

# RELAZIONE DI CALCOLO

## INQUADRAMENTO

L'area oggetto di questo intervento si trova in località Para nel Comune di Verghereto (FC) e ricade all'interno del bacino idrografico del Torrente Para, tributario in destra idrografica del fiume Savio che si immette in corrispondenza del lago di Quarto, ad una quota compresa tra 563 e 586 metri s.l.m. al piede di una scarpata rocciosa digradante verso est. Il dissesto di origine gravitativa si è innescato a monte della strada comunale una ventina di metri lineari di protezione in rete metallica per un'altezza di circa 18 ed invadendo tutta la carreggiata di detrito roccioso, terra e massi di grandi dimensioni (alcuni metri cubi).

La stratigrafia è ben esposta lungo la scarpata e l'alveo del torrente e nei numerosi affioramenti rocciosi presenti attorno all'area del dissesto; lungo la scarpata stradale si può osservare il passaggio tra la roccia in posto, il detrito di versante ed i depositi terrazzati alluvionali, ricoperti nella parte a ridosso del versante dal suddetto detrito.

Le unità presenti sono esaustivamente descritte nella relazione geologica tecnica allegata al progetto.

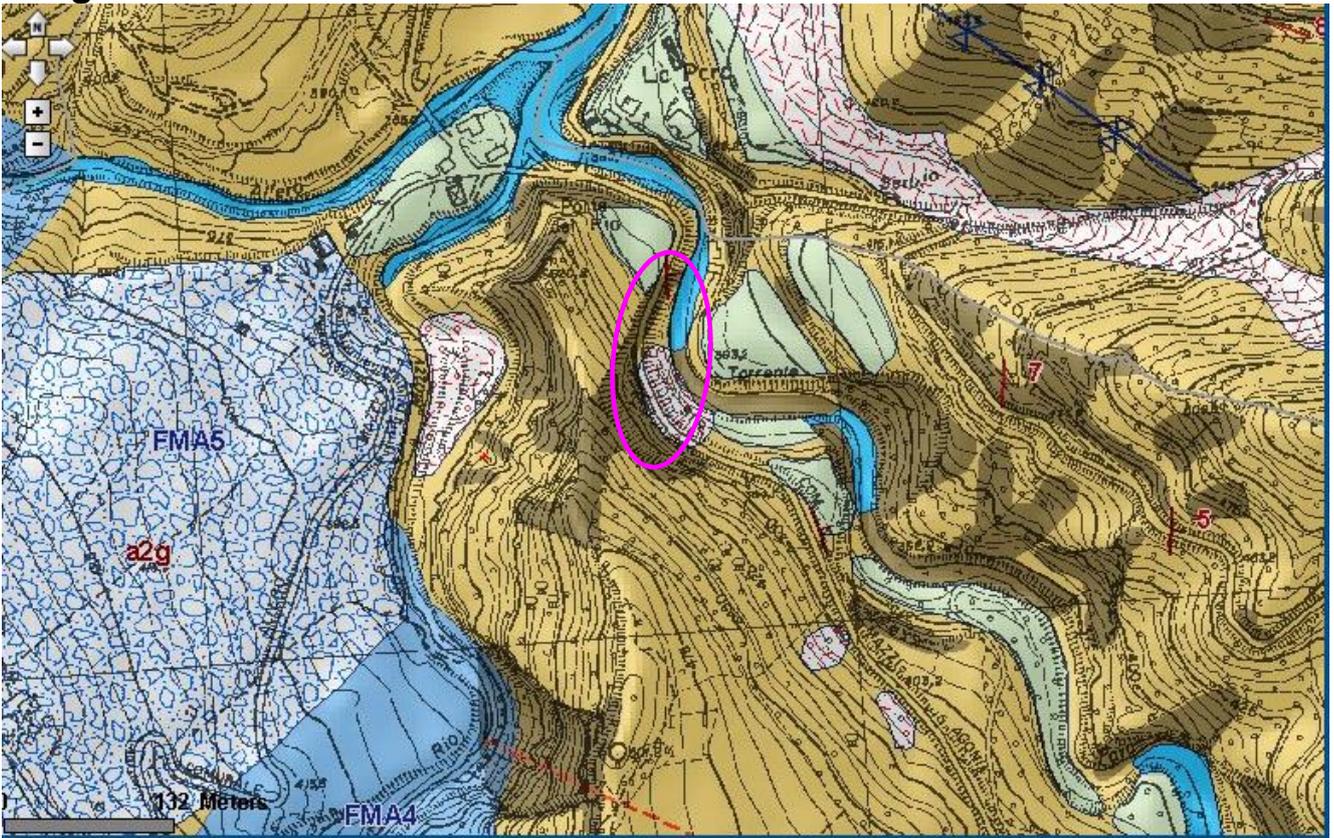
## OPERE IN PROGETTO

La stratificazione è suborizzontale, quindi non crea un elemento di debolezza dell'ammasso roccioso. Una volta ancorate al ciglio di monte della scarpata le barre di fissaggio delle reti metalliche, verrà evitato il rischio che in caso di crolli localizzati, la rete possa essere divelta se i frammenti lapidei riescono ad acquisire velocità dopo il loro distacco. Sarà utile eliminare le essenze arboree che appesantiscono ed indeboliscono il ciglio superiore della rupe onde evitare il reiterarsi del fenomeno di distacco degli apparati radicali ed alberature, responsabili in parte della rottura delle reti durante gli eventi del dicembre scorso.

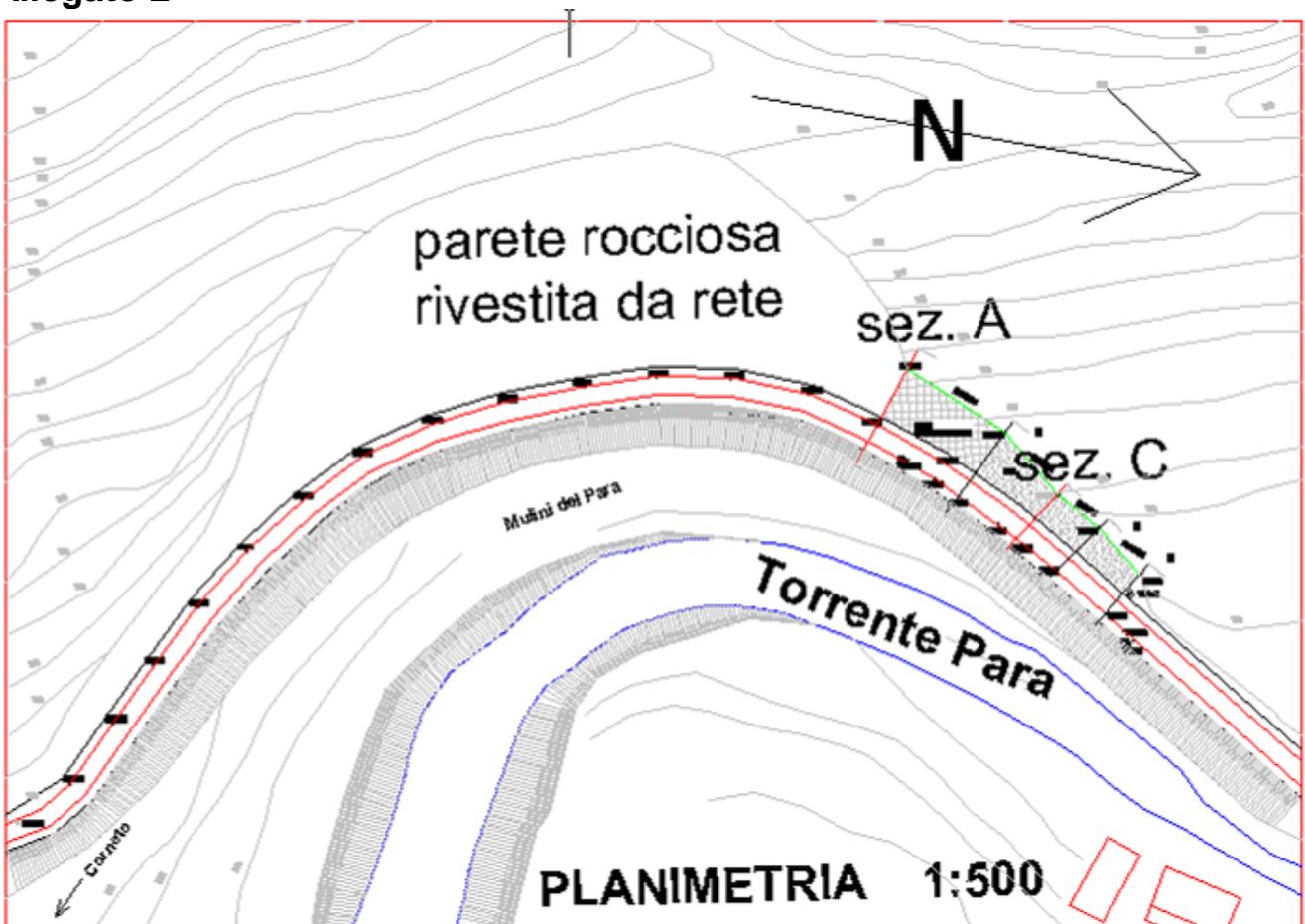
È prevista la stabilizzazione della parete rocciosa e della scarpata in terra nella parte settentrionale. Ciò avverrà, come accennato in precedenza, tramite:

- posa di reti metalliche fissate con barre in acciaio al ciglio superiore della scarpata ed al piede subito a lato della strada comunale, tanto nella parte caratterizzata dalla sola roccia che da quella in terra, detrito e materiale sciolto di origine alluvionale (limite settentrionale della rupe da sistemare con rete metallica e geocomposito);
- chiodatura tramite chiodi in acciaio delle parti di rete metallica che attualmente risultano distanti dalla parete per loro deformazione al fine di evitare che in caso di ulteriori crolli i frammenti lapidei possano acquistare velocità durante la loro discesa;
- riprofilatura, disgaggio di elementi arenacei aggettanti e sistemazione del versante denudato dal crollo di roccia e detrito;
- rinverdimento e rinaturalizzazione a protezione dell'area dissestata tramite graticciate ed idrosemia per la parte su detrito alluvionale;
- taglio selettivo di essenze arboree poste a ridosso del ciglio superiore della rupe o cresciute direttamente al di sotto della rete metallica.

## Allegato 1



## Allegato 2



## VERIFICHE DI CALCOLO

Il progetto prevede l'esecuzione di rafforzamenti corticali di parti della parete rocciosa mediante rete metallica a doppia torsione fissata alla parete mediante funi disposte in modo da realizzare un reticolo maglia 3 x 3. Nei vertici di tale maglia saranno collocate barre di ancoraggio Ø 24 inserite in fori Ø 50 circa iniettati con malta cementizia per una profondità di ml. 3,00 circa.

### **Normativa di riferimento**

Le strutture sono state dimensionate nel rispetto di:

- Legge 05/11/1971 n.1086
- Legge 02/02/1974 n. 64
- D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02.02.2009, n°617 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.01.2008»"

### **Materiali**

- Calcestruzzo: C28/30 S3 D25 XC2:  $f_{cd} = acc \ f_{ck}/\gamma_c = 0,85 \times 250 / 1,5 = 141 \text{ da N/cm}^2$
- Acciaio per c.c.a: laminato a caldo B450C

Limite di snervamento  $R_e > 4500 \text{ da N/cm}^2$

Carico di rottura  $R_m > 5400 \text{ da N/cm}^2$

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 4500 / 1,15 = 3913 \text{ da N/cm}^2$

- Acciaio per trefoli

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{ptk} > 18600 \text{ da N/cm}^2$

Tensione caratteristica all'1% di def. totale  $f_{p(1)k} > 16700 \text{ da N/cm}^2$

$F_{p(1)d} = f_{p(1)k}/\gamma_s = 16700 / 1,15 = 14522 \text{ da N/cm}^2$  [4.1.2.1.1.3]

Verifica strutturale ancoraggi in roccia [STR] → A1+M1 par. 6.5.3.1.2 e C6.5.3.1.2, quindi:

$R_{s,d} = f_{yd} \cdot A = 3913 \cdot 4,54 = 17765 \text{ da N}$

In caso di inclinazione sull'orizzontale, ipotizzando  $\varphi = 25^\circ$  si ha

$R_{s,d \text{ orizz}} = 17765 \cdot \cos 25^\circ = 16100 \text{ da N}$  (resistenza strutturale del tirante - STR)

Verifica sfilamento tiranti [GEO] → (A1+M1+R3) par. 6.6.2, quindi:

Cautelativamente si assume  $C_{ud} = 3 \text{ da N/cm}^2$

$D \text{ foro} = 1,05 \cdot 4,50 = 4,70 \text{ cm}$

$C_{ud} = C_{uk} / 1,00 = 3,0 \text{ da N/cm}^2$  (M1)

$F_u = \pi \cdot D \cdot L_f \cdot C_{ud} = 3,14 \cdot 4,70 \cdot 300 \cdot 3,0 = 13282 \text{ da N}$

$R_{a,k} = F_u / \xi = 166169 / 1,80 = 7379 \text{ da N}$

$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_{Ra,p} = 7379 / 1,2 = 61150 \text{ da N}$  (R3)

$R_{a,d \text{ orizz}} = 6150 \cdot \cos 25^\circ = 5573 \text{ da N}$  (resistenza allo sfilamento - GEO)

Resistenza a taglio barre

$R'_{s,d} = 3913 \cdot 1 / \sqrt{3} \cdot 4,54 = 10256 \text{ da N}$

Le verifiche degli ancoraggi mostrano quanto segue:

- la resistenza a trazione è governata dalla resistenza a sfilamento in quanto nettamente inferiore alla resistenza della barra (la prima risulta pari a circa 6000 da N mentre la seconda è quasi tre volte superiore). Appare quindi non vantaggioso impiegare barre di diametro superiore a Ø 24 a meno di un significativo incremento della profondità e/o diametro della perforazione.

- la resistenza a tranciamento della singola barra assicura una resistenza di circa 10000 da N che corrispondono ad un volume di massi in pietra di circa 4 mc. La disposizione dovrà quindi tenere conto di tale indicazione. Posizionando una barra ai vertici di maglia 3 x 3 si ha una area di influenza pari a 9 mq/barra

pertanto  $10000/9 = 1100$  da N/mq

$1100/2500 = 0,44$  m

Risulta quindi che le barre sono in grado di sostenere uno strato continuo in distacco di circa 40-50cm.

Molto diversa risulta la situazione delle reti semplicemente appese in testa mediante picchetti. Tali reti hanno la funzione di far scivolare il materiale in disgregazione fra rete e parete ed hanno limitata capacità di sopportare il peso di eventuali accumuli di detrito. Occorrerà quindi favorire lo scivolamento del materiale al piede ed evitare sacche di accumulo anche attraverso opere di manutenzione successive.