

COMUNE DI AVISE

REALIZZAZIONE DI N.2 IMPIANTI IDROELETTRICI IN CESSIONE TOTALE SU IMPIANTO IRRIGUO IN ESERCIZIO IN FRAZ. BAULIN CON LE ACQUE DEL CMF RUNAZ E CMF BAISE PIERRE, LO LAIR E PLAN RAFFORT, NEL COMUNE DI AVISE

INTEGRAZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTI INCARICATI:



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com



Studio tecnico di ingegneria GIERREVV s.r.l
Passage du Verger 5 - 11100 Aosta
Tel: 0165 40322 / fax 0165 40322
mail: studiogr@fastwebnet.it
pec: gierrevu@pecvda.it

COMMITTENTI:

EDILLUBOZ s.r.l.

E-LECTRIQUE s.r.l.

ELABORATI DOCUMENTALI:

RELAZIONE GEOTECNICA

| data: | scala: | codice elaborato: |
|------------|--------|-------------------|
| 29/09/2022 | - | INT.1DC.103.GET |

| Revisione | Data | Descrizione | Progettisti |
|-----------|------|-------------|-------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



Handwritten signature in blue ink.



GIERREVVU srl
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta
Pec: gierrevu@pecvda.it
Mail: studiogrv@fastwebnet.it
P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

RELAZIONE IDRAULICA

Codice elaborato: **INT.1DC.103.GET**

REALIZZAZIONE DI N.2 IMPIANTI IDROELETTRICI IN CESSIONE TOTALE SU IMPIANTO IRRIGUO IN ESERCIZIO IN FRAZIONE BAULIN CON LE ACQUE DEL CMF RUNAZ E DEL CMF BAISE PIERRE, LO LAIR E PLAN RAFFORT

Comune di Avise

Committenti: **EDILUBOZ srl**
E-LECTRIQUE srl

Data: settembre 2022

| Revisione | Data | Note | Redatto da: | Verificato da: |
|-----------|------------|-----------------|-------------|----------------|
| REV 00 | 29.09.2022 | Prima emissione | A.Grimod | C.Clusaz |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |



GIERREVVU srl

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément

Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta

Tel: 349 54.43.541

e-mail: c.clusaz@gmail.com

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. Premessa | 3 |
| 2. Definizione dei parametri geotecnici di progetto | 4 |
| 3. Analisi di stabilità dei fronti di scavo | 10 |
| 4. Dimensionamento delle opere di sostegno | 16 |
| 4.1 Geometria..... | 16 |
| 4.2 Analisi dei materiali dell'opera di sostegno | 16 |
| 4.3 Caratteristiche geotecniche del terreno | 17 |
| 4.4 Carichi agenti sull'opera di sostegno..... | 17 |
| 4.5 Verifica come muro di sostegno a gravità..... | 17 |
| 4.5.1 Spinte agenti sul muro..... | 18 |
| 4.5.2 Geometria minima del muro | 19 |
| 4.5.3 Verifiche strutturali del muro..... | 20 |

**GIERREVVU srl**

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément

Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta

Tel: 349 54.43.541

e-mail: c.clusaz@gmail.com

1. Premessa

La presente relazione si pone l'obiettivo di verificare la stabilità dei fronti di scavo e delle opere di sostegno che verranno realizzate per la realizzazione della pista di cantiere.

Si ricorda che tutto il materiale di scavo verrà riutilizzato in-situ, e che le opere di sostegno, formate da scogliere a secco, verranno realizzate con i massi di risulta presenti derivanti dalle operazioni di scavo e/o demolizione di blocchi lapidei presenti lungo il tracciato.

2. Definizione dei parametri geotecnici di progetto

Il terreno è stato modellato secondo un criterio di rottura di Mohr-Coulomb ($\tau = c' + \sigma_n' * \tan \phi'$) considerando i seguenti parametri geotecnici:

- Densità del terreno: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$
- Coesione: $c' = 10 \text{ kPa}$ (si considera una coesione apparente a breve termine)
- Angolo di attrito interno di picco: $\phi' = 35^\circ$ (data la presenza di una importante matrice granulare)

I parametri geotecnici sono stati calibrati sulla base di precedenti scavi realizzati nella zona d'intervento; nella fattispecie, si è fatto riferimento allo scavo della cabina interrata della DEVAL realizzata nel 2020, in cui i fronti di scavo presentavano delle inclinazioni pressoché verticali su delle altezze di variabili da 1.5 a 3.0 m circa:



Si calcola quindi, mediante back analysis, l'altezza critica in condizioni drenate, imponendo i parametri di coesione (c'), densità (γ') e angolo d'attrito (ϕ'):

$$z = \frac{2c'}{\gamma} \sqrt{\frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'}}$$

Con i parametri geotecnici sopra elencati, si ricava un'altezza critica di 1.9 m, che risulta congrua con le evidenze in-situ.



GIERREVVU srl

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogr@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



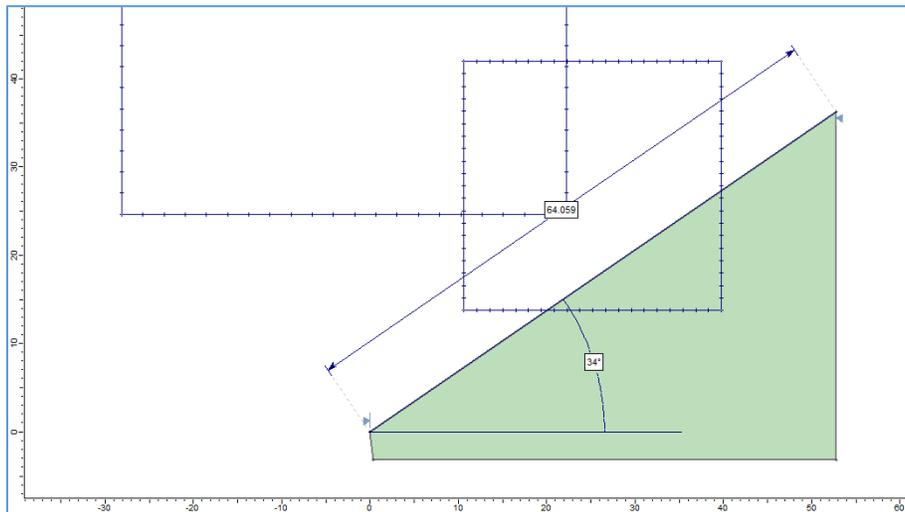
Studio Clusaz Clément

Fraz Runaz, 9 - Aoste - Aosta

Tel: 349 54.43.541

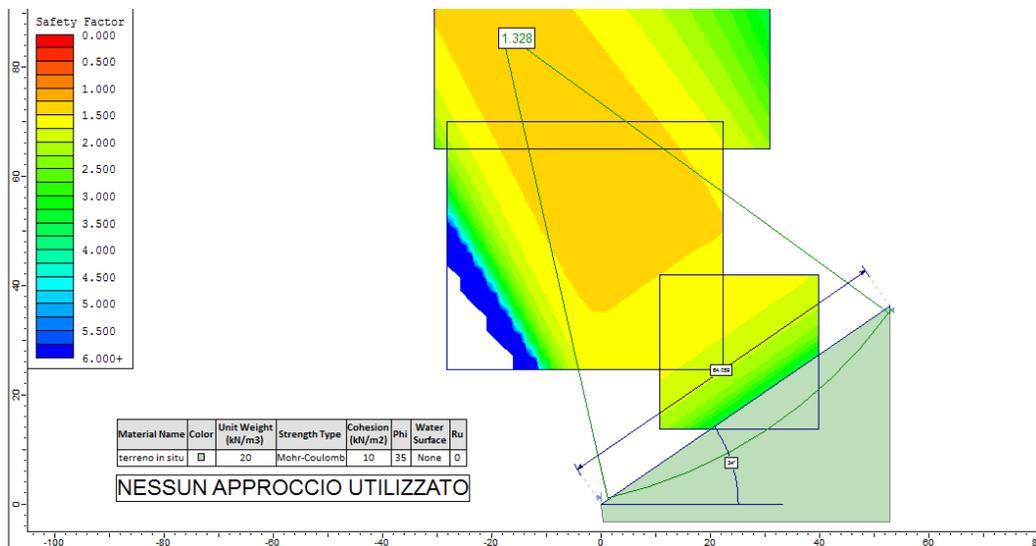
e-mail: c.clusaz@gmail.com

Per verificare le caratteristiche geotecniche sopra descritte, è stata fatta un'analisi di stabilità di un versante tipologico di lunghezza di circa 65 m e inclinazione 34° (analisi utilizzando il software Slide di RocScience Inc. basandosi sul metodo di calcolo di Bishop Semplificato per la definizione delle superfici critiche):



Il pendio risulta in condizioni di equilibrio limite, in quanto il Fattore di Sicurezza ricavato è superiore a 1.0 (nota: i parametri geotecnic non sono stati parametrizzati secondo NTC 2018 in quanto si vuole veramente analizzare la condizioni allo stato attuale):

Fattore di sicurezza del pendio: $FS = 1.328 > 1.0$ (equilibrio soddisfatto)



Alla luce di quanto sopra, si validano i parametri geotecnic definiti in precedenza.



GIERREVVU srl

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

Per l'analisi della stabilità dei fronti di scavo, tali parametri geotecnici sono stati ridotti in accordo a quanto definito da NTC 2018 secondo l'approccio A2+M2 (§Tab. 6.2.I e Tab. 6.2.II di NTC 2018).

I parametri geotecnici di calcolo risultano quindi pari a:

- Densità del terreno (valore di calcolo): $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$
- Coesione (valore di calcolo): $c' = 8 \text{ kPa}$ (coefficiente riduttivo pari a 1.25)
- Angolo di attrito interno di picco (valore di calcolo): $\phi' = 29.3^\circ$ (coefficiente riduttivo pari a 1.25 sulla tangente)



GIERREVVU srl
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta
Pec: gierrevu@pecvda.it
Mail: studiogrv@fastwebnet.it
P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

-
- File Name: STABILITA staus quo.slim
 - Last saved with Slide version: 6.009
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 - Date Created: 18/07/2022, 5:22:42 PM

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: days
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Right to Left
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes



GIERREVVU srl
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta
Pec: gierrevu@pecvda.it
Mail: studiogrv@fastwebnet.it
P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Aosta - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

| Property | terreno in situ |
|----------------------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 |
| Cohesion [kPa] | 10 |
| Friction Angle [deg] | 35 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0 |



GIERREVVU srl
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta
Pec: gierrevu@pecvda.it
Mail: studiogr@fastwebnet.it
P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

List Of Coordinates

External Boundary

| X | Y |
|--------|--------|
| 0.311 | -3.209 |
| 52.804 | -3.209 |
| 52.804 | 36.267 |
| 0 | 0 |

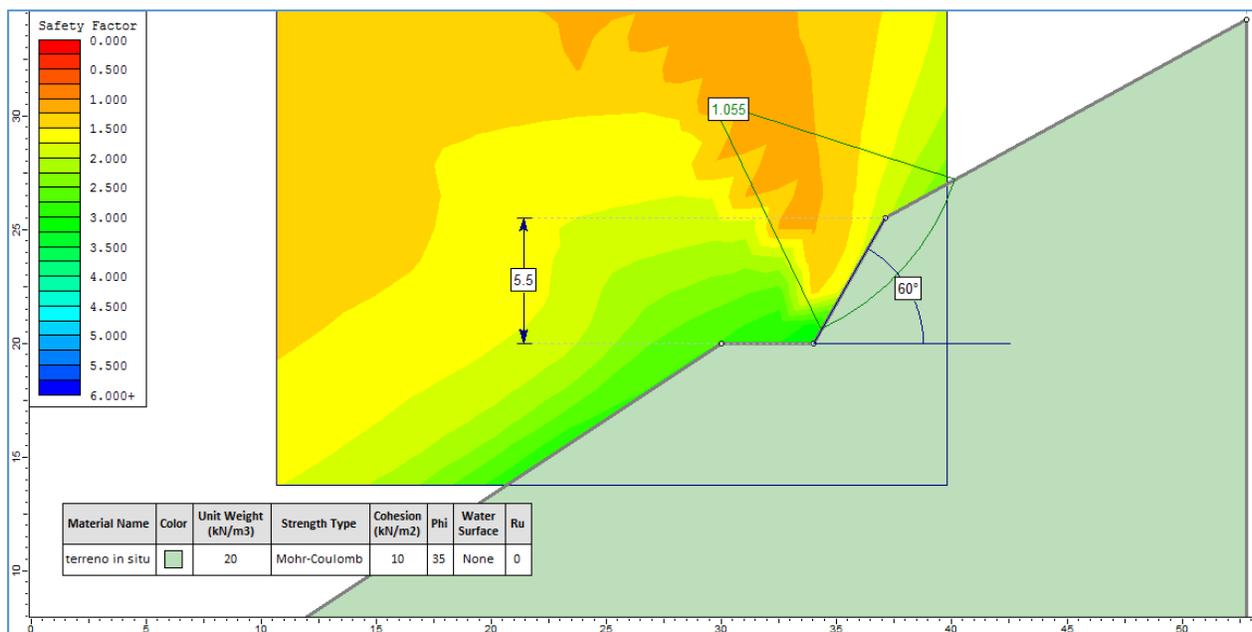
3. Analisi di stabilità dei fronti di scavo

Di seguito si riporta l'analisi di stabilità del fronte di scavo più sfavorevole (altezza di circa 5.50 m), che risulta quello in corrispondenza del locale centrale.

Data la temporaneità dei fronti di scavo, l'analisi di stabilità viene condotta senza considerare l'effetto sismico della zona d'interesse.

Le superfici critiche di scivolamento sono state calcolate mediante il metodo di calcolo di Bishop Semplificato, utilizzando il software SLIDE di RocScience Inc, e considerando l'**approccio A2+M2** (secondo NTC 2018).

Il fattore di stabilità globale del fronte di scavo risulta pari a 1.055 > 1.00 → **Condizione verificata**



Al fine di garantire una adeguata sicurezza per la stabilità dei fronti di scavo, l'inclinazione massima che dovrà essere adottata non dovrà superare i 60°. Al di là di tale inclinazione si dovrà ricorrere a delle misure di stabilizzazione del terreno (es. chiodature), che tuttavia, al momento non risultano necessarie.

NOTA: si noti che dai rilievi in-situ si è riscontrato che il substrato roccioso appare molto spesso affiorante, pertanto le analisi sopra effettuate risultano conservative.



GIERREVV srl
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta
Pec: gierrevu@pecvda.it
Mail: studiogrv@fastwebnet.it
P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Aosta - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com



Affioramenti rocciosi: ZONA VASCA CONSORZIO



Affioramenti rocciosi: ZONA TRACCIATO PISTA DI CANTIERE



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

-
- File Name: STABILITA STRADA.slim
 - Last saved with Slide version: 6.009
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 - Date Created: 18/07/2022, 5:22:42 PM

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: days
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Right to Left
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Design Standard

-
- Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
 - Name: A2+M2

| Type | Partial Factor |
|------------------------------------|----------------|
| Permanent Actions: Unfavourable | 1 |
| Permanent Actions: Favourable | 1 |
| Variable Actions: Unfavourable | 1.3 |
| Variable Actions: Favourable | 0 |
| Effective cohesion | 1.25 |
| Coefficient of shearing resistance | 1.25 |
| Undrained strength | 1.4 |
| Weight density | 1 |

**GIERREVVU srl**

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.itMail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément

Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta

Tel: 349 54.43.541

e-mail: c.clusaz@gmail.com

| | |
|-------------------------------|------|
| Shear strength (other models) | 1.25 |
| Earth resistance | 1 |
| Tensile and plate strength | 1 |
| Shear strength | 1 |
| Compressive strength | 1 |
| Bond strength | 1 |
| Seismic Coefficient | 1 |

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3



Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

| Property | terreno in situ |
|----------------------|--|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m3] | 20 |
| Cohesion [kPa] | 10 |
| Friction Angle [deg] | 35 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0 |

List Of Coordinates

External Boundary

| X | Y |
|---------|---------|
| 0.311 | -3.209 |
| 52.804 | -3.209 |
| 52.804 | 34.231 |
| 37.1277 | 25.5226 |
| 34 | 20 |
| 30 | 20 |



GIERREVVU srl

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

| | |
|---|---|
| 0 | 0 |
|---|---|

4. Dimensionamento delle opere di sostegno

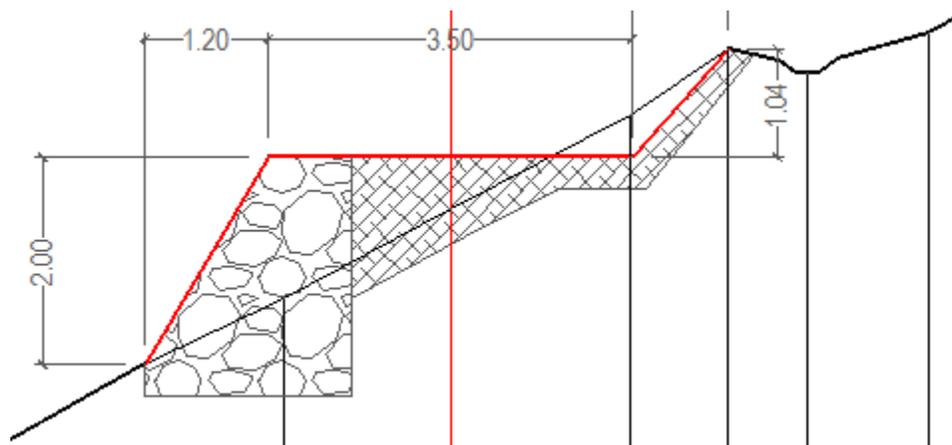
Alcune opere di sostegno di sottoscarpa saranno necessarie al fine di garantire la larghezza minima di passaggio dei mezzi.

Tali opere di sostegno verranno realizzate mediante dei blocchi di grossa dimensione derivanti dalle operazioni di scavo e/o di demolizione di blocchi presenti nei volumi di scavo.

4.1 Geometria

Si definisce una geometria della scogliera, che avrà un'altezza non superiore a 1.5 m; in via cautelativa la verifica viene effettuata con un'altezza di 2.0 m:

- Altezza della scogliera: 2.0 m
- Larghezza alla base (min): 1.40 m
- Larghezza in cresta (min): 0.80 m (a favore di sicurezza si considera un valore di calcolo inferiore a quello di progetto)
- Scarpa esterna: 0.60 m (inclinazione: circa 13.2°)



Geometria della scogliera

4.2 Analisi dei materiali dell'opera di sostegno

Le scogliere verranno realizzate in blocchi di pietra a secco (o eventualmente, legati tra loro mediante cemento); le caratteristiche dei materiali sono le seguenti:

**GIERREVVU srl**

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

-
- Peso di volume: 22 kN/m³
 - Coesione: 35 kPa
 - Angolo di attrito interno: 45°

4.3 Caratteristiche geotecniche del terreno

VEDI PARAGRAFO PRECEDENTE: considerando i parametri geotecnici ridotti dei coefficienti secondo l'approccio A2+M2 da NTC 2018.

A favore di sicurezza, nel calcolo si considera una coesione nulla.

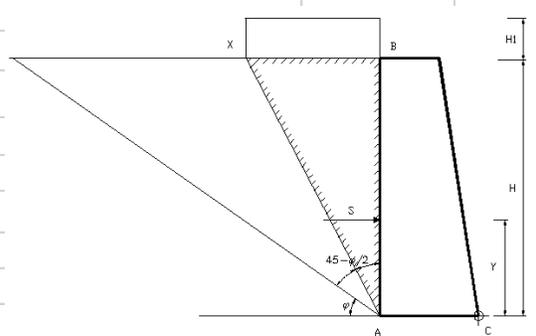
4.4 Carichi agenti sull'opera di sostegno

Si considera un carico di 7.5 kPa, considerando il passaggio di un escavatore o un camion per il movimento terra a pieno carico.

4.5 Verifica come muro di sostegno a gravità

Di seguito si eseguono le verifiche come muro di sostegno a gravità, si realizzeranno quindi le analisi al ribaltamento, allo scorrimento e alla capacità portante.

4.5.1 Spinte agenti sul muro

| Calcolo spinta delle terre | | | |
|--|------------|--|-----------------|
| prof. D. Natale | | | |
| terrapieno orizzontale-muro verticale - con o senza sovraccarico | | | |
| Dati | | | |
| peso volumico terra | γ_t | 20 KN/m ³ | |
| angolo di attrito terra | ϕ | 29.3 ° | |
| altezza muro | h | 2 m | |
| sovraccarico (0 per nessuno) | q | 7.5 KN/m ² | |
|  | | | |
| Risultati | | | |
| base prisma di spinta | AX | $AX \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$ | 1.17 m |
| altezza terra equipesante | h1 | q/γ_t | 0.38 m |
| spinta attiva | Sa | $0,5\gamma_t h^2 \tan^2(45 - \phi/2) \cdot (1 + (2h_1/h))$ | 18.92 KN |
| altezza linea di azione della spinta | y | $h/3 \cdot ((h + 3 \cdot h_1)/(h + 2 \cdot h_1))$ | 0.76 m |
| spinta dovuta al sovraccarico | Ss | $0,5\gamma_t h_1^2 \tan^2(45 - \phi/2)$ | 0.50 KN |
| spinta minima | Smin | $2 \cdot Sa/h_1$ | 2.61 KN |
| spinta massima | Smax | $(2 \cdot Sa/h_1) - Smin$ | 16.31 KN |

4.5.2 Geometria minima del muro

| PROGETTO MURO DI SOSTEGNO A GRAVITA' | | | |
|--|--|--|--|
| <i>prof. D. Natale</i> | | | |
| Dati | | | |
| peso volumico muro | γ_m | 22 KN/m ³ | |
| altezza muro | h | 2 m | |
| s/h | s | 0.3 % h | |
| scarpa esterna | s | 0.6 m | |
| sovraccarico sul muro | P | 7.5 KN/m | |
| angolo di attrito terra-muro | ϕ_1 | 26.5 ° | |
| tensione ammissibile terreno | σ_{amm} | 0.22 N/mm ² | |
| Spinta attiva | Sa | 18.92 KN | |
| Momento spingente | Ms | $S_a \cdot y$ | 14.38 KNm |
| - equazione di stabilità | | $M_r = 1,5 M_s$ | |
| A SEZIONE RETTANGOLARE | formula risolutiva nel caso più semplice | | |
| - base muro | b = | $\sqrt{S_a / \gamma_m}$ | // m |
| A SEZIONE TRAPEZIA | equazione di 2 grado in b (base=spessore in sommità) | | |
| | | $3\gamma_m b^2 + 6s\gamma_m b + 2s^2\gamma_m - 3S_a = 0$ | |
| | | 66 79.2 -40.92 | |
| formula risolutiva equazioni di 2° grado | | $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ | 0.3899495 si scarta |
| | | | -1.589949 il risultato negativo |
| - spessore muro in sommità | b | = | 0.39 m |
| - spessore muro alla base | B | = | 0.99 m |

4.5.3 Verifiche strutturali del muro

| VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO A GRAVITA' | | | |
|---|--------------------|---|--|
| <i>prof. D. Natale</i> | | | |
| Dati | | | |
| peso volumico muro | γ_m | 22 | KN/m ³ |
| base muro | b | 1.4 | m |
| scarpa esterna | s | 0.6 | m |
| altezza muro | h | 2 | m |
| sovraccarico sul muro | P | 0 | KN/m |
| angolo di attrito terra-muro | ϕ_1 | 26.5 | ° |
| tensione ammissibile terreno | σ_{amm} | 0.22 | N/mm ² |
| somma forze verticali | ΣP | 74.8 | KN |
| somma forze orizzontali (spinta) | ΣT | 18.92 | KN |
| Risultati | | | |
| RIBALTAMENTO | | | |
| - momento spingente | Ms | $S_a \cdot y$ | 14.38 KNm |
| - momento resistente | Mr | $P_1 \cdot (b/2+s) + P_2 \cdot 2/3s$ | 85.36 KNm |
| - grado di sicurezza | | $Mr/Ms > 1,5$ | 5.94 OK |
| SCORRIMENTO | | | |
| - coefficiente di attrito | f | $\tan \phi_1$ | 0.50 |
| - grado di sicurezza | | $f \cdot \Sigma P / \Sigma T > 1,3$ | 1.98 OK |
| SCHIACCIAMENTO | | | |
| - distanza centro di pressione | u | $Mr - Ms / \Sigma P$ | 0.95 m |
| - eccentricità | e | $B/2 - u$ | 0.05 m |
| verifica eccentricità: il centro di pressione C è INTERNO al 3° medio | | | |
| - tensione massima sul terreno | σ_{max} | $\frac{\Sigma P}{B} \cdot 100 \cdot (-1 - 6 \cdot e/B)$ $2 \cdot \Sigma P / 3 \cdot u \cdot 100$ | -4.31 N/cm ² per e < B/6 N/cm ² per e > B/6 |
| | σ_{min} | | -0.04 N/mm ² |
| | $3/2 \sigma_{amm}$ | | 0.33 N/mm ³ |
| verifica | | $s_{max} \leq 3/2 \sigma_{amm}$ | VERIFICATO |
| A livello del piano di posa il centro di pressione C deve risultare sempre interno o sul limite di nocciolo, affinché non si verifichino sforzi di trazione e in tal caso è necessario realizzare un allargamento della base (fondazione) | | | |
| FONDAZIONE | | | |
| - base muro | B | | 2.00 m |
| - larghezza fondazione | B1 | $3 \cdot (B - u) / 2$ | NON NECESSARIA |



GIERREVVU srl

Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta

Pec: gierrevu@pecvda.it

Mail: studiogrv@fastwebnet.it

P.iva: 01158000073



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com

Seppur non ci sia bisogno di una fondazione, si consiglia la realizzazione di un massetto di sottofondazione in cls (magrone) che fungerà da piano di posa dell'opera di sostegno.

Aosta, settembre 2022

ing. Alberto Grimod
Gierrevu srl

