



# COMUNE DI ANTRODOCO

PROVINCIA DI RIETI

## PROGETTO DEFINITIVO PER I LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA E REGIMAZIONE IDRAULICA FRANA IN LOC. SAN TEREZIANO". C.I.G. Z372AE3E8C.RIF. D.G.R. N. 846/2018 - PROGRAMMA REGIONALE DI INTERVENTI PER LA DIFESA DEL SUOLO E LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

Tavola :

# 09



Dati catastali:  
Fg. 11 e 14

Indirizzo :  
Località San Terenziano  
02013 Antrodoco (RI)

Committenti:

COMUNE DI ANTRODOCO  
Corso Roma, 15 - 02013

Impresa Esecutrice :

Data :

FEBBRAIO 2020

Progettista  
Direttore Lavori  
CSP  
CSE

Ing. Fabio Grassi

Scala : -

Serie :

-

Oggetto della Tavola:

RELAZIONE DI CALCOLO

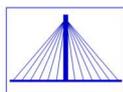
Spazio riservato alle integrazioni:


REVISORE = Rev \_\_  
INTEGRAZIONE = Int \_\_

DATA

UFFICIO TECNICO

Spazio riservato all'ente



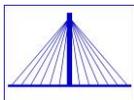
**GRASSI ENGINEERING**

STUDIO DI INGEGNERIA

SISMICA - CIVILE - STRUTTURALE - GEOTECNICA

Via Dante Allighieri n.5/7-02013 Antrodoco (RI) Tel.+39-3389619968  
pec :fabio.grassi@ingpec.eu emailing.fabiograssi@gmail.com  
Sito Internet : www.grasslengineering.it

1	PREMESSA.....	2
1.1	SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO.....	2
1.1.1	MACRO 1 – MACCAFERRI .....	2
1.2	MATERIALI STRUTTURALI .....	3
1.2.1	ANCORAGGI E CHIODATURE.....	3
1.2.2	RETE IN ADERENZA .....	3
1.2.3	MALTA .....	5
1.3	CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI ( $k_h$ , $k_v$ ) .....	6
1.3.1	PARAMETRI DI IMPUT.....	6
1.3.2	PARAMETRI SISMICI PER LA STABILITÀ DEL VERSANTE.....	6
2	DIMENSIONAMENTO RETE ARMATA IN ADERENZA.....	7
2.1	CENNI DI TEORIA RELATIVI AL SOFTWARE DI CALCOLO .....	7
2.2	DATI DI INPUT .....	16
2.2.1	AFFIDABILITA' DEI CODICI DI CALCOLO .....	16
2.2.2	GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	16
2.2.3	FATTORI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE STRUTTURALI .....	17
2.3	CALCOLO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE DELLA RETE ARMATA.....	18
2.4	SINTESI DEI RIULTATI DELLE VERIFICHE CONDOTTE.....	18
2.5	DIMENSIONAMENTO ANCORAGGI DI ESTREMITÀ .....	18
2.5.1	ANCORAGGI DI ESTREMITÀ DI TESTA.....	19
2.5.2	ANCORAGGI DI ESTREMITÀ AL PIEDE.....	19
3	CONCLUSIONI .....	22



# RELAZIONE DI CALCOLO

## 1 PREMESSA

Scopo di questo elaborato è quello di verificare e dimensionare le opere strutturali di intervento. I calcoli delle strutture sono redatti sulla base dei seguenti disposti normativi:

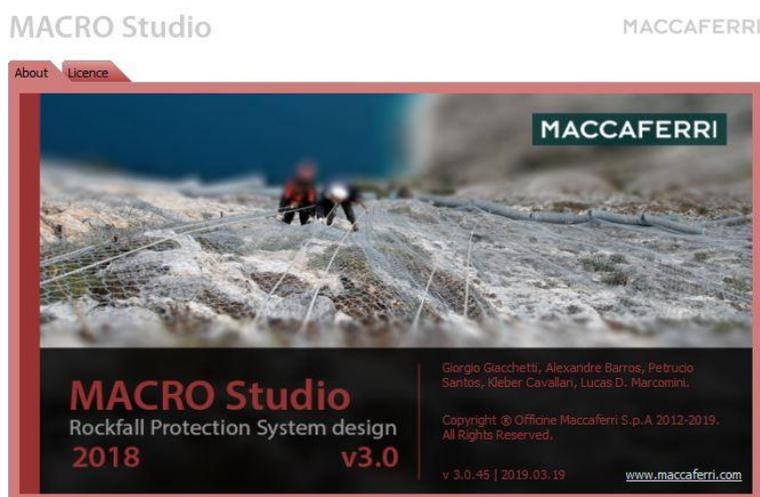
- D. Min. Infrastrutture 17 Gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7: “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- UNI EN 1997-1:2013: elementi fondamentali per gli aspetti geotecnici della progettazione di edifici ed opere di ingegneria civile. E' previsto che sia utilizzata unitamente alla UNI EN 1990. La norma non tratta requisiti specifici di progettazione antisismica che sono forniti nella UNI EN 1998.

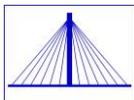
Per quanto attiene le caratteristiche dell’ammasso roccioso si rimanda alla specifica “relazione geologica” a firma del geologo incaricato, Dott. Geol. Bruno Gabrielli.

### 1.1 SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO

#### 1.1.1 MACRO 1 – MACCAFERRI

Dimensionamento e verifica delle opere di consolidamento corticale del tipo rete in aderenza con ancoraggi puntuali e distribuiti.





## 1.2 MATERIALI STRUTTURALI

### 1.2.1 ANCORAGGI E CHIODATURE

**MACCAFERRI**

SCHEDA TECNICA  
Rev. 08, Data 01.02.2017

**MAC.RO. SYSTEM BARRE DI ANCORAGGIO 900/1100 TERMIC**  
BARRE PIENE A FILETTATURA CONTINUA

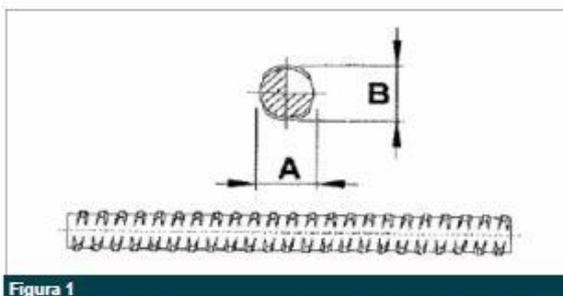


Figura 1

Le barre in acciaio a filettatura continua ad alta resistenza offrono soluzioni specifiche nel campo della geotecnica e delle costruzioni, in particolare: bullonature, chiodature, ancoraggi, micropali, rinforzi strutturali.

La filettatura continua consente l'adattamento della lunghezza della barra in funzione delle diverse esigenze oltre a migliorare l'aderenza tra barra e cemento/resina.



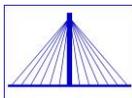
Figura 2

TIPO	UNITÀ	20	25	28	32	40
Diametro A/B	mm	20/23	25/29	28/32	32/36	40/45
Rottura	N/mm <sup>2</sup>	1100	1100	1100	1100	1100
Snervamento	N/mm <sup>2</sup>	900	900	900	900	900
Allungamento a rottura	%	> 7%	> 7%	> 7%	> 7%	> 7%
Carico di snervamento	kN	280	440	550	720	1130
Carico di rottura	kN	340	540	670	880	1380
Peso	kg/m	2.50	3.90	4.80	6.30	9.90
ACCESSORI						
Manicotto di giunzione		45x150	50x180	55x180	60x180	70x220
Dado di bloccaggio		36x50	46x65	50x70	55x80	75x105
Piastra in acciaio		150x150x8 piana	150x150x8 bombata	150x150x10	200x200x10 piana	200x200x10 bombata

### 1.2.2 RETE IN ADERENZA

La rete in aderenza utilizzata nell'intervento è la **Macmat® HS** prodotto dalla Maccaferri, è l'ultima generazione di geostuoia rinforzata ad alte prestazioni, ottenuta dall'estrusione del polimero direttamente sul Sistema Steelgrid. La rete di rinforzo è a maglia esagonale con caratteristiche meccaniche superiori a quanto previsto dalle UNI EN 10223-3:2013.

Il filo con protezione in lega Zn-Al5% è conforme alle UNI EN 10244-2, Class A. Il rivestimento metallico del filo può essere estruso con un ulteriore rivestimento in polimero. Le prestazioni meccaniche del prodotto in termini di resistenza a trazione e resistenza a punzonamento sono ovviamente le stesse del Sistema Steelgrid.



**MACCAFERRI**

SCHEDA TECNICA  
Rev. 04, Data 15.12.2016

**MACMAT® HS**  
GEOSTUOIA RINFORZATA IN RETE METALLICA AD ALTE PRESTAZIONI

**Macmat® HS** è l'ultima generazione di geostuoia rinforzata ad alte prestazioni, ottenuta dall'estrusione del polimero direttamente sul Sistema Steelgrid.  
La rete di rinforzo è a maglia esagonale con caratteristiche meccaniche superiori a quanto previsto dalle UNI EN 10223-3:2013. Il filo con protezione in lega Zn-Al5% è conforme alle UNI EN 10244-2, Class A. Il rivestimento metallico del filo può essere estruso con un ulteriore rivestimento in polimero.  
Le prestazioni meccaniche del prodotto in termini di resistenza a trazione e resistenza a punzonamento sono ovviamente le stesse del Sistema Steelgrid.

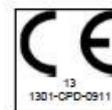
MACMAT		MO 8127G	30 8127GN	100 8127GN	MO 8127G0	30 8127G0	100 8127G0
<b>GEOSTUOIA</b>							
Polimero					POLIPROPILENE		
Punto di rammolimento	°C				450		
Densità	kg/m³				900		
Resistenza ai raggi UV					STABILIZZATO		
<b>REINFORCEMENT</b>							
Tipo		Rete metallica doppia torsione in Galmac			Rete metallica doppia torsione in Galmac e ulteriore rivestimento plastico		
Maglia tipo				8X10			
Diametro filo (int./est.)	mm		2.7			2.7/3.7	
Diametro fune	Mm		8			6/8	
Spessore nominale del rivestimento polimerico	mm		Non presente			0.5	
<b>PROPRIETA' MECCANICHE DEL GEOCOMPOSITO</b>							
Resistenza meccanica longitudinale	kN/m	50	177*	80*	50	118*	72*
Carico di punzonamento limite*	kN	67	149	86	67	127	74
<b>PROPRIETA' FISICHE NOMINALI DEL GEOCOMPOSITO</b>							
Indice dei vuoti	%				>90		
Spessore nominale (EN ISO 9863-1)	mm				12		
Colore della geostuoia					NERO (Su richiesta disponibile color Marrone)		
Lunghezza rotolo (**)	m				25		
Larghezza rotolo (***)	m	2.0	1.8	1.95	2.0	1.8	1.95



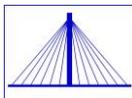
**NOTE**  
\* valori medi  
(\*\*) Tolleranza -0 +1%  
(\*\*\*) Tolleranza ± dimensione maglia M

Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

ETA n. 13/0524



Scheda tecnica MACMAT HS 30



## 1.2.3 MALTA



### Avvertenze

- Prodotto per uso professionale.
  - Consultare sempre la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.
  - La malta fresca va protetta dal gelo e da una rapida essiccazione.
  - Poiché l'indurimento si basa sulla presa idraulica del cemento, una temperatura di +5°C viene consigliata come valore minimo per l'applicazione e per il buon indurimento della malta. Al di sotto di tale valore la presa viene eccessivamente ritardata e sotto 0°C la malta fresca o anche non completamente indurita, può essere esposta all'azione disgregatrice del gelo.
  - Per temperature comprese tra 5°C e 10°C, per ovviare al problema di uno sviluppo delle resistenze meccaniche molto lento, si consiglia di utilizzare acqua ad una temperatura di circa 20°C.
  - Quando la temperatura ambientale è superiore ai 30°C, si consiglia di utilizzare acqua fredda.
  - Bagnare la malta nelle prime 24 ore dopo l'applicazione. Un'evaporazione rapida dell'acqua, infatti, può essere causa di fessurazioni superficiali dovute al ritiro in fase plastica.
  - L'applicazione in presenza di forte vento può provocare la formazione di fessurazioni e "bruciature" della malta. In tali condizioni si consiglia di adottare opportune precauzioni (protezione dei locali interni, ecc.).
  - Per ristrutturazioni, con supporti eterogenei e spessori variabili di malta d'intonaco, consultare i nostri consulenti di zona per il ciclo più appropriato.
  - In presenza di umidità di risalita, prevedere lavorazioni parallele idonee all'entità del fenomeno.
- RR 32 deve essere usato allo stato originale senza aggiunte di materiali estranei.

### Conservazione

Conservare all'asciutto per un periodo non superiore a 12 mesi.

### Qualità

RR 32 è sottoposto ad accurato e costante controllo presso i nostri laboratori. Le materie prime impiegate vengono rigorosamente selezionate e controllate.

### Dati Tecnici

Peso specifico della polvere	ca. 1.550 kg/m <sup>3</sup>
Granulometria	< 3 mm
Resa	ca. 17 kg/m <sup>2</sup> con spessore di 10mm
Acqua di impasto	17-19%
Densità malta fresca	ca. 2.000 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione a 7 gg (EN1015-11)	≥ 23 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione a 28 gg (EN1015-11)	≥ 30 N/mm <sup>2</sup>
Adesione su calcestruzzo a 28 gg (EN 1015-12)	≥ 1,4 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico in compressione (EN 13412 - metodo 2)	≥ 15.000 MPa
Coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità (UNI EN 1015-18)	W1 (CS 0,4 kg/m <sup>2</sup> ·min <sup>0,5</sup> )
Permeabilità al vapore acqueo (UNI EN 1015-19)	μ ≤ 20 (valore misurato)
Coefficiente di conducibilità termica (EN 1745)	λ = 1,1 W/m·K (valore tabulato)
Reazione al fuoco (EN 13501-1)	Euroclasse A1
Conforme alla norma EN 998-1	GP-CS/IV-W1

Le prestazioni sottoriportate sono ottenute impastando il prodotto con 18% di acqua in ambiente a temperatura e umidità controllata (20±1°C e 60±5%U.R.).

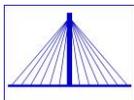
I dati riportati si riferiscono a prove di laboratorio; nelle applicazioni pratiche di cantiere questi possono essere sensibilmente modificati a seconda delle condizioni di messa in opera. L'utilizzatore deve comunque verificare l'idoneità del prodotto all'impiego previsto, assumendosi ogni responsabilità derivante dall'uso. La ditta Fassa si riserva di apportare modifiche tecniche, senza alcun preavviso.

Specifiche tecniche in merito all'uso di prodotti Fassa Bortolo in ambito strutturale o antiscivolo, avranno carattere di ufficialità solo se fornite da "Assistenza Tecnica" e "Ricerca Sviluppo e Sistema Qualità" di Fassa Bortolo. Qualora necessario, contattare l'Assistenza Tecnica all'indirizzo mail [area.technica@fassabortolo.com](mailto:area.technica@fassabortolo.com).

Si ricorda che per i suddetti prodotti è necessaria la valutazione da parte del professionista incaricato, secondo le normative vigenti.

Fassa S.r.l. - Via Lazzaris, 3 - 31027 Spresiano (TV) - [www.fassabortolo.com](http://www.fassabortolo.com)





### 1.3 CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI (kh, kv)

#### 1.3.1 PARAMETRI DI IMPUT

##### Descrizione zona

Latitudine 42,415715 [°]

Longitudine 13,085973 [°]

##### Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Categoria sottosuolo B

Categoria topografica T2

I valori necessari per la determinazione delle azioni sismiche,  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , sono stati elaborati per il sito di interesse con il programma "Spettri NTC ver. 1.0.3", essi vengono riportati per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento:

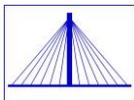
$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,074	2,409	0,270
50	0,098	2,331	0,278
72	0,116	2,315	0,285
101	0,135	2,298	0,291
140	0,155	2,296	0,297
201	0,180	2,303	0,311
475	0,248	2,360	0,334
975	0,319	2,403	0,354
2475	0,438	2,438	0,372

#### 1.3.2 PARAMETRI SISMICI PER LA STABILITÀ DEL VERSANTE

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.026	0.039	0.106	0.126
kv	0.013	0.020	0.053	0.063
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1.258	1.613	3.708	4.420
Beta	0.200	0.240	0.280	0.280

Si ottengono quindi i parametri sismici kh e kv, che approssimati verranno indotti nelle verifiche:

- Kh = 0,11
- Kv = 0,05



## 2 DIMENSIONAMENTO RETE ARMATA IN ADERENZA

Per il dimensionamento della rete armata in aderenza è stato utilizzato il software Macro 1 sviluppato da Officine Maccaferri. Successivamente è stata riportata una sintesi dei principali concetti teorici che stanno alla base del programma di calcolo ed una sintesi delle verifiche con esso condotte.

### 2.1 CENNI DI TEORIA RELATIVI AL SOFTWARE DI CALCOLO

#### CONCETTI GENERALI

Macro 1 è il software sviluppato da Officine Maccaferri quale ausilio ai progettisti per il dimensionamento dei sistemi di consolidamento corticali costituiti da reti in aderenza opportunamente ancorate al pendio da una maglia di ancoraggi. Il metodo di calcolo considera che sul versante c'è uno strato superficiale alterato di ammasso roccioso. La porzione di ammasso roccioso potenzialmente instabile è approssimata come un mezzo continuo; questo corpo continuo, che può dare origine ad instabilità di tipo superficiale ed al conseguente crollo di massi lungo il pendio, è caratterizzato da uno spessore "s" ed una inclinazione " $\beta$ " che corre parallelamente al pendio. Dei giunti che attraversano il corpo superficiale il più sfavorevole ha una inclinazione " $\alpha$ ".

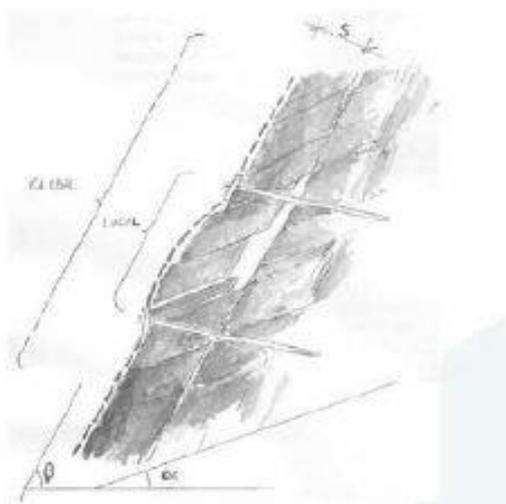


Figura 1 - Schema delle principali grandezze geometriche con cui sono schematizzati il pendio e la porzione più superficiale ed alterata dell'ammasso roccioso che lo costituisce

Le forze sulla rete e sugli ancoraggi che collegano la rete al pendio nelle ipotesi del modello sono generati in maniera passiva quando una delle due seguenti condizioni si viene a verificare:

- l'intera porzione alterata dell'ammasso roccioso scivola lungo il piano inclinato  $\beta$ ; questo è il problema della stabilità cosiddetta "globale" della superficie alterata e viene mitigata con il raster di ancoraggi

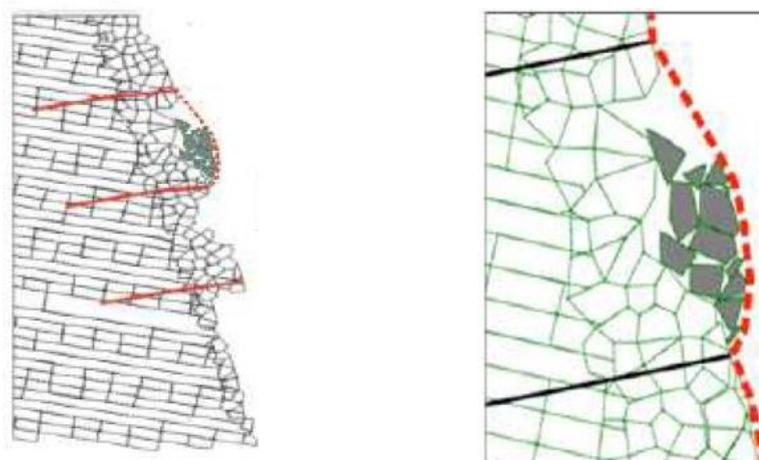
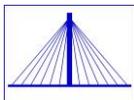


Figura 2 - Gli ancoraggi in barra favoriscono la stabilizzazione dell'intero strato roccioso potenzialmente instabile (sinistra), la rete contiene i distacchi possibili all'interno della maglia di ancoraggi (destra)

- uno o più blocchi isolati scivolano fuori dall'ammasso roccioso alterato; la genesi di tale instabilità può essere di differente natura (scorrimento planare o a cuneo, ribaltamento, ecc.) sebbene il software consideri unicamente quella più sfavorevole, ovvero lo scivolamento planare lungo il giunto più sfavorevole (piano con inclinazione " $\alpha$ "); poiché questa instabilità si può manifestare solo nell'interspazio tra due chiodi adiacenti, si parla anche di instabilità "locale" che viene mitigata dalla presenza della rete in aderenza al pendio.

Il modello ipotizza pertanto che sia la rete che gli ancoraggi generino reazioni unicamente quando l'ammasso roccioso si muove (sistema "passivo"). Il dimensionamento degli ancoraggi e del pannello di rete è effettuato in due fasi distinte (tra loro interconnesse) come specificato nel seguito.

#### DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

##### Calcolo delle sollecitazioni

Considerando un comportamento passivo, il calcolo dell'ancoraggio in barra assume che la porzione instabile del pendio si trova in condizioni di equilibrio limite, dove il fattore di sicurezza è pari a 1,0. Dunque, le forze resistenti hanno lo stesso valore delle forze motrici e vale la seguente equazione:

$$\text{Resisting forces} = W \sin \beta = \text{driving forces} \quad [1]$$

In cui:

W = peso dell'ammasso roccioso instabile da consolidare

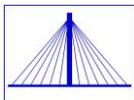
B = inclinazione della superficie del pendio, lungo cui si può verificare lo scorrimento della massa rocciosa instabile

Utilizzando il criterio di resistenza di Barton-Bandis per i giunti, l'equazione [1] può essere riscritta nel seguente modo, per descrivere la condizione di stabilità migliorata dalla presenza degli ancoraggi:

$$W (\sin \beta - c \cdot \sin \beta \tan \phi) + R \geq W (\sin \beta + c \cdot \cos \beta) \quad [2]$$

in cui:

R = contributo stabilizzare degli ancoraggi



$c$  = coefficiente sismico

$\phi$  = angolo di attrito residuo del giunto

L'equazione [2] è scritta in base al concetto di intervento passivo. Supponendo  $\tan \phi \approx 1$  (angolo d'attrito = 45 °), ed introducendo i fattori di sicurezza per ridurre le forze stabilizzanti ( $\gamma_{RW}$ ) e aumentare quelle destabilizzanti ( $\gamma_{DW}$ ), la condizione di stabilità diventa:

$$W \cdot \sin \beta \cdot (1 - c) / \gamma_{RW} + R \geq W \cdot \gamma_{DW} \cdot (\sin \beta + c \cdot \cos \beta) \quad [3]$$

Ovvero:

$$F_{Sslp} > = F_{Dslp} \quad [4]$$

Dove:

$$F_{Dslp} = W (\sin \beta + c \cos \beta) \gamma_{DW} = \text{Sum of the driving forces} \quad [5]$$

$$F_{Sslp} = W \sin \beta (1 - c) / \gamma_{RW} + R = \text{Sum of stabilizing forces} \quad [6]$$

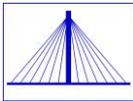
L'equazione [3] consente di determinare la minima forza che deve essere in grado di reagire l'ancoraggio in barra per consolidare un ammasso roccioso a partire da una condizione di equilibrio limite dello stesso. I due coefficienti di sicurezza ( $\gamma_R$ ,  $\gamma_D$ ) dipendono da diversi fattori. Le caratteristiche dell'ammasso roccioso influiscono sulle dimensioni delle forze stabilizzanti, in modo che il loro coefficiente di sicurezza può essere descritto come:  $\gamma_R = \gamma_q \gamma_g \gamma_B$  [7]

Le condizioni esterne, in particolare la morfologia del pendio, svolgono invece un ruolo importante sul valore delle forze instabilizzanti, il cui coefficiente di sicurezza è definito come:

$$\gamma_D = \gamma_M \gamma_O \quad [8]$$

Nella tabella seguente è fornita una sintesi del significato dei vari coefficienti di sicurezza introdotti nelle relazioni [7] e [8] ed una indicazione del range di valori suggeriti dal software.

Coefficiente di sicurezza	Descrizione	Valore
$\gamma_q$	Incertezza sullo spessore medio della zona instabile	1,20 – rilevamento geomeccanico 1,30 – rugosità evidente
$\gamma_g$	Incertezza sul peso di volume della roccia	1,00 – omogeneo 1,05 – non omogeneo
$\gamma_B$	Incertezza sulle condizioni ambientali di applicazione	1,00 – roccia compatta 1,05 – roccia interperata
$\gamma_M$	Morfologia del pendio da consolidare	1,10 – superficie regolare 1,30 – superficie ruvida
$\gamma_O$	Sovraccarichi esterni sul pendio	1,00 – non sono applicati carichi rilevanti



1,20 – sono applicati carichi esterni (Es. Neve, ghiaccio, vegetazione, ecc.)

Nella tabella successiva, invece, è fornita la relazione che devono rispettare i valori finali dei due coefficienti  $\gamma_R$  e  $\gamma_D$ :

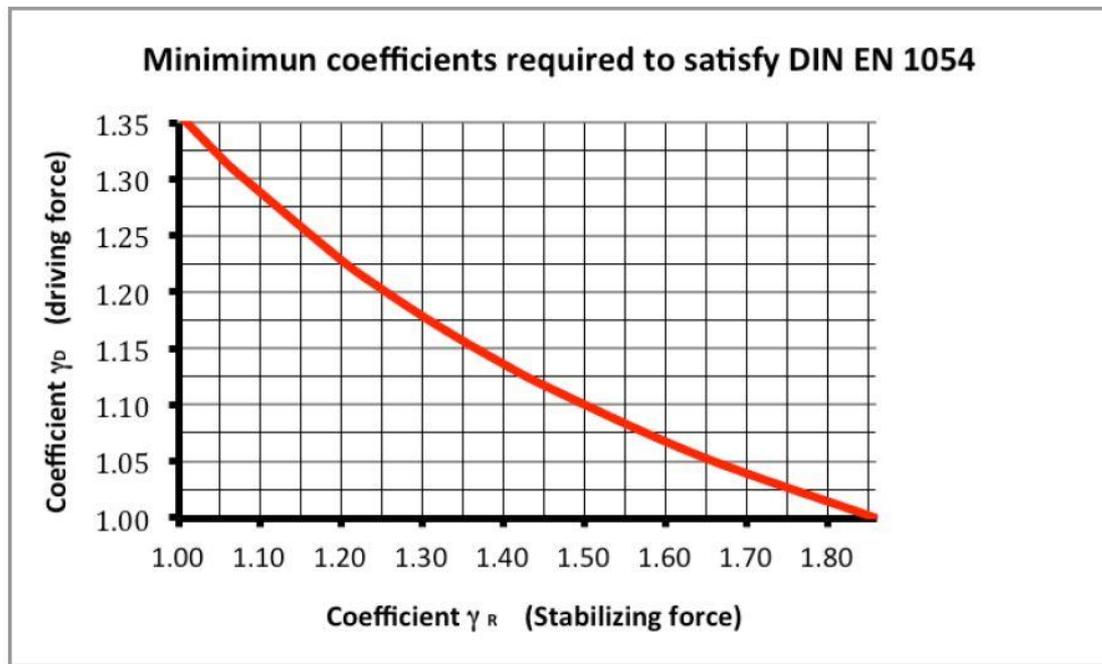


Figura 3 - La scelta dei fattori di sicurezza parziali di Figura 3 deve essere tale che i valori finali per i due coefficienti  $\gamma_R$  e  $\gamma_D$  individuino un punto che giace al di sopra della curva individuata nel grafico

#### Contributo stabilizzante degli ancoraggi

Le barre di rinforzo funzionano principalmente in prossimità del giunto di scorrimento, dove la barra è sottoposta a sollecitazioni di taglio insieme a sollecitazioni di trazione. La forza resistente  $R$  fornita dalla barra è ottenuta utilizzando la seguente relazione:

$$R = \left[ \frac{1 + \frac{m^2}{16}}{1 + \frac{m^2}{4}} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot N_e \quad [9]$$

Dove:

$$m = \text{ctg}(\epsilon + \delta) \quad [10]$$

$$\epsilon = \text{angolo tra l'asse della barra e la normale al piano di scorrimento} = 90^\circ - \beta - \theta_0 \quad [11]$$

con  $\theta_0$  angolo tra l'asse della barra e l'orizzontale.

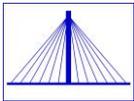
$\delta$  = dilatanza della superficie di scorrimento

$$N_e = \text{ESS} \cdot \sigma_{adm} = \text{ESS} \cdot \sigma_{ST} / \gamma_{ST} \quad [12]$$

$\gamma_{ST}$  = coefficiente di riduzione per la resistenza dell'acciaio.

$$\text{ESS} = \text{area effettiva della barra d'acciaio (nel caso di barre piene} = p / 4 (f_e^2)) \quad [13]$$

con  $f_e$  diametro esterno della barra. In conformità con il criterio di resistenza di Barton - Bandis, il valore  $\delta$  è approssimato con la seguente relazione:



$$\delta \approx \frac{JRC \cdot \log \left[ \frac{JCS}{\sigma_{plan}} \right]}{3} \quad [14]$$

Dove:

$$\sigma_{plan} = \frac{i_x \cdot i_y \cdot s \cdot \gamma \cdot \cos \alpha}{i_x \cdot i_y} \quad [15]$$

Dove:

- $\alpha$  = inclinazione del giunto più sfavorevole  
 $\sigma_{plan}$  = sforzo normale al piano di scivolamento  
JRC = rugosità del giunto critico  
JCS = resistenza a compressione del giunto critico (MPa)

Le equazioni [14] e [15] sono finalizzate esclusivamente a determinare il contributo stabilizzante della dilatanza del giunto di scorrimento. In mancanza di dati di input, si possono fare le seguenti assunzioni:

- JRC e JCS dovrebbero essere stimati sui giunti più sfavorevoli (ovvero quelli con inclinazione  $\alpha$ ). Macro 1 ipotizza che il giunto con inclinazione parallela al pendio abbia queste caratteristiche sfavorevoli;
- Se il JRC è sconosciuto può essere cautelativamente posto pari a zero;
- Se JCS è sconosciuto può essere cautelativamente posto pari a 5 MPa.
- Se l'inclinazione  $\alpha$  del giunto è sconosciuta, si assumere (a favore di sicurezza) un valore tra 40 e 50 °.

#### Lunghezza degli ancoraggi

La valutazione della lunghezza dell'ancoraggio considera quanto segue:

- a) Il chiodo gioca il ruolo più importante nel consolidamento superficiale del pendio; la sua lunghezza deve essere più profonda dello spessore delle instabilità superficiali, e dovrebbe consentire alla barra di raggiungere la parte stabile dell'ammasso.
- b) La barra d'acciaio e la malta sono esposti agli agenti atmosferici azioni (pioggia, salinità, variazioni di temperatura, ecc.)
- c) Poiché la roccia e la malta sono più deboli rispetto all'acciaio generalmente la roccia si plasticizza in corrispondenza del piano di scorrimento. Il volume plasticizzato dipende dal tipo di roccia. La minima lunghezza teorica della barra è ottenuta mediante la seguente relazione:

$$L_t = L_s + L_i + L_p \quad [17]$$

Rifacendosi alla seguente figura:

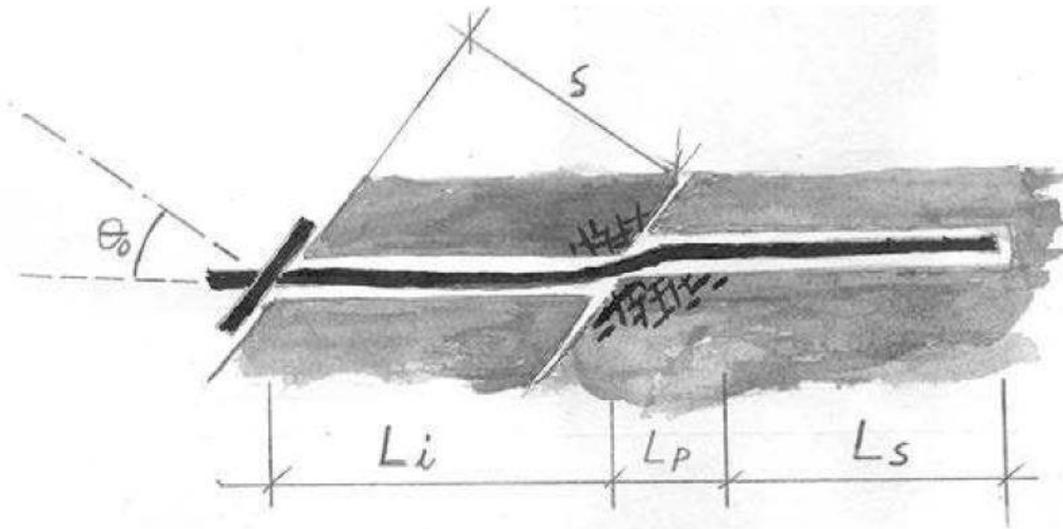
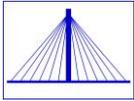


Figura 4 - Barra di ancoraggio infissa nell'ammasso roccioso;  $L_i$  e la lunghezza che attraversa la parte instabile dell'ammasso roccioso (di spessore  $s$ ),  $L_p$  è il tratto nella parte plasticizzata dell'ammasso e  $L_s$  la parte nella roccia sana

Le varie grandezze in gioco sono calcolate da Macro 1 nel seguente modo:

$L_s$  = lunghezza dell'ancoraggio nella parte stabile della roccia =  $P / (\pi \phi_{\text{drill}} \tau_{\text{lim}} / \gamma g t)$  [18]

$L_i$  = lunghezza nella parte degradata dell'ammasso =  $s / \cos \epsilon \gamma d w$  [19]

$L_p$  = lunghezza della parte di foro sottoposta a fenomeni di plasticità. I valori sono compresi tra 0,05 m per la roccia dura (come granito o basalto) fino a 0,30 m per le rocce più tenere (ad esempio marne).

Con:

$\phi_{\text{drill}}$  = diametro del foro

$\tau_{\text{lim}}$  = tensione di aderenza malta-roccia

$\gamma g t$  = coefficiente di sicurezza da applicare al valore della tensione di adesione  $\tau_{\text{lim}}$

$P$  = forza di estrazione a cui è sottoposto l'ancoraggio, calcolata come valore massimo tra i seguenti due:

$P_{\text{Mesh}} = ((M_{\text{bdrv}} - M_{\text{bstb}}) \cos(\alpha + \theta_0)) i_x$ , che fornisce la forza di estrazione prodotta dalla rete ( $M_{\text{bdrv}}$  e  $M_{\text{bstb}}$  sono determinati, rispettivamente, con le successive relazioni [25] e [26])

$P_{\text{rock}} = (F_{\text{Sslp}} - R - F_{\text{Dslp}}) \cos(\beta + \theta_0)$ , che fornisce la forza di estrazione prodotta dalle instabilità globali presenti lungo il pendio.

## Dimensionamento della rete

### Stato limite ultimo

Alcuni blocchi secondari potrebbero scivolare tra gli ancoraggi lungo un piano con inclinazione  $\alpha$  (con  $\alpha$  più piccolo della pendenza del terreno  $\beta$ ), e spingere sul rivestimento in rete. La dimensione massima del blocco che esercita questa azione di spinta (per metro lineare orizzontale di rivestimento) dipende dallo spessore  $s$  e dalla spaziatura verticale  $i_y$  tra due chiodi. Poiché il carico di spinta è asimmetrico e la maglia della rete si deforma in modo non uniforme, le forze che agiscono sul rivestimento sono rappresentati con lo schema semplificato riportato nella seguente figura.

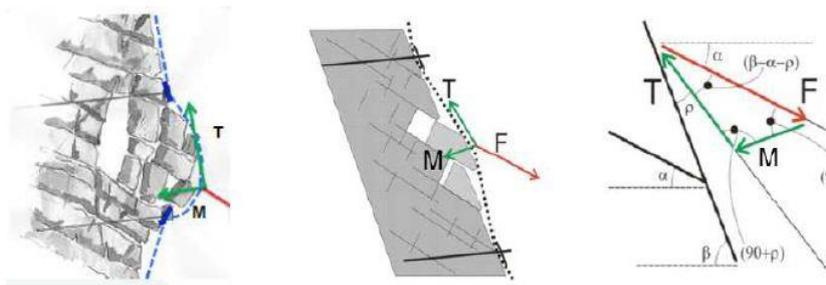
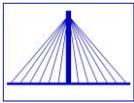


Figura 5 - Schema delle forze che agiscono sulla rete

F - la forza sviluppata dai blocchi che scorrono tra i chiodi lungo un piano con inclinazione  $\alpha$ .

T - la forza agente lungo la rete, che sorge quando i blocchi spingono sul rivestimento. La forza può svilupparsi perché c'è un grande attrito tra maglie della rete e blocchi, e una tasca riempita di materiale viene a formarsi. Il rivestimento in rete, che è ipotizzato essere inchiodato sul solo la parte superiore, reagisce a T con la resistenza a trazione della mesh.

M - la forza di punzonamento sviluppata dai blocchi perpendicolarmente al piano della mesh. La forza è sviluppato poiché esistono diversi vincoli laterali alla deformazione della rete, come la chiodatura (vincolo forte) e le altre maglie in rete confinanti (vincolo debole). La grandezza di M dipende in grossa misura dalla rigidità della maglia: maggiore è la rigidezza della membrana del maglia, più efficace è il rivestimento.

Nel caso della maglia, lo stato limite ultimo è soddisfatto quando:

$$T_{adm} - T \geq 0 \quad [22]$$

In cui:

$T_{adm}$  = tensione limite di rottura della rete, calcolato come:

$$T_{adm} = T_m / \gamma_{MH} \quad [23]$$

Dove:

$T_m$  = resistenza nominale a trazione della maglia della rete

$\gamma_{MH}$  = coefficiente di sicurezza per la riduzione della resistenza a trazione della rete.

La Tensione T sulla rete dipende dalla forza di spinta sulla maglia (M - Figura 5), che può essere calcolata utilizzando gli stessi principi formula [3]:

$$M = F \sin(\beta - \alpha) i_x = (M_{bdrv} - M_{bstb}) \sin(\beta - \alpha) i_x \quad [24]$$

dove:

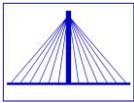
$M_{bdrv} = Mb (\alpha \sin + c \cos \alpha) \gamma_{DW}$  = forze motrici [25]

$M_{bstb} = (Mb \sin \alpha (1 - c)) \gamma_{RW}$  = forze di resistenza [26]

$Mb = V \gamma$  = peso della massa rocciosa instabile [27]

V = volume massimo instabile tra due ancoraggi adiacenti.

Stima del volume massimo di roccia agente sulla rete



Ci sono diverse procedure per il calcolo del volume massimo di roccia che potrebbe spostarsi tra gli ancoraggi. Viene di seguito descritta quella utilizzata dall' algoritmo di Macro 1, che utilizza lo schema geometrico riportato nella seguente figura:

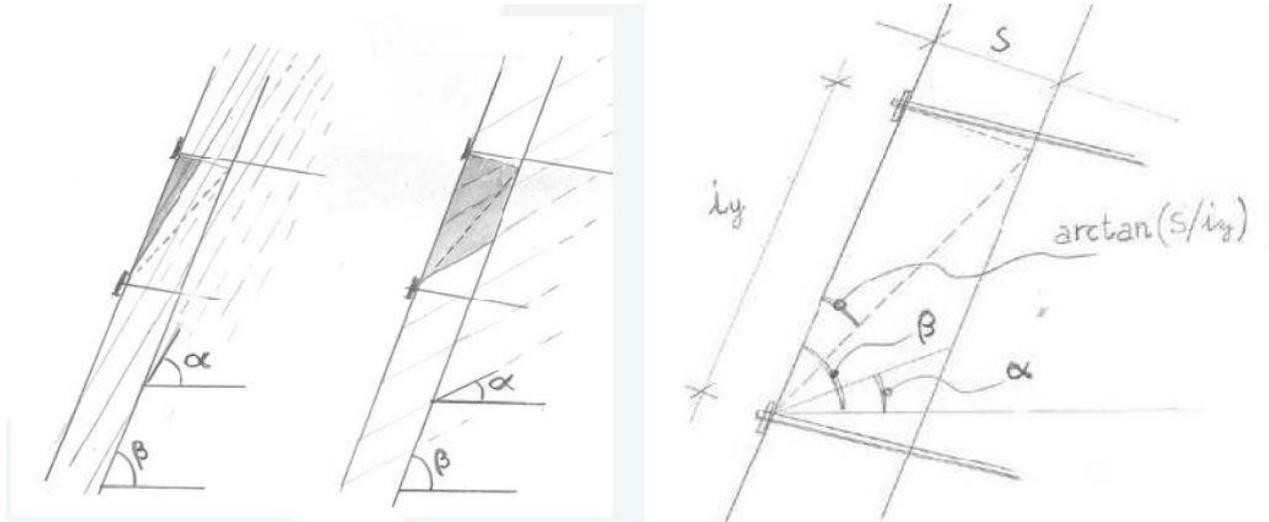


Figura 6 - Forma e dimensioni dei volumi di roccia che possono agire contro la rete

Se  $\alpha \geq \beta - (\arctan (s / I_r))$  [28]

si ha la forma triangolare in figura 6 a sinistra, il cui volume (Volume A) è calcolato come:

$$V = \frac{1}{2} \cdot i_y^2 \cdot \tan(\beta - \alpha) \quad [29]$$

altrimenti, se  $\alpha < \beta - \arctan (s / i_y)$  [30]

si possono distinguere i seguenti volumi (Figura 6 al centro)

Volume B:  $V = I_y s - s^2 / \tan (\beta - \alpha)$  [31]

Volume C:  $V = 0.5 s^2 / \tan (\beta - \alpha)$  [32]

Macro 1 determina il volume massimo teorico nei due casi come:

CASO 1:  $V = \text{volume A}$

CASO 2:  $V = \text{volume B} + \text{Volume C}$

Deformazione della rete sottoposta a punzonamento

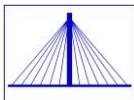
Macro 1 ipotizza che il carico di punzonamento possa essere maggiore del peso dell' ammasso roccioso tra gli ancoraggi. Il software quindi verifica se:

$$M / i_x / \sin (\beta - \alpha - \rho_p) < M_b \sin \beta \quad [34]$$

Allora:

$$T = M / i_x / \sin (\beta - \alpha - \rho_p)$$

Altrimenti:



$$T = Mb \operatorname{sen} \beta$$

[35]

Dove si è indicato con:

Zbulg = deformazione relativa al carico di punzonamento M.

rp = angolo di deformazione della mesh  $\approx \arctg(2 Zbulg / i)$  [36]

i = distanza media tra gli ancoraggi =  $(i_x * i_y)^{0.5}$  [37]

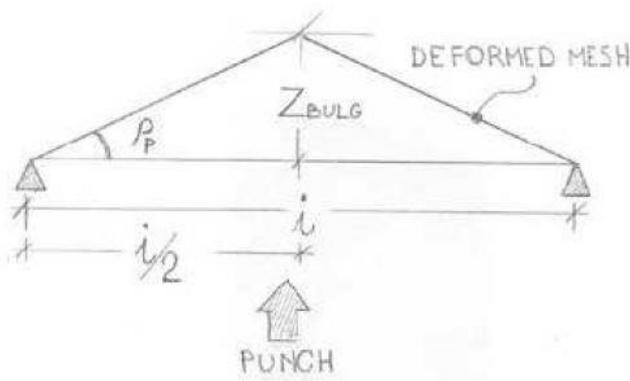


Figura 7 - Schema della geometria della rete sottoposta a carico di punzonamento

Quando il carico di punzonamento induce lo spostamento massimo Zbulg, il processo di rottura della maglia ha inizio. Il valore dello spostamento massimo Zbulg è in realtà legato alla dimensione del campione: in accordo ai risultati delle prove effettuate, si può dire approssimativamente che maggiore è la dimensione del campione, maggiore è lo spostamento (effetto di scala). La legge generale dell'effetto scala viene assunta in forma semplificata

$$x = x_0 \mu_x \text{ [38]}$$

$$y = y_0 \mu_y \text{ [39]}$$

dove

(x, y) = generica coordinata del grafico in scala

(x0, y0) = generica coordinata del grafico di riferimento

( $\mu_x$ ,  $\mu_y$ ) = costanti che correlano il grafico scalato al grafico di riferimento

Poiché le curve sono state determinate in base alla norma UNI 11437 (un campione di dimensioni 3,90 x 3,90 m), la dimensione di riferimento per la descrizione dell'effetto di scala è 3,90. Macro 1 modifica automaticamente il carico tipico considerando l'"Effetto scala".

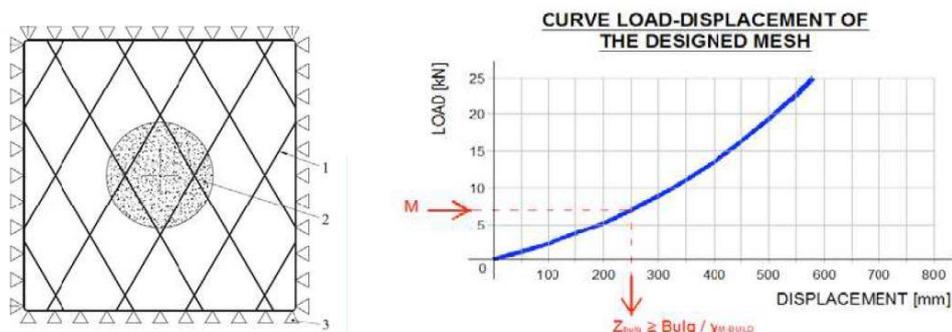
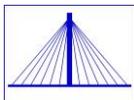


Figura 8 - Vista in pianta del test di punzonamento in accordo alla UNI 11437 (sinistra); esempio di curva caricospostamento utilizzata per dimensionare la mesh allo stato limite di esercizio (destra).



## Stato limite di esercizio

Lo stato limite di esercizio fornisce informazioni riguardanti i seguenti aspetti:

- Necessaria attività di manutenzione sul paramento del rivestimento corticale;
- Rischi di strappo della rete a causa dell'interferenza con gli ancoraggi;
- Interferenza tra infrastruttura da proteggere e paramento della rete in conseguenza di una eccessiva deformazione.

Lo stato limite di esercizio è soddisfatto se:

$$B_{ulg} - Z_{bulg} \geq 0$$

Dove:

Bulg = Dmbulg / gmbulg = spostamento ammissibile

Dmbulg = spostamento massimo di progetto

gmbulg = coefficiente di sicurezza. Il suo valore è compreso tra 1.50 (rivestimento installato correttamente su un pendio con superficie piana) e 3.00 (rivestimento installato correttamente su un pendio con morfologia irregolare).

Zbulg = deformazione del rivestimento sottoposto ad un carico di punzonamento M ricavata dai risultati delle prove di laboratori eseguite da Maccaferri.

## **2.2 DATI DI INPUT**

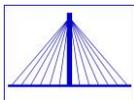
### **2.2.1 AFFIDABILITA' DEI CODICI DI CALCOLO**

Il codice, ampiamente utilizzato a livello nazionale, è fornito con manuale di validazione in cui i risultati ottenuti con il programma vengono positivamente confrontati con quelli reperibili in letteratura. Il sottoscritto ha inoltre provveduto ad esaminare la documentazione sulla validazione dei codici di calcolo resa disponibile dal produttore del software ed a modellare ed analizzare con il suddetto software i file di esempio forniti dal produttore ed altre semplici casistiche. Quindi, è stata verificata la congruenza numerica dei risultati ottenuti dal calcolo automatico con quelli ottenibili in maniera manuale ed avvalendosi dei risultati presentati nella letteratura tecnica.

### **2.2.2 GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI**

Per quanto attiene la geometria di progetto, vista l'elevata variabilità delle condizioni (sia litologiche che topografiche) che caratterizzano la zona in esame. A favore di sicurezza, le verifiche sono state condotte con riferimento ad un sistema di rinforzo a maglia 2,90x2,90 m, realizzato con barre di diametro 25 mm inserite in perforo da 34 mm, l'assunzione di uno spessore della porzione instabile dell'ammasso roccioso pari a 4,00 metri si ritiene adeguata con riferimento alle condizioni osservate insito.

$\phi_{barre}$	Diametro delle barre di ancoraggio intermedie	24,00 mm
<i>i.x</i>	Interasse della chiodatura intermedia in direzione x	3,90 m
<i>i.y</i>	Interasse della chiodatura intermedia in direzione y	3,90 m
<i>t</i>	Spessore dello strato instabile	4,00 m



$\gamma_r$	Peso specifico della roccia (valore assunto dalla relazione geologica)	22,00 KN/mc
------------	--	-------------

### 2.2.3 FATTORI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

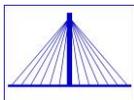
$\gamma_q$	Incertezza sullo spessore medio della zona instabile	1,20
$\gamma_g$	Incertezza sul peso di volume della roccia	1,05
$\gamma_B$	Incertezza sulle condizioni ambientali di applicazione	1,05
$\gamma_R$	Coefficiente applicato alle resistenze (forze stabilizzanti)	$\gamma_R = \text{posto } 1,15$
$\gamma_M$	Morfologia del pendio da consolidare	1,10
$\gamma_O$	Sovraccarichi esterni sul pendio	1,20
$\gamma_D$	Coefficiente applicato alle azioni (forze destabilizzanti)	$\gamma_D = \text{posto } 1,15$
$\gamma_{DF}$	<b>Fattore di sicurezza globale</b>	<b><math>\gamma_{DF} = \gamma_R \gamma_D = 1,32</math></b>

### CARATTERISTICHE DELLA RETE

$\gamma_{mesh}$	Coefficiente applicato alla resistenza della rete	1,00
$\gamma_Z$	Coefficiente applicato alla deformata della rete	1,00

### TIPO DI ANCORAGGIO

$\gamma_A$	Coefficiente applicato allo snervamento della barra	1,00
$\gamma_T$	Coefficiente applicato al coefficiente di adesione	1,00



## 2.3 CALCOLO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE DELLA RETE ARMATA

### Proprietà geometriche del pannello di rete armata

$l_x = 3,90$  m – Interasse degli ancoraggi lungo le curve di livello

$l_y = 3,90$  m – Interasse degli ancoraggi lungo la linea di massima pendenza

### Proprietà meccaniche degli elementi strutturali

$$NRk_{rete} \text{ (zona A)} = 177 \frac{KN}{m}$$

$$NRk_{rete} \text{ (zona B)} = 50 \frac{KN}{m}$$

Tale valore deve essere inserito nel programma come valore resistente.

## 2.4 SINTESI DEI RIULTATI DELLE VERIFICHE CONDOTTE

Nella successiva tabella si riporta la sintesi dei risultati ottenuti per il caso considerato, che mostrano come gli elementi strutturali (barre di ancoraggio e reti) risultino verificati e come la lunghezza minima del bulbo possa essere posta pari a 11,50 m.

Geometria $s = 4,00$ m		ANCORAGGI					RETE	
B [deg]	$\alpha$ [deg]	NSd [KN]	L. bulbo [m]	FRd [KN]	FSd [KN]	FS Resistenza a taglio	FS Resistenza	FS Punz.
40	1	299,63	11,50	924,77	910,97	1,02	2,93	1,03

Dove

NSd è la massima forza di sradicamento

L.bulbo è la minima lunghezza che l'ancoraggio deve avere per resistere alle sollecitazioni

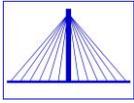
FRd è la somma delle forze stabilizzanti

FSd è la somma delle forze destabilizzanti sul piano di scivolamento corticale

FS è il fattore di resistenza

## 2.5 DIMENSIONAMENTO ANCORAGGI DI ESTREMITÀ

Il comportamento globale di un sistema di rafforzamento corticale del tipo rete in aderenza armata, prevede una redistribuzione dei carichi tale per cui le sollecitazioni intermedie si trasferiscono agli ancoraggi di estremità. In tale schema gli ancoraggi di estremità in testa ed al piede della rete risultano essere gli ancoraggi maggiormente sollecitati. Le forze gravanti sugli ancoraggi di estremità sono calcolate partendo dalla sollecitazione T descritta come la massima sollecitazione di trazione sul pannello di rete, ovvero 60,34 KN/m e coincidono con la stessa.



### 2.5.1 ANCORAGGI DI ESTREMITÀ DI TESTA

Gli ancoraggi di estremità sono realizzati nel versante caratterizzato da coltre detritica con spessore di 4 m, pertanto il rifollamento del perforo nel primo tratto consente di ipotizzare che l'ancoraggio di testa sarà sollecitato a trazione. Nel seguito si calcola quindi la resistenza trazione dell'armatura e la resistenza a sfilamento del bulbo, per una lunghezza minima di 10,50 m.

PROPRIETÀ DEGLI ANCORAGGI DI TESTA

$$\phi_{pf} = 30 \text{ mm}$$

$$\phi_{anc} = 24 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$Nrk_{anc} = 440 \text{ KN}$$

$$\gamma_s = 1,25$$

RESISTENZA A TRAZIONE DELL'ARMATURA METALLICA

$$Nrd_{anc} = \frac{Nrk_{anc}}{\gamma_s} = 352 \text{ KN}$$

RESISTENZA ALLO SFILAMENTO CALCOLATA SECONDO LA FORMULA DI BUSTAMANTE-DOIX TRASCURANDO IL CONTRIBUTO DELLA COLTRE DETRITICA

$$T_{lim} = 1400 \text{ Kpa}$$

$$L_{bulbo} = 11,50 \text{ m}$$

$$\zeta_a = 1,8$$

$$\gamma_{rap} = 1,2$$

$$Nrd_{anc\_sfil} = \frac{\pi \phi_{pf} T_{lim} L_{bulbo}}{\zeta_a \gamma_{rap}} = 702,14 \text{ KN}$$

Le verifiche saranno quindi le seguenti:

$$FS_{anc1} = \frac{Nrd_{anc}}{Nsd_{anc}} = 5,83 - \text{VERIFICA ARMATURA METALLICA - VERIFICATO}$$

$$FS_{anc2} = \frac{Nrd_{anc\_sfil}}{Nsd_{anc}} = 11,64 - \text{VERIFICA A SFILAMENTO - VERIFICATO}$$

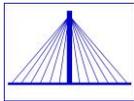
### 2.5.2 ANCORAGGI DI ESTREMITÀ AL PIEDE

Gli ancoraggi di estremità al piede sono realizzati in settori caratterizzati da roccia affiorante, pertanto il comportamento atteso è quello di ancoraggi reagenti a taglio. Si calcola quindi la resistenza a taglio della barra piena filettata continua con diametro 25 mm.

$$\phi_{pf} = 30 \text{ mm}$$

$$\phi_{anc} = 24 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 900 \text{ N/mm}^2$$



$$\tau_{yk} = \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}} = 519,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$Nrd_{anc} = \left( \frac{\pi \phi_{anc}^2}{4} \right) \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 353,86 \text{ KN}$$

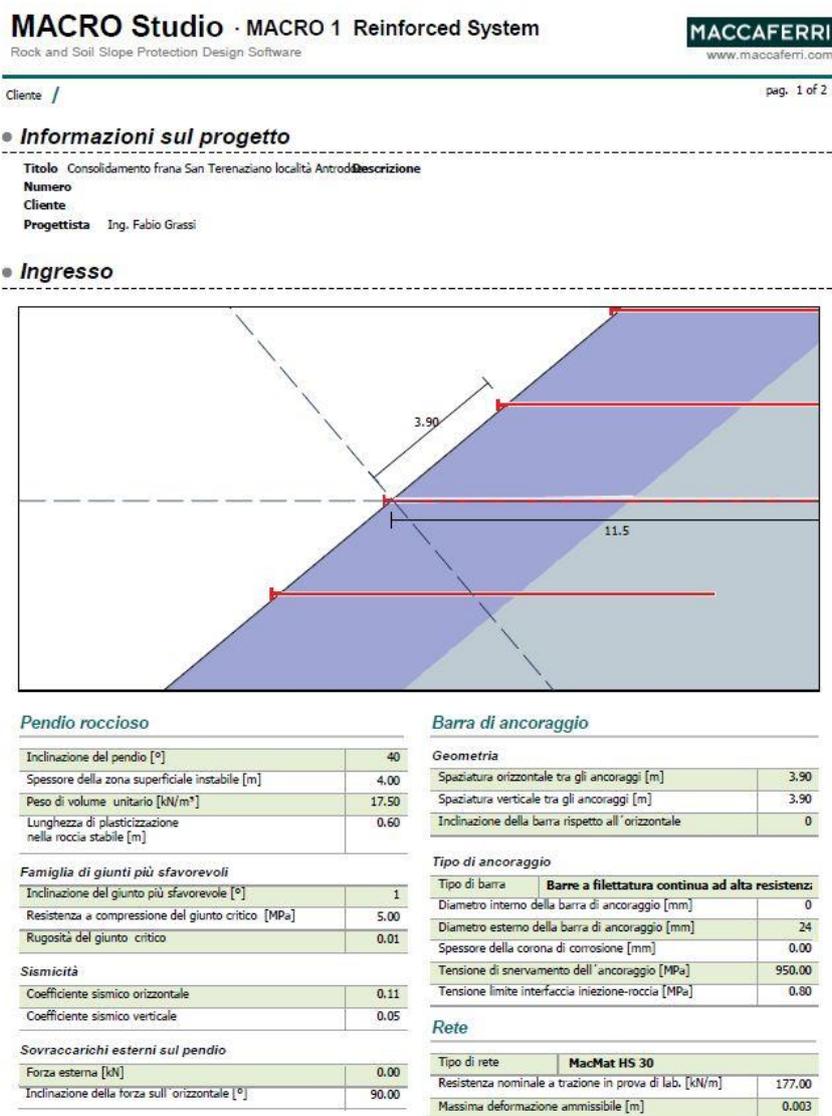
$$Vrd_{anc} = \left( \frac{\pi \phi_{anc}^2}{4} \right) \frac{\tau_{yk}}{\gamma_s} = 204,30 \text{ KN}$$

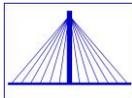
La verifica è la seguente

VERIFICA ANCORAGGIO DEL PIEDE

$$FS_{anc\_piede} = \frac{Vrd_{anc}}{Nsd_{anc}} = 3,39 - \text{VERIFICA A TAGLIO} - \text{VERIFICATO}$$

In seguito si riporta il report estrapolato dal software con i relativi input ed output.





## MACRO Studio · MACRO 1 Reinforced System

Rock and Soil Slope Protection Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccafferri.com

Cliente /

pag. 2 of 2

### ● Risultati

#### Analisi dello scivolamento della zona superficiale

$FOS_R$	<b>1.02</b>
Tasso di lavoro dell'ancoraggio	<b>96.59</b> %

#### Analisi dello scivolamento della zona superficiale

Forze stabilizzanti [kN]	924.77
Forze stabilizzanti sul piano di scivolamento corticale [kN]	910.97
Fattore di resistenza	1.02

#### Ancoraggio

Forze stabilizzanti sul piano di scivolamento corticale [kN]	391.14
Capacità dell'ancoraggio, valore di progetto [kN]	404.94
Tasso di lavoro dell'ancoraggio	96.59

#### Progettazione degli ancoraggi

Angolo tra l'asse della barra e l'orizzontale [°]	0
Snervamento dell'acciaio, valore di progetto [MPa]	950.00
Area efficace della barra di ancoraggio [mm <sup>2</sup> ]	452.39
Sliding plane stabilizing forces - per anchorage [kN]	404.94
Diametro nominale di perforazione [mm]	30.00
Forza di stradicamento dovuta alla rete [A] [kN]	120.49
Forza di stradicamento dovuta allo scivolamento superficiale [B] [kN]	299.63
Massima forza di stradicamento (maggiore tra A e B) [kN]	299.63
Lunghezza dell'ancoraggio nella zona stabile [m]	3.31
Lunghezza dell'ancoraggio nella zona instabile [m]	7.16
Lunghezza minima dell'ancoraggio [m]	11.50

#### FS Fattore di Sicurezza

Coefficiente applicato alle resistenze (forze stabilizzanti)	1.15
Coefficiente applicato alle azioni (forze destabilizzanti)	1.15

#### Analisi della Rete

	Trazione	Punzonamento
$FOS_R$	<b>2.93</b>	<b>1.03</b>
Tasso di lavoro	<b>34.09</b>	<b>97.54</b> %

#### Caratteristiche della Rete

Trazione	
Resistenza a trazione della rete, valore di progetto [kN/m]	177.00
Tensione di lavoro agente sulla rete, valore di progetto [kN/m]	60.34
Fattore di resistenza della rete	2.93

Punzonamento	
Resistenza a punzonamento della rete, valore di progetto [kN]	77.75
Azioni di punzonamento agenti contro la rete, valore di progetto [kN]	75.84
Fattore di resistenza per la deformata della rete	1.03

#### Progettazione della rete

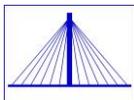
Volume di roccia che può scivolare tra gli ancoraggi [m <sup>3</sup> ]	59.49
Peso di roccia che può scivolare tra gli ancoraggi [kN]	1,041.14
Somma delle azioni, valore di progetto [kN]	136.31
Somma delle resistenze, valore di progetto [kN]	15.80
Azioni di punzonamento agenti contro la rete, valore di progetto [kN]	75.84
Deformazione massima prima della manutenzione [m]	1.084

#### Caratteristiche della Rete

Coefficiente applicato alla resistenze della rete	1.00
Coefficiente applicato alla deformata della rete	1.00

#### Tipo di ancoraggio

Coefficiente applicato allo snervamento della barra	1.00
Coefficiente applicato al coefficiente di adesione	1.00



### 3 CONCLUSIONI

Le criticità rilevate e riportate nella relazione geologica hanno portato alla realizzazione di un intervento di consolidamento. I calcoli sopra riportati si riferiscono all'utilizzo di una rete paramassi ad aderenza prodotta dalla Maccaferri, del tipo MacMat HS, formata da una geostuoia tridimensionale, una rete a maglia esagonale e delle funi in direzione longitudinale alla rete. Il fissaggio avverrà tramite delle barre piene a filettatura continua 900/1100 con lunghezza minima di 11,5 m. **Nulla vieta di utilizzare materiali equivalenti ma che abbiano le stesse caratteristiche meccaniche e prestazionali di quelle in progetto.**

Tale intervento è stato dimensionato e verificato con l'utilizzo del software "Macro 1" concesso dalla Maccaferri ed ulteriormente revisionato con i calcoli riportati in questa relazione valutando la risultante delle forze agenti sugli ancoraggi di sommità e a valle, la resistenza a sfilamento degli stessi, la resistenza a trazione della rete metallica e la sua deformazione.

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione del sistema analizzato.

Si precisa che i tiranti realizzati e calcolati sono tiranti passivi ovvero chiodature, pertanto si rientra all'interno della tipologia di intervento di cui all'art. 8 comma 1 lettera s) : *rivestimento corticale con reti fissate su scarpate con chiodi*. Di conseguenza il deposito al genio civile può essere omessa.

**Antrodoco (RI), 17.02.2020**

**Il progettista**

**Ing. Fabio Grassi**