

INGEOART s.r.l.

● STUDIO TECNICO BONACCI

Piazza Stazione, 3 - 28844 VILLADOSSOLA (VB) - P.I. 01383610035

Tel. 0324/5795 - Fax 0324/579530

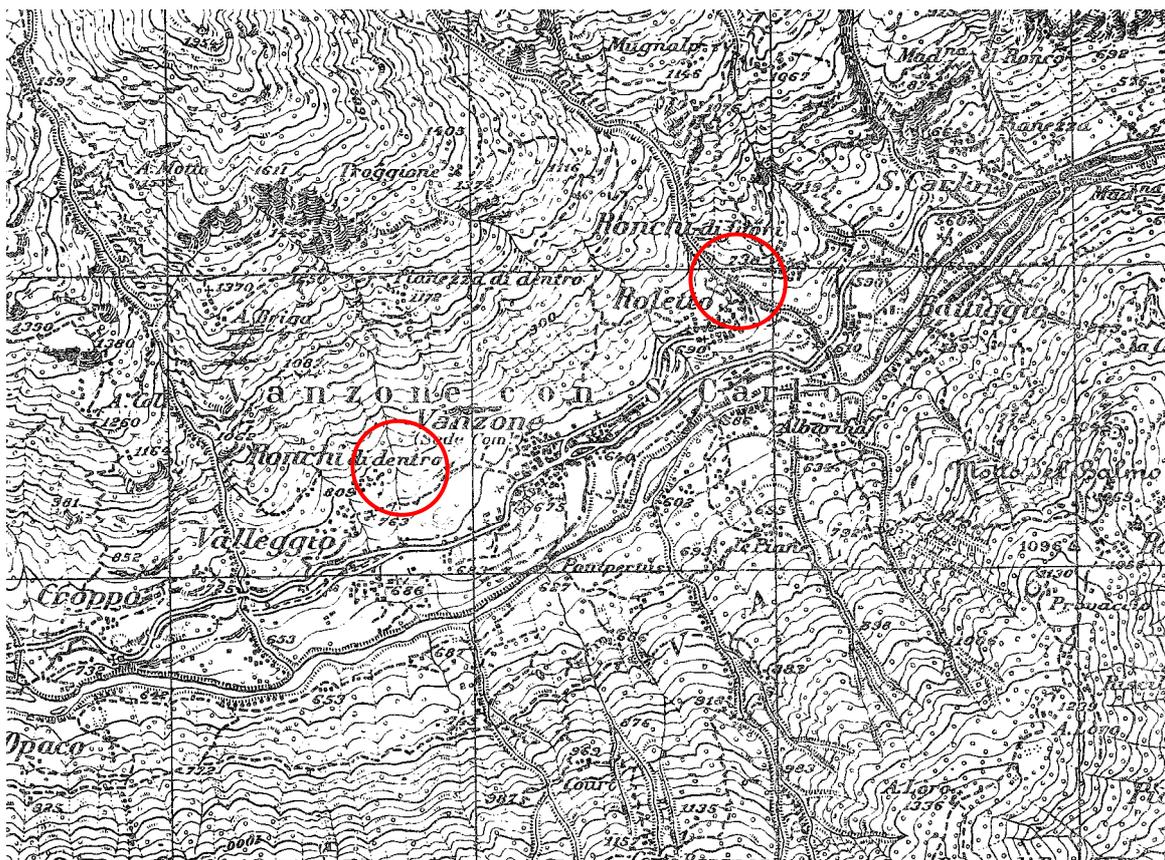
info@ingeoart.it - www.ingeoart.it

PROVINCIA	VERBANO-CUSIO-OSSOLA	Op. Ref. 0008
COMUNE	COMUNE DI VANZONE SAN CARLO	Rep./Pratica n. 124-125/13
PROGETTO	PROGETTO ESECUTIVO	FIRMA DEL TECNICO
OGGETTO	SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL RIO CION E DEL RIO ROLETTO	
ELABORATO 1	RELAZIONE GENERALE TECNICA E SPECIALISTICA - CALCOLI DELLE STRUTTURE: VERIFICA STABILITA' MURI E SCOGLIERE	
DATA	Giugno 2014	AGGIORNAMENTO

REV.	DESCRIZIONE	DIS.	DATA	CONTR.	DATA	APP.	
1	PROGETTO PRELIMINARE	MASSIMO	09.12.2013	ANDREA	09.12.2013		
2	PROGETTO DEFINITIVO	MASSIMO	24.03.2014	ANDREA	25.03.2014		
3	PROGETTO ESECUTIVO	MASSIMO	20.06.2014	ANDREA	23.06.2014		

PREMESSA

Il Comune di Vanzone con San Carlo si estende nella media Valle Anzasca confinando ad est con il comune di Bannio Anzino ed a ovest con quello di Ceppomorelli. Il territorio comunale, che ha un'estensione di soli 16,2 Km² circa, è composto da varie frazioni abitate tra le quali si segnalano il capoluogo Vanzone (sede comunale), San Carlo, Pianezza, Ronchi Dentro con Case Iori, Roletto e Ronchi Fuori.



carta militare in scala 1:25000 - i cerchi rossi individuano le zone d'intervento

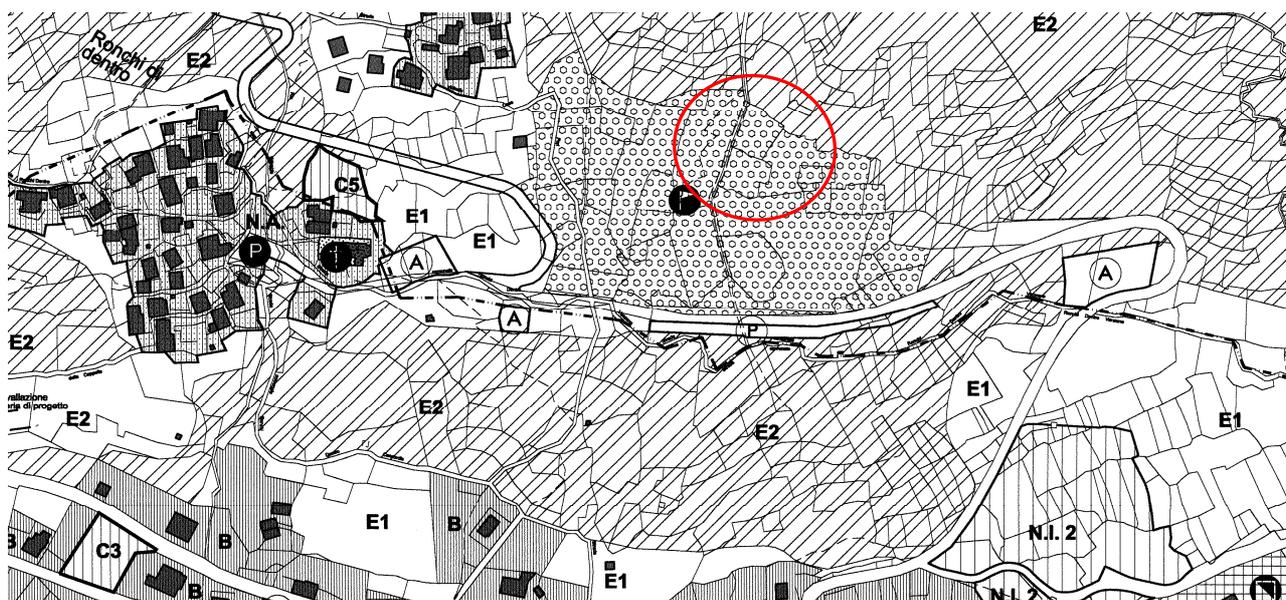
Il presente progetto, redatto a livello ESECUTIVO, ha come oggetto due interventi di sistemazione idrogeologica per il ripristino di danni causati dalle forti piogge dello scorso mese di agosto. Gli interventi riguardano la sistemazione idrogeologica dell'area del campo sportivo in località Case Iori, in prossimità della località Case Iori, per il ripristino dei danni causati dall'esondazione del rio Cion, e la sistemazione idrogeologica del rio Roletto, in prossimità dell'omonima frazione, per il ripristino dei danni causati dall'esondazione dello stesso.

INGEOART s.r.l.

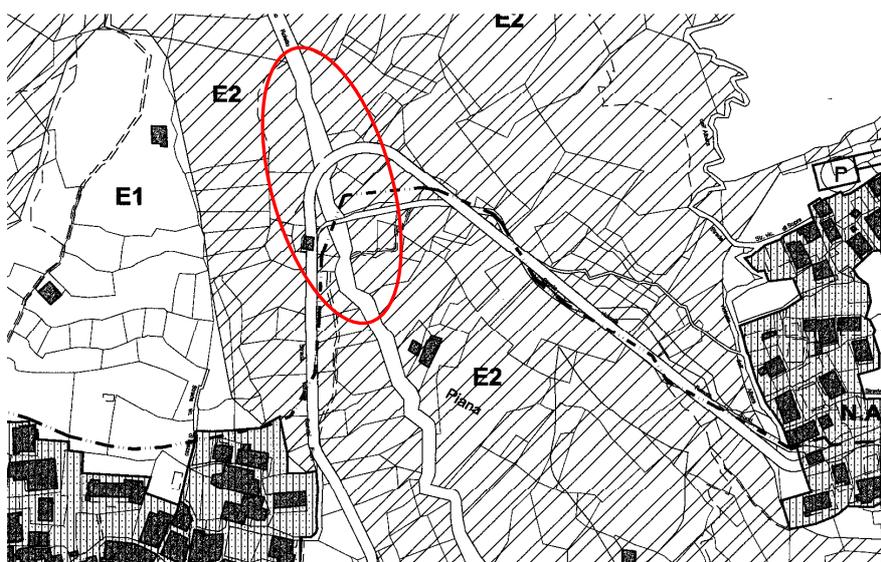
Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriv. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

Il progetto ha ottenuto Autorizzazione Ambientale n.8 del 20.06.2014 ai sensi della D.lgs. 32/2008 e Autorizzazione Idraulica del Settore Decentrato OO.PP. DELLA Regione Piemonte con DETERMINAZIONE n.1762 del 08.06.2014.

Per quanto riguarda il vincolo idrogeologico entrambi gli interventi sarebbero stati soggetti ad autorizzazione, tuttavia ai sensi della L.R. n.6 del 4 febbraio 2008 risultano esclusi dal procedimento autorizzativo previsto dalla L.R. 45/89 in quanto la tipologia delle opere previste è mirata alla difesa degli abitati e di strade provinciali e comunali (tipologie elencate nell'art.2 della L.R. 54/75).



estratto di p.r.g. zona intervento campo sportivo - rio Cion



estratto di p.r.g. zona intervento rio Roletto

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

FINALITA' DELL'INTERVENTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE AREA CAMPO SPORTIVO

I danni verificatisi nella zona del campo sportivo comunale sono dovuti all'improvvisa riattivazione del rio Cion causata dalle forti piogge avvenute giovedì 8 agosto 2013.

L'evento ha ribadito l'urgenza e l'improcrastinabile necessità di intervenire per la definitiva sistemazione idrogeologica del corso d'acqua, mettendo in sicurezza l'area del campo sportivo, la sottostante viabilità provinciale e comunale e la zona abitata della località Valleggio.

L'entità del danno è stata accertata nel corso del sopralluogo di emergenza a cui ha fatto seguito il *Rapporto di sopralluogo di emergenza* redatto in data 09/08/2013 prot. 2941/IV dal Dr. Maurilio Coluccino, geologo responsabile del Servizio Difesa del Suolo della Provincia del VCO e da Graziella Vallone, architetto del Servizio di Protezione Civile.



[immagine satellitare con il cerchio rosso che individua la zona d'intervento](#)

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

I danni avvenuti, come riportato nel sopra citato rapporto, sono sinteticamente di seguito descritti:

Il flusso detritico torrentizio, innescatosi e propagatosi nell'alveo del rio Cion, ha depositato una notevole quantità di materiale ghiaio-terroso misto a massi di medie dimensioni nell'area del campo sportivo, stimata, a seguito di rilievo topografica, in circa 1740 mc.

La colata di detrito ha abbattuto la torretta d'illuminazione del campo di calcio ed un punto luce dei campi bocce, divelto e danneggiato parte delle recinzioni, danneggiato la porta sulla testata est, e rovinato il fondo del terreno di gioco depositandovi uno strato di limo su un'ampia porzione.

Parte del flusso semiliquido composto da acqua fango e ciottoli si anche riversata a valle interessando la zona urbanizzata a la sottostante strada Provinciale n.66 di Macugnaga. Il materiale fangoso ha invaso i piani terra di numerose abitazioni ed edifici pubblici e commerciali. Danni maggiori sono stati fortunatamente evitati solo grazie all'area pianeggiante del campo sportivo che ha favorito la sedimentazione ed il deposito della quantità maggiore di detrito svolgendo l'importante funzione di "vasca di espansione e sedimentazione".



[visuale dell'area con la colata detritica e delle strutture danneggiate](#)



dettaglio dell'accumulo detritico con al centro la torretta fari abbattuta

Il ripristino dei danni e la messa in sicurezza dell'area sportiva, della zona abitata e della viabilità comunale e principale della vallata sono attuabili attraverso la realizzazione delle seguenti opere:

- ripristino del campo di calcio mediante: asportazione del detrito trasportato dal rio Cion ed accumulatosi nella porzione est del campo sportivo; rigenerazione del manto erboso mediante pulizia e asportazione strato di limo ed inerbimento con essenze erbacee idonee; ripristino della recinzione lungo la testata est del campo da calcio in rete di filo di ferro trafilato, rivestito di plastica, maglia 50x50, colore verde, completa dei montanti tubolari di sostegno verniciato con antiruggine e smalto verde; ripristino mediante fornitura e posa in opera della porta regolamentare per il gioco del calcio, a sezione ovoidale con traversa congiunta con i pali mediante viti a brugola, complete di sostegno reggirete e bussola in ferro in lega leggera. completa di rete per porte di calcio, tessuta con nylon. tinte in pasta, armate con nastro di nylon, cavo di acciaio, maglia rinforzata e catramata, a doppio nodo, completa di dispositivi di aggancio di colore bianco;

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

ripristino mediante fornitura e posa della torretta porta fari in acciaio di almeno m 20,00 installata su plinti predisposti completi di base e ancoraggi; fornitura e posa di di n.2 proiettori al sodio ad alta pressione da 250 Watt, potenza 2 kW.

- ripristino della recinzione divelta dei campi bocce in rete metallica plastificata verde altezza 1,50 metri e del punto luce abbattuto con palo in acciaio zincato rastremato, altezza 9.00 m, uguale a quelli esistenti, provvisto di lampada a ioduri metallici da 400 W.

- realizzazione di un vallo di sicurezza con profondità di 4.00 metri e lunghezza di circa 30.00 ml mediante movimentazione del terreno sul versante a monte del campo di calcio ed in posizione baricentrica rispetto al rio Cion, formando con il materiale di scavo un rilevato munito di soglia di sfioro coronata da lastre di pietra e canalizzazione di raccordo per accompagnamento di eventuali acque verso la sottostante vasca di calma, gradonata per dissiparne la velocità; la superficie del rilevato viene recuperata con la stesura di uno strato di terreno vegetale ed adeguatamente inerbita.

- realizzazione di vasca di calma con dimensioni indicative di 9 x 8 metri e profondità di circa 2.00 m contornata da scogliera in massi di cava.

- realizzazione di pista di accesso e servizio al vallo, a mezza costa mediante operazioni bilanciate di scavo e riporto compresa la formazione della cunetta di monte a fosso naturale e scogliere di sostegno utilizzando i massi di medie e grosse dimensioni recuperabili dal materiale franato; la pista, che rimarrà definitiva per consentire le future manutenzioni e svuotamenti del vallo, viene pavimentata con asfalto per la larghezza utile di metri 3,00.

- ispezione alveo a monte del vallo e rimozione di eventuali massi instabili e pericolanti

Le eventuali acque di sfioro dalla vasca di calma in progetto verranno convogliate nell'impluvio naturale esistente a valle del campo di calcio. Per garantire la corretta funzionalità del dispositivo di regimazione progettato, e per aumentare il livello di sicurezza alla viabilità ed alla zona abitata sottostante, tale impluvio dovrà essere regimato con opportuno e mirato intervento.

Le soluzioni progettuali sono studiate affinché tutto il materiale proveniente dagli scavi e dalla rimozione del detrito colato dal rio Cion sia utilizzato sul posto per la formazione di rilevati, riporti, riempimenti ed opere d'arte (muri e scogliere con i massi più grossi).

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE RIO ROLETTO

I danni dovuti alla violenta ondata di piena del rio Roletto sono stati causati dalle forti piogge avvenute giovedì 8 agosto 2013.

Il corso d'acqua ha esondato trasportando a valle una notevole quantità di materiale detritico che ha invaso il ponte della strada comunale di collegamento tra le frazioni di Roletto e Ronchi Fuori (gran parte del detrito è già stato rimosso dal Comune per ripristinare la transitabilità del ponte). La violenza delle acque ha anche asportato vari tratti delle scogliere esistenti mettendo in serio pericolo un tratto della strada stessa, erodendo e dilavando la scarpata fino a compromettere la banchina della sede stradale. In sponda sinistra l'esondazione ha devastato il sentiero che discende all'antico torchio ed insidiato alcune strutture dello stesso. Le barriere di protezione in acciaio del ponte sono state danneggiate, così come è stata completamente distrutta la derivazione d'acqua che alimenta la ruota dell'antico torchio (opera recuperata con intervento DOCUP 2006).



[immagine satellitare con il cerchio rosso che individua la zona d'intervento](#)

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

L'erosione del rio ha causato inoltre l'allagamento della sottostante strada Provinciale n.66 di Macugnaga in prossimità della località Battiggio

L'entità del danno è stata accertata nel corso del sopralluogo di emergenza a cui ha fatto seguito il *Rapporto di sopralluogo di emergenza* redatto in data 09/08/2013 prot. 2941/IV dal Dr. Maurilio Coluccino, geologo responsabile del Servizio Difesa del Suolo della Provincia del VCO e da Graziella Vallone, architetto del Servizio di Protezione Civile.



[visuale da monte del ponte sul rio Roletto con la sponda sinistra devastata](#)

Il ripristino dei danni e la messa in sicurezza della strada comunale e dell'area in generale sono attuabili mediante la realizzazione delle seguenti opere:

- asportazione degli accumuli detritici ancora presenti a ridosso della sponda sinistra ed in prossimità del ponte; il materiale ghiaio-terroso viene riutilizzato per imbottitura delle sponde a tergo delle scogliere da ricostruire ed ripristino della scarpata erosa e dilavata a valle della strada con ripristino della banchina della sede stradale.

- ricostruzione delle scogliere danneggiate ed asportate utilizzando i grossi massi presenti in alveo (molti dei quali facenti parte del detrito trasportato a valle dall'ondata di piena); le scogliere da ripristinare sono le seguenti: nuovo tratto di ml 20 circa in sponda sinistra, intestata su roccia, un centinaio di metri a monte del ponte dove lo scarso incassamento dell'alveo e la morfologia del suolo ha favorito una colata di detrito lungo il

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

versante; segmento da ricostruire di circa 16 metri in sponda sinistra immediatamente a monte del ponticello; in sponda destra ricostruzione di ml 45 di scogliera al piede della scarpata a valle della strada comunale; ricostruzione di 8 metri di scogliera asportata in corrispondenza del torchio. Le scogliere da ricostruire in prossimità del ponte, della strada comunale e del torchio vengono consolidate mediante l'ancoraggio e la cucitura dei massi con barre d'acciaio.

- ripristino della barriera di protezione sul ponte mediante sostituzione dei tratti danneggiati per una lunghezza 10 metri e prolungamento della barriera medesima verso valle per ml 40,00 lungo il ciglio della scarpata da ripristinare;



[dettaglio della sponda destra erosa e danneggiata a valle del ponte](#)

- ricostruzione come preesistente della derivazione d'acqua per l'alimentazione della ruota dell'antico torchio, compresa la sostituzione del tratto di tubazione danneggiata;

- l'intervento si completa con il ripristino della pavimentazione bituminosa danneggiata in corrispondenza del ponte mediante stesura di tappeto di usura dello spessore di cm 3; ripristino del sentiero che scende all'antico torchio, completamente devastato e asportato, spostandolo in posizione più arretrata lungo il pendio naturale esistente; consolidamento e messa in sicurezza basamento strutturale del torchio gravemente compromesso; taglio delle piante ostacolanti i lavori, pulizie, ripristini e sistemazioni varie.

CALCOLI DI VERIFICA IDRAULICA

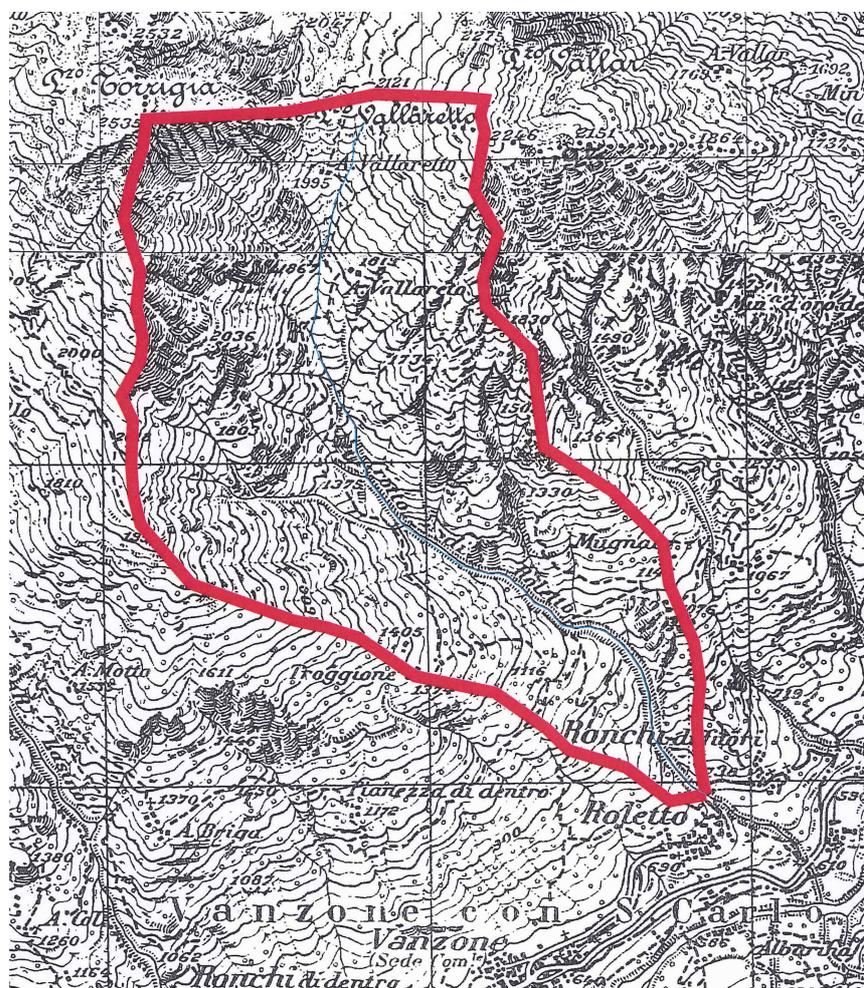
Premessa

I presenti calcoli di verifica idraulica sono riferiti al rio Roletto in corrispondenza delle difese spondali da ricostruire o ripristinare. La portata di massima piena è calcolata con un Tempo di Ritorno di 200 anni.

Bacino imbrifero

Il bacino imbrifero relativo al punto di verifica ha le seguenti caratteristiche:

Bacino del rio Roletto riferito alle opere in progetto	
Superficie bacino imbrifero	2,3 km ²
Lunghezza asta principale	2,7 km
Quota massima del bacino	2535 m
Quota media del bacino	1488 m
Quota della sezione di verifica	695 m



Corografia con evidenziato il bacino imbrifero sotteso al punto di verifica pari a 2,30 km²

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

I calcoli della massima portata di piena si riferiscono a quanto riportato nel "Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica".

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

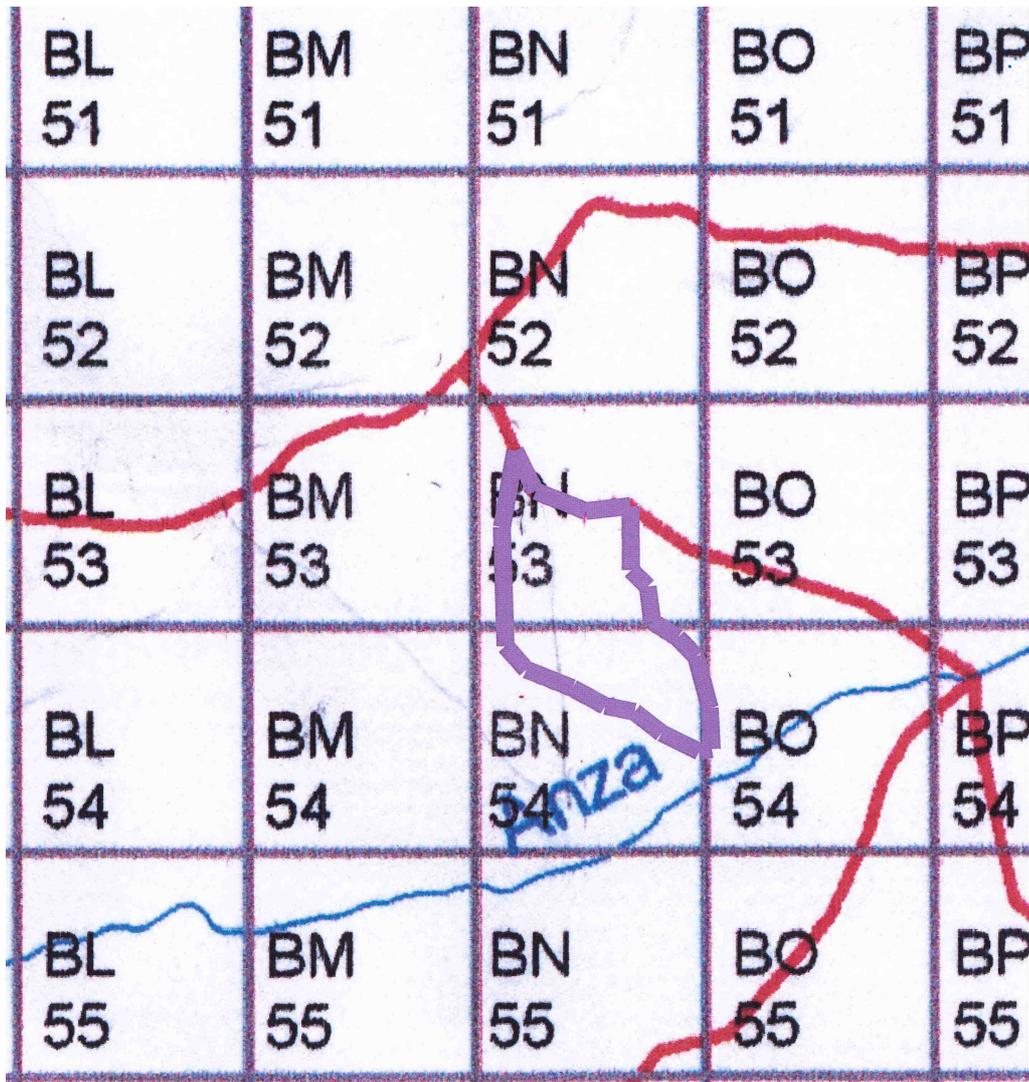
$$h(t) = a t^n$$

in cui i parametri "a" ed "n" dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette la "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica" ha condotto un'interpolazione spaziale con il metodo di KRIGING dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono rappresentati nel suo Allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense"; gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia e, in dettaglio, sulla cartografia in scala 1:250.000.

Di seguito viene riportata l'individuazione delle diverse celle che compongono i bacini idrografici interessati:



bacino idrografico del Rio Roletto riferito ai punti di verifica riportato sulla griglia di discretizzazione

Il bacino imbrifero è individuato sulle celle **BN53** e **BN54** della griglia di discretizzazione, i cui coefficienti "a" ed "n" con tempo di ritorno pari a 200 anni, tratti dall'Allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" della "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica", hanno i seguenti valori:

CALCOLI PER Q=200 anni			Media	
Cella	a	n	a	n
BN53	52,64	0,565	53,55	0,564
BN54	54,45	0,563		

Calcolo della portata di piena

Si applicano i valori dei coefficiente alla curva di probabilità pluviometrica ottenendo:

$$h = 53,55 t^{0,564}$$

Il tempo di corrivazione del bacino preso in esame si ottiene utilizzando la formula del GIANDOTTI:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m - H_0}}$$

Ricavando il seguente dato: $t_c = 0,45$ ore

Ottenendo quindi intensità di pioggia pari a: $h = 34,13$ mm

La portata in arrivo si calcola, come suggerito dalla "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica", applicando il Metodo Razionale:

$$Q_c = \frac{0,28 \cdot c \cdot i \cdot A}{t_c}$$

dove:

Q_c = portata al colmo in m^3/s

c = coefficiente di deflusso pari a 0,82

i = intensità di pioggia in mm/ora (h)

A = superficie del bacino in km^2

t_c = tempo di corrivazione

La portata liquida massima così ottenuta sui punti di verifica è la seguente:

Bacino riferito alle sezioni oggetto di verifica	40,05 m^3/s
--	---------------

In funzione della natura dell'alveo e del versante di monte occorre aggiungere il trasporto solido stimato.

La portata di calcolo è quindi la seguente:

Bacino riferito alle sezioni oggetto di verifica	60,08 m^3/s
--	---------------

Verifica delle sezioni

Le verifiche idrauliche vengono condotte utilizzando l'equazione del moto uniforme di MANNING - STRICKLER:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

ove K_s è il coefficiente di scabrezza della sezione, A l'area della stessa, R il suo raggio idraulico e J la pendenza media.

Data la natura dell'alveo il coefficiente di scabrezza adottato è pari a 15 (0,0666) per alveo irregolare con massi.

I calcoli hanno prodotto i risultati sotto riportati. Il livello di massima piena è stato tracciato graficamente sulla sezione oggetto di verifica riportata negli elaborati di progetto.

Sezione 1-1	
Portata in arrivo	60,08 mc/sec
Pendenza minima dell'alveo nel tratto oggetto di verifica	20 %
Altezza del livello di massima piena	1,14 m
Velocità massima della corrente	5,88 m/s
Area della sezione di deflusso	10,30 mq
Perimetro bagnato	12,55 m
Raggio idraulico	0,82

Sezione 2-2	
Portata in arrivo	60,08 mc/sec
Pendenza minima dell'alveo nel tratto oggetto di verifica	20 %
Altezza del livello di massima piena	1,22 m
Velocità massima della corrente	6,35 m/s
Area della sezione di deflusso	9,52 mq
Perimetro bagnato	10,35 m
Raggio idraulico	0,92

Sezione 3-3	
Portata in arrivo	60,08 mc/sec
Pendenza minima dell'alveo nel tratto oggetto di verifica	20 %
Altezza del livello di massima piena	1,10 m
Velocità massima della corrente	6,12 m/s
Area della sezione di deflusso	9,89 mq
Perimetro bagnato	11,32 m
Raggio idraulico	0,87

CALCOLI DELLE STRUTTURE VERIFICA STABILITA' MURI E SCOGLIERE

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- 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. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h . In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c,c} + q N_q d_{q,q} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma,\gamma}$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

$$K_p = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta/90)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_1^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \text{tg} \phi_i \right)}{\sum_1^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove 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} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Normativa

N.T.C. 2008

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_f	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0,90	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,10	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Gfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,50	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c		1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_f		1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Gfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c		1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_f		1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante della fondazione		1,00	1,00	1,40
Scorrimento		1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle		1,00	1,00	1,40
Stabilità globale			1,10	

Coeff. di combinazione $\Psi_0= 0,70 \quad \Psi_1= 0,50 \quad \Psi_2= 0,20$

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

MURO DI SOSTEGNO PISTA DI SERVIZIO - SEZIONE 16

Geometria muro e fondazione

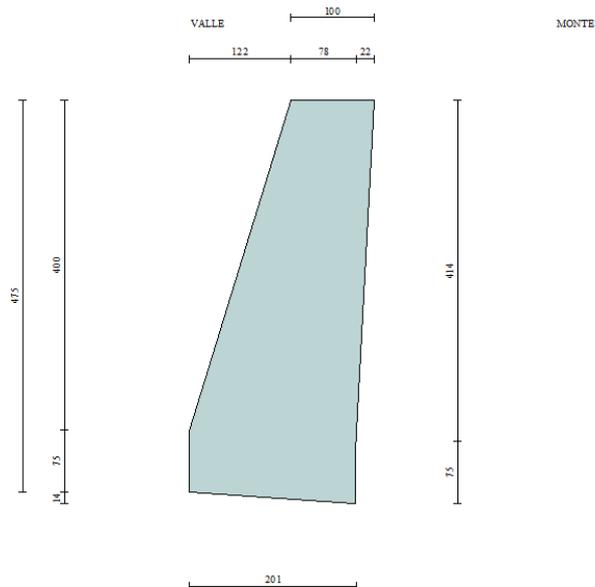
Descrizione

Altezza del paramento	4,00 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	2,01 [m]
Inclinazione paramento esterno	17,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-3,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Muro a gravità in pietrame

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,01 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	4,00 [°]
Spessore fondazione	0,75 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Pietrame

Peso specifico	2800,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	30,0 [kg/cmq]
Angolo di attrito interno ϕ_p	45,00 [°]
Resistenza a taglio τ_p	0,0 [kg/cmq]

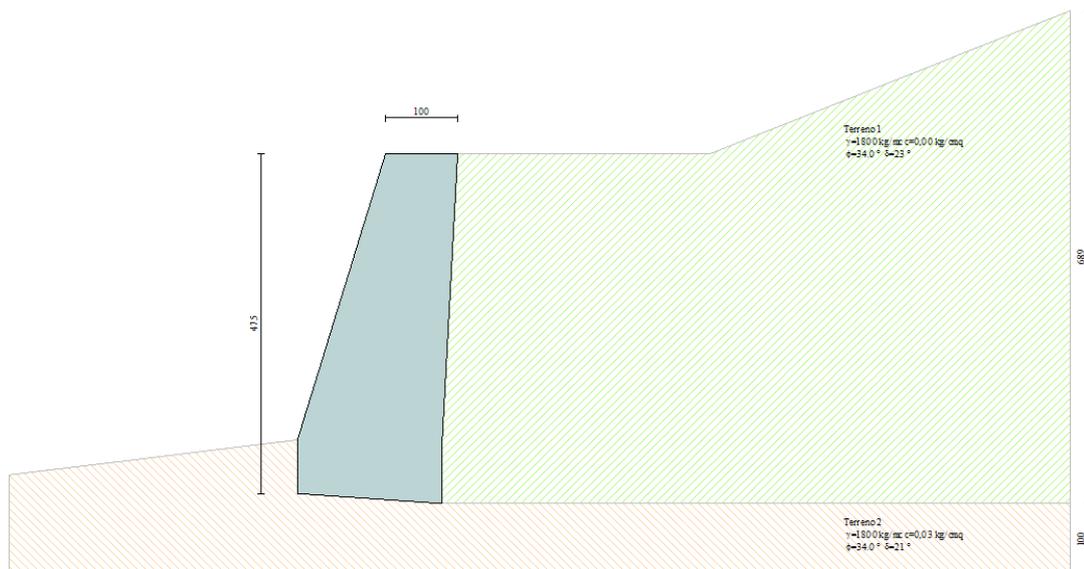
Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	3,50	0,00	0,00
2	8,50	2,00	21,80



Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 7,00 [°]
 Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [kg/cmq]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno 1	1800	2000	34.00	22.67	0,000	0,000
Terreno 2	1800	2000	34.00	21.33	0,000	0,000

Stratigrafia

Terreno spingente: Terreno 1
 Terreno di fondazione: Terreno 2

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

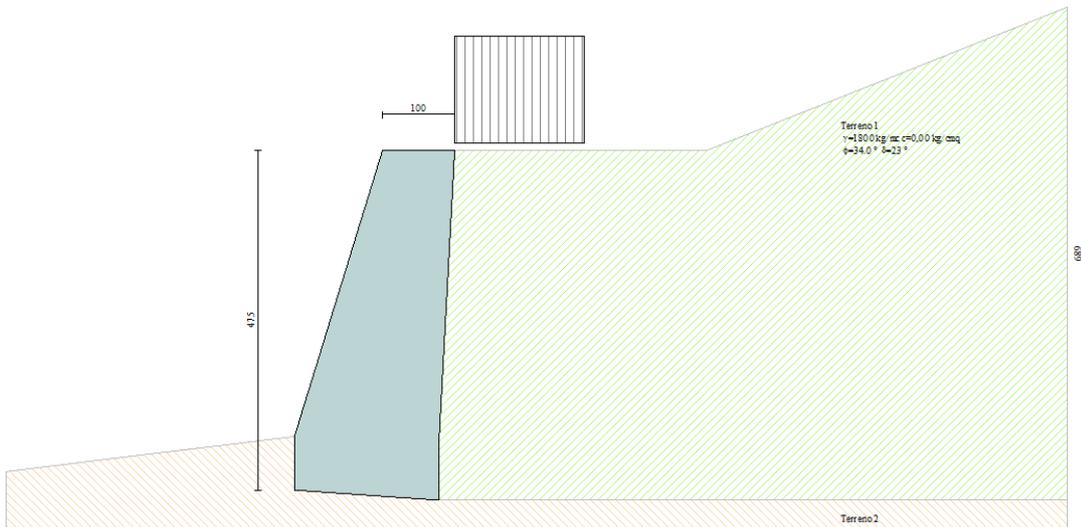
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
 F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
 F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
 M Momento espresso in [kgm]
 X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
 X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
 Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
 Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
 D/C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

D Profilo $X_i=0,00$ $X_f=1,80$ $Q_i=2000,00$ $Q_f=2000,00$



INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n°1 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30

Combinazione n°2 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°3 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10

Combinazione n°4 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°5 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30
Condizione 1	1.50	1.00	1.50

Combinazione n°6 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.30	1.00	1.30

Combinazione n°7 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10
Condizione 1	1.50	1.00	1.50

Combinazione n°8 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.30	1.00	1.30

Combinazione n°9 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. po sitivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°10 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. n egativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°11 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. p ositivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°12 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. n egativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 13 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 17 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 18 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 19 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 20 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 21 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 22 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 23 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 24 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 25 SLE (Quasi Permanente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

Condizione 1 1.00 0.20 0.20

Combinazione n° 26 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 27 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione
 Tipo Tipo combinazione
 Sisma Combinazione sismica
 CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
 CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
 CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
 CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{SCO}	CS _{RIB}	CS _{QLIM}	CS _{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2,07	--	5,64	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,62	--	2,40	--
3	EQU - [1]	--	--	3,07	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,22
5	A1-M1 - [2]	--	1,45	--	3,21	--
6	A2-M2 - [2]	--	1,12	--	1,27	--
7	EQU - [2]	--	--	1,74	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	1,11
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,87	--	7,11	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,87	--	7,12	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,60	--	2,37	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,60	--	2,38	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,31	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,30	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,21
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,21
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	2,03	--	4,94	--
18	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	2,03	--	4,95	--
19	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,21	--	1,48	--
20	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,21	--	1,48	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,12	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,12	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,13
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,13
25	SLEQ - [1]	--	2,70	--	6,71	--
26	SLEF - [1]	--	2,42	--	6,04	--
27	SLER - [1]	--	2,05	--	5,00	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva
Sisma	
Accelerazione al suolo $a_g =$	0.04 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 0.15$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.07$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	21482,27 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,96 Y=-2,69

Superficie di spinta	
Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,22 Y = -4,89
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,89 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-2,54 [°]

COMBINAZIONE n°6

Valore della spinta statica	8824,37	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	8485,21	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	2422,96	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,12	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,48	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,02	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8485,21	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23905,23	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24438,90	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6796,99	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,37	[m]
Risultante in fondazione	25366,49	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,54	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9120,75	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	31077,80	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,90	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,5771	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 26.50$	$N'_c = 20.41$
$N_q = 15.30$	$N'_q = 11.13$
$N_\gamma = 11.87$	$N'_\gamma = 2.57$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.12
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.27

COMBINAZIONE n°7

Valore della spinta statica	9854,70	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	9475,94	[kg]

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriv. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

Componente verticale della spinta statica	2705,87	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,12	[m]	Y = -2,76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,48	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,47	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9475,94	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24188,14	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	18847,75	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	32790,67	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24790,22	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7765,58	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,44	[m]
Risultante in fondazione	25978,06	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,39	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	10981,65	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.74
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 8

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,34 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 5,80

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,93

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,46

Larghezza della striscia dx[m]= 0,38

Coefficiente di sicurezza C= 1.11

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	694.12	79.64	682.80	2.09	28.35	0.000	0.000
2	1893.21	64.90	1714.47	0.89	28.35	0.000	0.000
3	3102.79	57.11	2605.54	0.69	28.35	0.000	0.000
4	3454.49	50.77	2675.72	0.59	28.35	0.000	0.000
5	3737.72	45.20	2652.28	0.53	28.35	0.000	0.000
6	3972.58	40.15	2561.23	0.49	28.35	0.000	0.000
7	4002.20	35.44	2320.90	0.46	28.35	0.000	0.000
8	5132.62	31.01	2643.89	0.44	28.35	0.021	0.000
9	5323.41	26.77	2397.37	0.42	28.35	0.024	0.000
10	5034.33	22.68	1941.16	0.41	28.35	0.024	0.000
11	3859.31	18.71	1238.20	0.40	28.35	0.024	0.000
12	2634.59	14.84	674.69	0.39	28.35	0.024	0.000
13	1419.48	11.03	271.62	0.38	28.35	0.024	0.000
14	1153.76	7.27	146.08	0.38	28.35	0.024	0.000
15	1146.66	3.55	70.95	0.38	28.35	0.024	0.000
16	1123.00	-0.16	-3.21	0.38	28.35	0.024	0.000
17	1082.87	-3.88	-73.19	0.38	28.35	0.024	0.000
18	1026.17	-7.60	-135.79	0.38	28.35	0.024	0.000
19	952.55	-11.37	-187.71	0.38	28.35	0.024	0.000
20	861.44	-15.18	-225.53	0.39	28.35	0.024	0.000
21	752.00	-19.06	-245.56	0.40	28.35	0.024	0.000
22	623.02	-23.04	-243.79	0.41	28.35	0.024	0.000

23	472.86	-27.13	-215.65	0.42	28.35	0.024	0.000
24	299.22	-31.39	-155.84	0.44	28.35	0.018	0.000
25	98.93	-35.85	-57.94	0.46	28.35	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 53853,33$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 23052,70$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 23978,17$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1582,33$ [kg]

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

SCOGLIERE DI PROTEZIONE SPONDE RIO ROLETTO – SCOGLIERA “B”

Geometria muro e fondazione

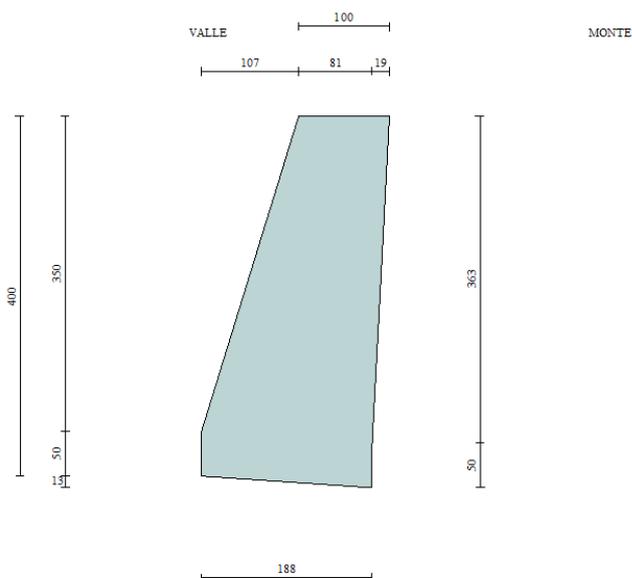
Descrizione

Altezza del paramento	3,50 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,88 [m]
Inclinazione paramento esterno	17,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-3,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Muro a gravità in pietrame

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,88 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	4,00 [°]
Spessore fondazione	0,50 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Pietrame

Peso specifico	2800,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	30,0 [kg/cm ²]
Angolo di attrito interno ϕ_p	45,00 [°]
Resistenza a taglio τ_p	0,0 [kg/cm ²]

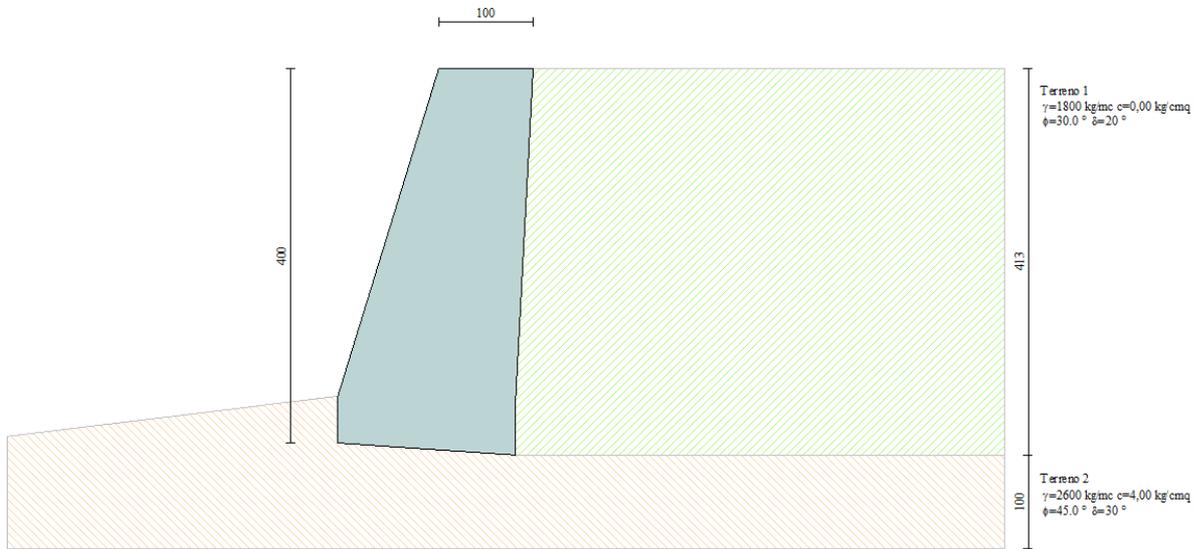
Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5,00	0,00	0,00



Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 7,00 [°]
 Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	C	C_a
Terreno 1	1800	2000	30.00	20.00	0,000	0,000
Terreno 2	2600	2600	45.00	30.00	4,000	0,000

Stratigrafia

Terreno spingente: Terreno 1
 Terreno di fondazione: Terreno 2

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione
C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n°1 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30

Combinazione n°2 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°3 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10

Combinazione n°4 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. ne gativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. po sitivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. po sitivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. ne gativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°9 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°10 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n°11 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00

Spinta terreno 1,00 1,00 1,00

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 SLE (Quasi Permanente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Impostazioni di analisi

Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione
 Tipo Tipo combinazione
 Sisma Combinazione sismica
 CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
 CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
 CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
 CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{SCO}	CS _{RIB}	CS _{QLIM}	CS _{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2,76	--	467,87	--
2	A2-M2 - [1]	--	2,23	--	177,43	--
3	EQU - [1]	--	--	3,24	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	4,80
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3,80	--	559,73	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3,80	--	558,91	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,21	--	176,01	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,21	--	176,27	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,48	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,49	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	4,77
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	4,78
13	SLEQ - [1]	--	3,85	--	559,47	--
14	SLEF - [1]	--	3,85	--	559,47	--
15	SLER - [1]	--	3,85	--	559,47	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)
 Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte
 Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva



Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.04 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 0.15$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.07$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	17123,31 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,89 Y=-2,25

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,19 Y = -4,13
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,13 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-2,64 [°]

COMBINAZIONE n°3

Valore della spinta statica	5844,78	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	5680,97	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1374,04	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,75	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,23	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,96	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,13	[m]	Y = -2,42	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5680,97	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	18497,35	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	7076,82	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	22900,65	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	18848,57	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4376,83	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]		
Risultante in fondazione	19350,07	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,07	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1934,66	[kgm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.24
--	------

COMBINAZIONE n°7

Valore della spinta statica	5313,44	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	5164,52	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1249,13	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,75	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,23	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,96	[°]		

Incremento sismico della spinta	19,27	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,75	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,88	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,13	[m]	Y = -2,42	[m]
Inerzia del muro	25,34	[kg]		
Inerzia verticale del muro	12,67	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
Capitale sociale 10.400,00 €

Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5208,59	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	18389,63	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	18708,17	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3913,11	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,08	[m]		
Risultante in fondazione	19113,03	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,81	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1445,61	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	3292911,41	[kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	1,88	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,2371	[kg/cm ²]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7485	[kg/cm ²]		
<u>Fattori per il calcolo della capacità portante</u>				
N _c = 65.55	N' _c = 54.94			
N _q = 53.44	N' _q = 42.56			
N _γ = 72.51	N' _γ = 36.90			
<u>COEFFICIENTI DI SICUREZZA</u>				
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.21			
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	176.01			
<u>COMBINAZIONE n°8</u>				
Valore della spinta statica	5313,44	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	5164,52	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1249,13	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,75	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,23	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,96	[°]		
Incremento sismico della spinta	11,41	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,75	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,88	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,13	[m]	Y = -2,42	[m]
Inerzia del muro	25,34	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-12,67	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5200,95	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	18362,45	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	18680,52	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3907,38	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,08	[m]		
Risultante in fondazione	19084,79	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,81	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1443,56	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	3292877,49	[kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	1,88	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,2353	[kg/cm ²]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7474	[kg/cm ²]		
<u>Fattori per il calcolo della capacità portante</u>				
N _c = 65.55	N' _c = 54.94			
N _q = 53.44	N' _q = 42.56			
N _γ = 72.51	N' _γ = 36.89			
<u>COEFFICIENTI DI SICUREZZA</u>				
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.21			
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	176.27			

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,63 Y[m]= 2,84

Raggio del cerchio R[m]= 6,99

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,26

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,76

Larghezza della striscia dx[m]= 0,36

Coefficiente di sicurezza C= 4.77

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	223.16	62.29	197.56	0.78	24.79	0.000	0.000
2	626.65	56.97	525.38	0.66	24.79	0.000	0.000
3	956.28	51.86	752.14	0.58	24.79	0.000	0.000
4	1232.56	47.29	905.63	0.53	24.79	0.000	0.000
5	1469.17	43.08	1003.47	0.49	24.79	0.000	0.000
6	1674.23	39.15	1056.98	0.47	24.79	0.000	0.000
7	1853.05	35.43	1074.11	0.44	24.79	0.000	0.000
8	2009.32	31.87	1060.87	0.42	24.79	0.000	0.000
9	2145.71	28.44	1022.03	0.41	24.79	0.000	0.000
10	2264.20	25.13	961.51	0.40	24.79	0.000	0.000
11	2366.31	21.90	882.65	0.39	24.79	0.000	0.000
12	2453.23	18.75	788.37	0.38	24.79	0.000	0.000
13	2525.85	15.65	681.26	0.37	24.79	0.000	0.000
14	2584.88	12.60	563.69	0.37	24.79	0.000	0.000
15	2630.86	9.58	437.86	0.37	24.79	0.000	0.000
16	2665.09	6.59	305.93	0.36	24.79	0.000	0.000
17	3773.82	3.62	238.32	0.36	32.86	1.862	0.000
18	4175.94	0.66	48.07	0.36	38.66	3.200	0.000
19	4124.36	-2.30	-165.50	0.36	38.66	3.200	0.000
20	3236.86	-5.27	-297.04	0.36	26.02	0.283	0.000
21	2007.03	-8.25	-287.82	0.36	24.79	0.000	0.000
22	761.88	-11.25	-148.60	0.37	24.79	0.000	0.000
23	257.30	-14.28	-63.47	0.37	24.79	0.000	0.000
24	162.02	-17.36	-48.34	0.38	24.79	0.000	0.000
25	52.79	-20.49	-18.48	0.39	24.79	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 48232,54$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 11476,54$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24175,93$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 30867,30$ [kg]

INGEOART s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)
 tel. 0324579511 fax 0324579530 info@ingeoart.it www.ingeoart.it
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035
 Capitale sociale 10.400,00 €

QUADRO ECONOMICO

Per la stima dei lavori è stato utilizzato l'Elenco Prezzi Opere Pubbliche della Regione Piemonte aggiornato al 2013, integrato con alcune voci che non hanno trovato riscontro nel prezzo per le quali è stata elaborata idonea analisi dei prezzi.

In considerazione della praticità del cantiere e del fatto che la movimentazione del materiale detritico e lapideo avviene nell'ambito del sito di intervento, riutilizzando per riporti e scogliere tutto il materiale già presente o proveniente dagli scavi, alcuni prezzi sono stati ridotti del 10-20%.

La somma disponibile per la realizzazione delle opere in progetto è di 250.000,00 €.

L'importo è ripartito come segue:

• Sommano complessivamente per lavori	€	163.718,84
• Oneri per la sicurezza	€	<u>3.000,00</u>
• TOTALE	€	166.718,84
• Costo della manodopera	€	36.047,97
• Importo lavori soggetto a ribasso contrattuale	€	127.670,87
• I.V.A. 22% sui lavori	€	36.678,14
• Spese tecniche (compreso coordinamento della sicurezza) a)	€	19.500,00
• CNPAIA 4% b)	€	780,00
• I.V.A. 22% su a+b	€	4.461,60
• Incentivo RUP (D.Lgs 163/06 art.92, comma 5) 1,5%	€	2.500,78
• Somma a disposizione (comprese I.V.A. e CNPAIA) per relazione archeologica e assistenza scavi; collaudo statico; indennizzi e oneri vari.	€	5.350,00
• Somma a disposizione per indennizzi, atti e frazionamenti	€	14.000,00
• Arrotondamento	€	<u>0,64</u>
TOTALE GENERALE	€	250.000,00