporto

- Peso unità di volume 1800 kg/m³
- Peso unità di volume saturo 2000 kg/m³
- Angolo di resistenza a taglio 23°
- Coesione 0.1 kg/cm²

Ghiaie e Sabbia

- Peso unità di volume 2100 kg/m³
- Peso unità di volume saturo 2300 kg/m³
- Angolo di resistenza a taglio 40°
- Coesione 0.1 kg/cm²

Ghiaie con Limo e argilla

- Peso unità di volume 2100 kg/m³
- Peso unità di volume saturo 2300 kg/m³
- Angolo di resistenza a taglio 38°
- Coesione 0.15 kg/cm²

The diagram illustrates the vertical distribution of different soil types and their mechanical properties. The vertical axis represents depth in meters, ranging from 0.00 at the top to 25.00 at the bottom. The horizontal axis represents distance in meters, ranging from 0.00 to 5.00. Three distinct soil layers are shown:

- Copertura e Riporto (Dark Green):** This layer is located at the top, starting from the surface down to approximately 1.00 meter. Its properties are: unit weight of 1800 kg/m³, saturated unit weight of 2000 kg/m³, internal friction angle of 23°, and cohesion of 0.1 kg/cm².
- Ghiaie e Sabbia (Grey):** This layer follows the first, extending from about 1.00 meter to 17.00 meters depth. Its properties are: unit weight of 2100 kg/m³, saturated unit weight of 2300 kg/m³, internal friction angle of 40°, and cohesion of 0.1 kg/cm².
- Ghiaie con Limo e argilla (Orange):** This is the deepest layer, starting at 17.00 meters and continuing down to 25.00 meters. Its properties are: unit weight of 2100 kg/m³, saturated unit weight of 2300 kg/m³, internal friction angle of 38°, and cohesion of 0.15 kg/cm².

A scale bar at the bottom indicates distances from 0.00 to 5.00 meters. A vertical scale on the right indicates depths from 0.00 to 25.00 meters.

Sintesi calcolo

Superfici calcolate
SF Min, SF Max

Ricalcola

Intervalli di visualizzazione

Superficie a fattore minimo

Superfici calcolate

Superfici da visualizzare

Visualizza

Mappe fattori

Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

Sintetizzare la stampa delle superfici

SINTESI CALCOLO

OPZIONI DI ANALISI

VINCOLI

CARICHI

OFFRE DI INTERVENTO

MAGLIA CENTRI

COORDINATE

PROPRIETA'

Quote

Distanze Parziali

Distanze Progressive

Copertura e Riparto

Peso unità di volume 1800 kg/m³

Peso unità di volume saturo 2000 kg/m³

Angolo di resistenza a taglio 23°

Coesione 0.1 kg/cm²

Ghiaie e Sabbia

Peso unità di volume 2100 kg/m³

Peso unità di volume saturo 2300 kg/m³

Angolo di resistenza a taglio 40°

Coesione 0.1 kg/cm²

Ghiaie con Limo e argilla

Peso unità di volume 2100 kg/m³

Peso unità di volume saturo 2300 kg/m³

Angolo di resistenza a taglio 38°

Coesione 0.15 kg/cm²

25.00

21.00

17.00

13.00

9.00

5.00

1.00

-3.00

-7.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

15.00

14.00

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

-4.00

-5.00

20.00

19.00

18.00

17.00

16.00

Figura 8 – Sezione verifica stabilità scarpata 45° H=16 m, sovraccarico 1 t/mq a 1 m dal ciglio.

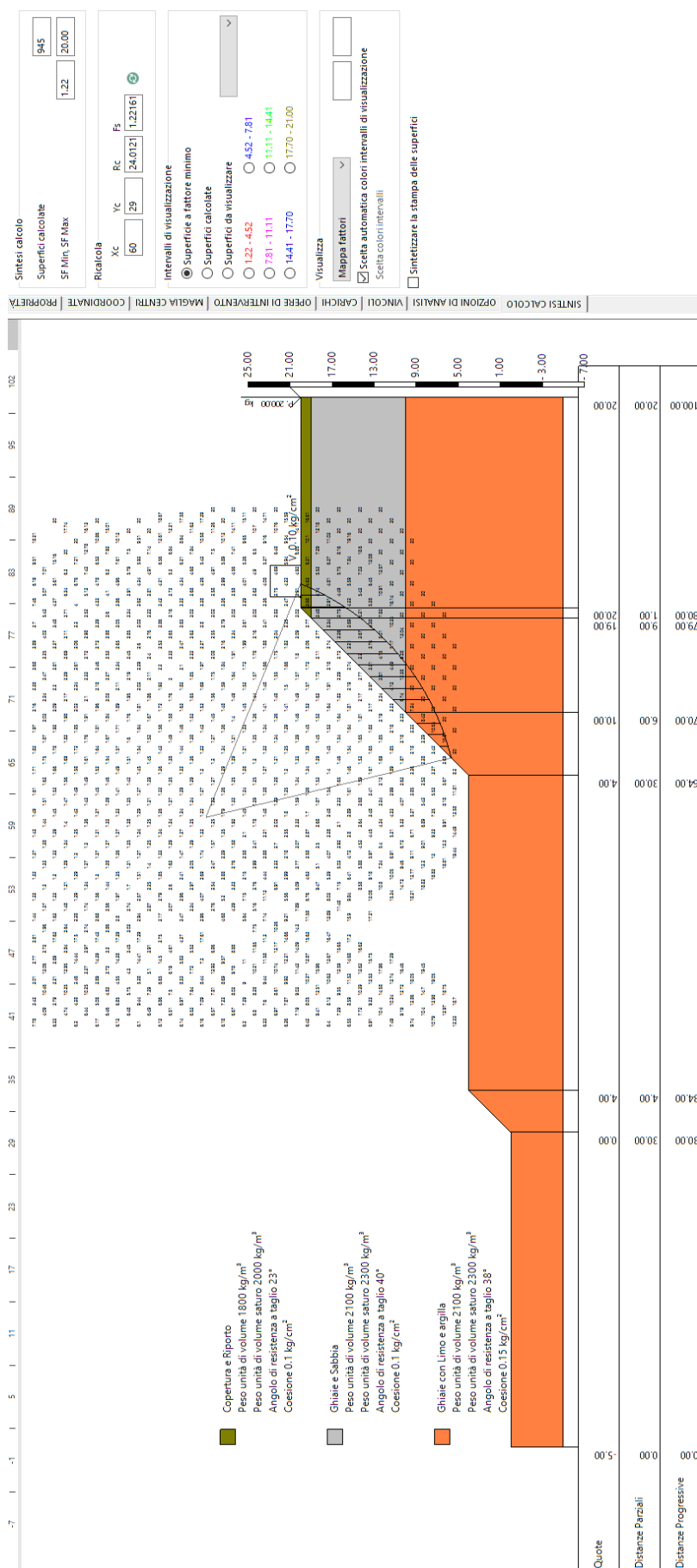
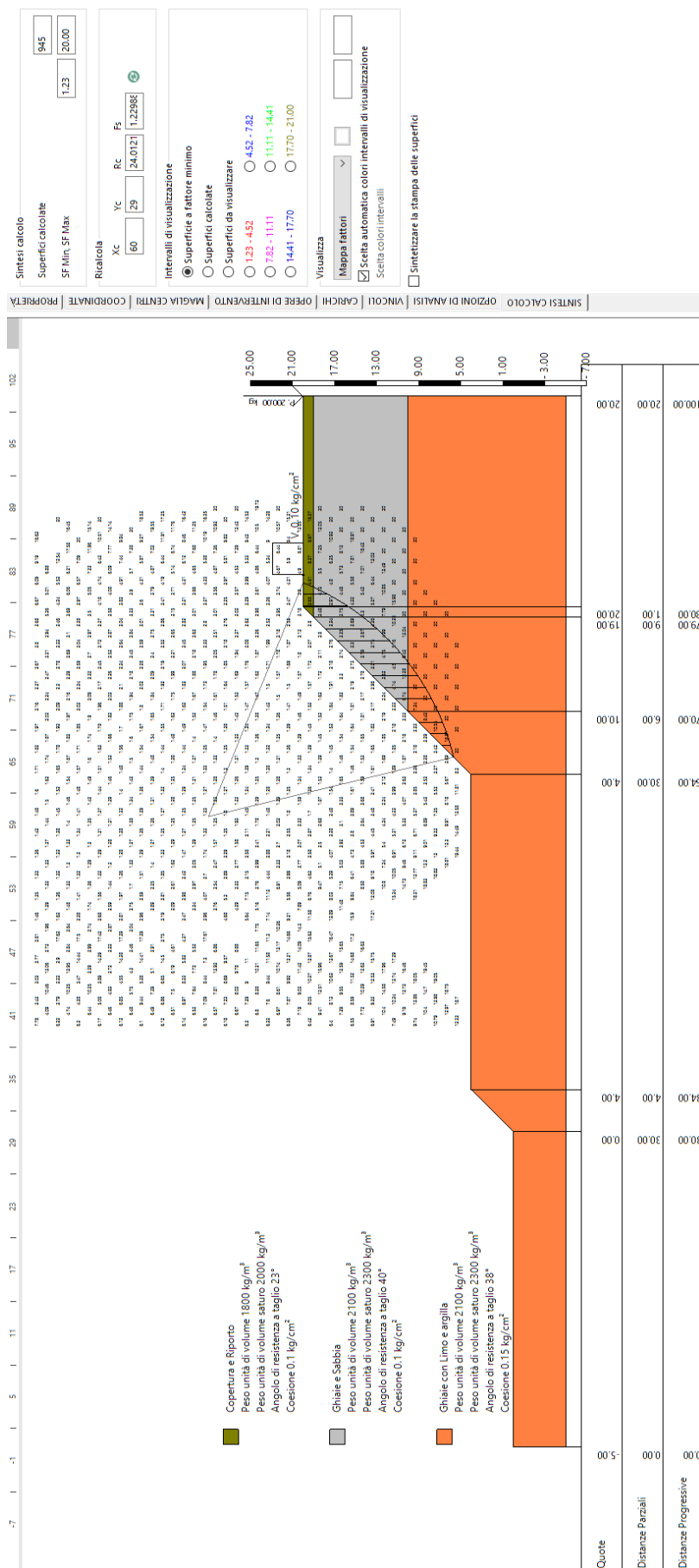


Figura 9 – Sezione verifica stabilità scarpata 45° H=16 m, sovraccarico 1 t/mq a 3 m dal ciglio.



ALLEGATO 1

TABULATI VERIFICHE STABILITA’

=====

CAVA FORNACE-1 AMPLIAMENTO SNAM

Verifiche integrative SNAM - Scarpata fine scavo altezza 20 metri.

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

=====

Zona	Villalunga-Salvaterra - Casalgrande (RE)
Lat./Long.	44.583277/10.77477 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	15.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	40.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	90.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	45.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	25.0
Numero di celle lungo y	20.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera:	1 - Opere provvisorie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	10.0 [anni]
Vita di riferimento:	7.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.5	2.479	0.252
S.L.D.	35.0	0.539	2.483	0.256
S.L.V.	332.0	1.393	2.384	0.286
S.L.C.	682.0	1.795	2.377	0.299

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Classe I

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.6	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.6468	0.47	0.031	0.0155
S.L.V.	1.6716	0.38	0.0648	0.0324
S.L.C.	2.154	0.0	0.0	0.0

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0648

Coefficiente azione sismica verticale 0.0324

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	60.0	0.0
4	70.0	10.0
5	79.0	19.0
6	80.0	20.0
7	100.0	20.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	60.0	0.0
4	70.0	10.0
5	79.0	19.0
6	100.0	19.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	60.0	0.0
4	70.0	10.0
5	100.0	10.0

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (kg/m ³)	Litologia	
1	0.1	0	23	1800	2000	Copertura e Riporto	
2	0.1	0	40	2100	2300	Ghiaie e Sabbia	
3	0.15	0	38	2100	2300	Ghiaie con Limo e argilla	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (kg)	Fy (kg)	M (kgm)
1	100	20	0	200	0

Carichi distribuiti

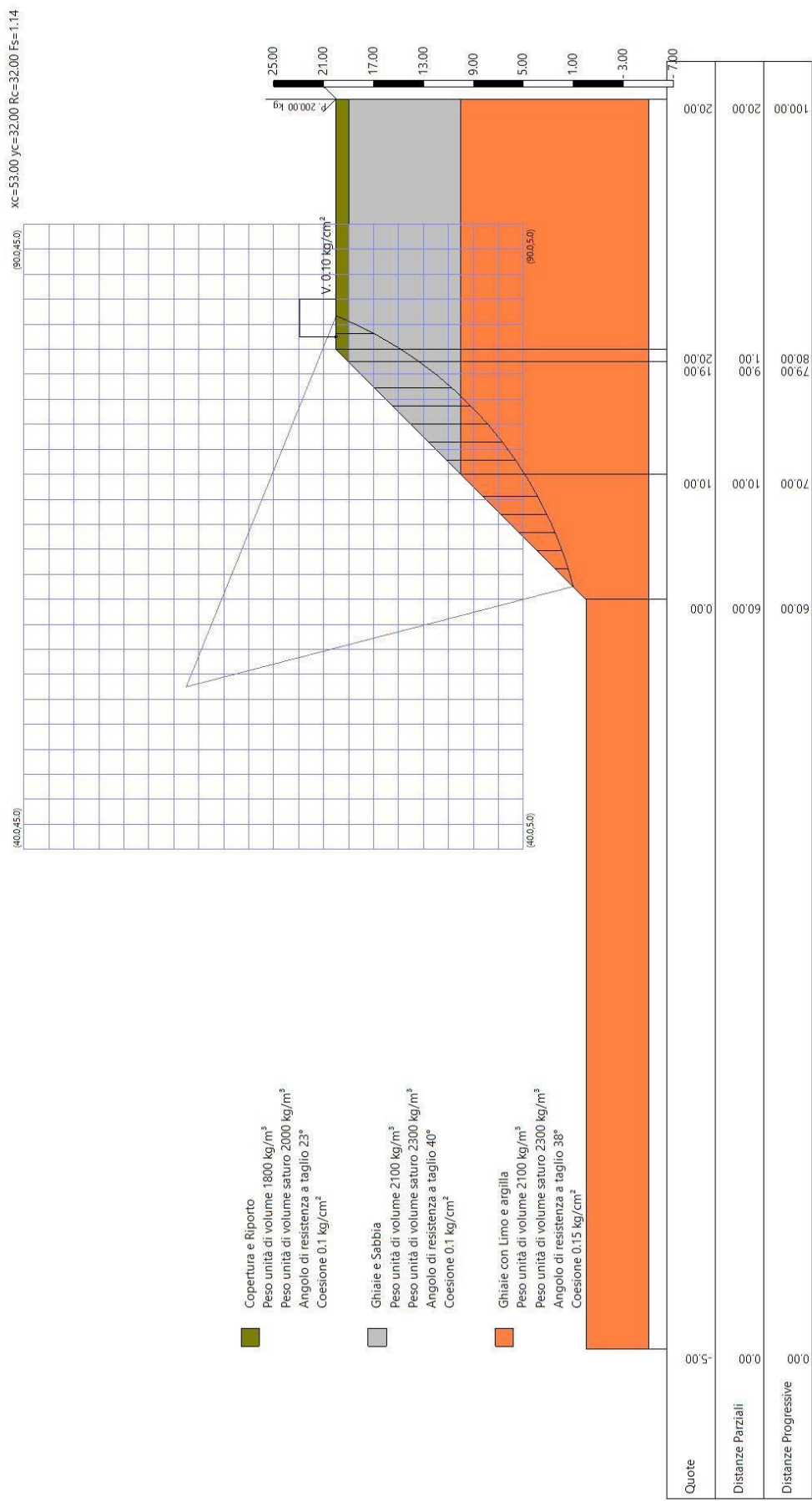
N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	81	20	84	20	0.1

Risultati analisi pendio [NTC 2018 & Circ. 2019]

Fs minimo individuato	1.14
Ascissa centro superficie	53.0 m
Ordinata centro superficie	32.0 m
Raggio superficie	32.0 m

$$x_c = 53.00 \quad y_c = 32.00 \quad R_c = 32.00 \quad F_s = 1.135$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	1.44	15.9	1.51592.59	103.2	51.6	0.15	38.0	0.0	914.0	2610.3	
2	1.44	18.6	1.54610.45	298.76	149.38	0.15	38.0	0.0	3402.0	4351.5	
3	1.44	21.3	1.57396.72	479.31	239.65	0.15	38.0	0.0	5630.0	5919.7	
4	1.44	24.1	1.69938.96	644.04	322.02	0.15	38.0	0.0	7610.3	7324.7	
5	1.44	27.0	1.612221.65	791.96	395.98	0.15	38.0	0.0	9350.0	8572.2	
6	1.76	30.3	2.017640.69	1143.12	571.56	0.15	38.0	0.0	13450.2	11952.2	
7	1.12	33.3	1.312514.08	810.91	405.46	0.15	38.0	0.0	9510.0	8316.3	
8	1.44	36.1	1.817292.29	1120.54	560.27	0.15	38.0	0.0	13106.0	11376.4	
9	1.44	39.4	1.918284.18	1184.82	592.41	0.15	38.0	0.0	13824.1	11977.0	
10	1.44	42.8	2.018848.2	1221.36	610.68	0.15	38.0	0.0	14221.6	12382.7	
11	1.44	46.4	2.118911.65	1225.48	612.74	0.15	38.0	0.0	14235.2	12560.0	
12	2.11	51.3	3.426492.1	1716.69	858.34	0.1	40.0	0.0	20114.6	17832.9	
13	1.0	55.9	1.811268.52	730.2	365.1	0.1	40.0	0.0	8501.3	7854.7	
14	1.22	59.7	2.410568.89	684.86	342.43	0.1	40.0	0.0	7638.4	7778.0	
15	1.44	64.9	3.45905.03	382.65	191.32	0.1	40.0	0.0	2917.5	5154.4	



=====

CAVA FORNACE-1 AMPLIAMENTO SNAM

Verifiche integrative SNAM - Scarpata fine scavo altezza 16 metri.

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

=====

Zona	Villalunga-Salvaterra - Casalgrande (RE)
Lat./Long.	44.583277/10.77477 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	15.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	40.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	90.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	45.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	25.0
Numero di celle lungo y	20.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera:	1 - Opere provvisorie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	10.0 [anni]
Vita di riferimento:	7.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.5	2.479	0.252
S.L.D.	35.0	0.539	2.483	0.256
S.L.V.	332.0	1.393	2.384	0.286
S.L.C.	682.0	1.795	2.377	0.299

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Classe I

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.6	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.6468	0.47	0.031	0.0155
S.L.V.	1.6716	0.38	0.0648	0.0324
S.L.C.	2.154	0.0	0.0	0.0

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.065

Coefficiente azione sismica verticale 0.032

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	30.0	0.0
4	34.0	4.0
5	64.0	4.0
6	70.0	10.0
7	79.0	19.0
8	80.0	20.0
9	100.0	20.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	30.0	0.0
4	34.0	4.0
5	64.0	4.0
6	70.0	10.0
7	79.0	19.0
8	100.0	19.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.0
2	0.0	0.0
3	30.0	0.0
4	34.0	4.0
5	64.0	4.0
6	70.0	10.0
7	100.0	10.0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (kg/m ³)	Litologia	
1	0.1	0	23	1800	2000	Copertura e Riporto	
2	0.1	0	40	2100	2300	Ghiaie e Sabbia	
3	0.15	0	38	2100	2300	Ghiaie con Limo e argilla	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (kg)	Fy (kg)	M (kgm)
1	100	20	0	200	0

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	81	20	84	20	0.1

Risultati analisi pendio [NTC 2018 & Circ. 2019]

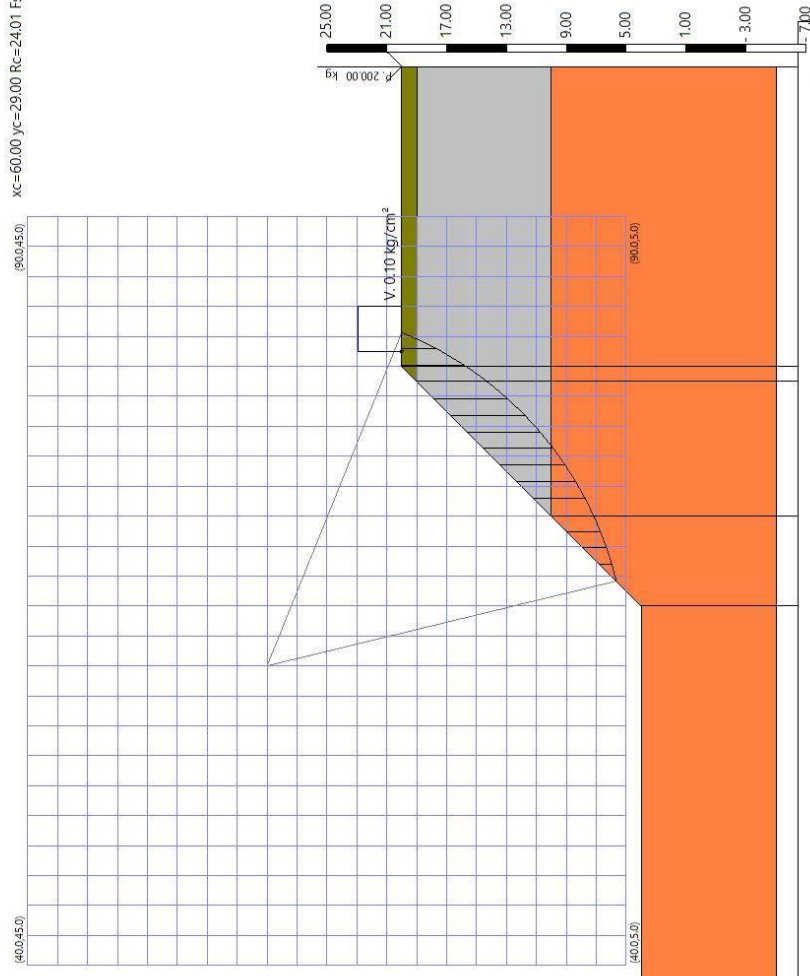
Fs minimo individuato	1.22
Ascissa centro superficie	60.0 m
Ordinata centro superficie	29.0 m
Raggio superficie	24.01 m

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

$$x_c = 60.00 \quad y_c = 29.00 \quad R_c = 24.012 \quad F_s = 1.222$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	1.11	15.0	1.1	956.99	62.2	30.62	0.15	38.0	0.0	523.7	1741.5
2	1.11	17.8	1.22	771.65	180.16	88.69	0.15	38.0	0.0	2036.0	2728.7
3	1.11	20.6	1.24	449.06	289.19	142.37	0.15	38.0	0.0	3393.3	3621.2
4	1.01	23.3	1.15	432.17	353.09	173.83	0.15	38.0	0.0	4179.4	4029.7
5	1.2	26.2	1.37	911.82	514.27	253.18	0.15	38.0	0.0	6093.4	5536.3
6	1.11	29.3	1.38	576.45	557.47	274.45	0.15	38.0	0.0	6593.5	5774.9
7	1.11	32.4	1.39	612.38	624.8	307.6	0.15	38.0	0.0	7371.9	6323.5
8	1.11	35.6	1.41	0451.28	679.33	334.44	0.15	38.0	0.0	7996.8	6784.6
9	1.11	38.9	1.41	1069.54	719.52	354.23	0.1	40.0	0.0	8547.5	7034.7
10	1.11	42.4	1.51	1435.9	743.33	365.95	0.1	40.0	0.0	8828.9	7290.4
11	1.11	46.1	1.61	1507.22	747.97	368.23	0.1	40.0	0.0	8891.4	7412.7
12	1.16	50.1	1.81	1791.47	766.45	377.33	0.1	40.0	0.0	9117.1	7748.8
13	1.05	54.5	1.89	752.12	633.89	312.07	0.1	40.0	0.0	7498.8	6627.9
14	1.11	59.2	2.27	570.43	492.08	242.25	0.1	40.0	0.0	5491.0	5539.8
15	1.11	64.9	2.63	608.36	234.54	115.47	0.1	40.0	0.0	1602.5	3233.9

xc=60.00 yc=29.00 Rc=24.01 Fs=1.22



Copertura e Riporto

Peso unità di volume 1800 kg/m³
Peso unità di volume saturo 2000 kg/m³
Angolo di resistenza a taglio 23°
Coesione 0.1 kg/cm²

Ghiaie e Sabbia

Peso unità di volume 2100 kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300 kg/m³
Angolo di resistenza a taglio 40°
Coesione 0.1 kg/cm²

Ghiaie con Limo e argilla

Peso unità di volume 2100 kg/m^3
 Peso unità di volume saturo 2300 kg/m^3
 Angolo di resistenza a taglio 38°
 Coesione 0.15 kg/cm^2

Quote	4.00	4.00	0.00	-5.00
Distanze Parziali	30.00	4.00	30.00	0.00
Distanze Progressive	6.00	4.00	30.00	0.00
	9.00	4.00	30.00	0.00
	10.00	4.00	30.00	0.00
	19.00	4.00	30.00	0.00
	20.00	4.00	30.00	0.00