

- COMUNITÀ ALTA VALSUGANA E BERSNTOL -

Comune di Palù del Fersina

PROGETTO

**REALIZZAZIONE DI SENTIERO ATTREZZATO-FERRATA IN
PROSSIMITÀ DELLA MINIERA DI ERDEMOLO**

- PROGETTO ESECUTIVO -

DATA

settembre 2023

RIF.

J357-23

OGGETTO

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

ELABORATO

E.R.110.01

SCALA

-

IL PROGETTISTA

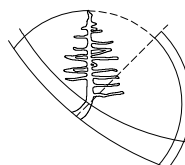
Giovanni Comunello

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott. ing. GIOVANNI COMUNELLO
INSCRIZIONE ALBO N° 2087



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ing. GIOVANNI COMUNELLO
ingegnere per l'ambiente e il territorio

Studio: via alla Busa 2 - 38122 Trento

gc.larix@gmail.com

p. IVA: 01729590222





INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA, DOCUMENTAZIONE	3
2.1	RIFERIMENTI LEGISLATIVI	3
2.2	NORMATIVA TECNICA	3
2.3	BIBLIOGRAFIA	4
2.4	ATTIVITÀ TECNICHE CONNESSE ALLA PROGETTAZIONE	4
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
4	CARTOGRAFIA TEMATICA	6
4.1	CATASTO	6
4.2	CARTA TECNICA P.A.T.	6
5	PIANO REGOLATORE GENERALE	6
5.1	CARTA DI SINTESI PERICOLOSITÀ	6
5.2	P.U.P.	7
5.2.1	Carta del paesaggio	7
5.2.2	Carta delle tutele paesistiche	7
5.3	SIC, ZPS	7
6	FINALITÀ DEL PROGETTO	8
7	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	8
8	LAVORI PREVENTIVI	10
8.1	Disgaggio, taglio arbusti e disbosco	10
8.2	Opere di difesa	11
9	TIPOLOGIA LAVORAZIONI	11
9.1	Lavorazione tipo "A" - sentiero	11
9.2	Lavorazione tipo "B" – andamento verticale	11
9.3	Lavorazione tipo "C" – andamento orizzontale/sub-orizzontale	13
10	DIFFICOLTÀ DEL TRACCIATO	14
11	RISCHIO ESTERNO	15
12	ACCESSO AL CANTIERE	15
13	IMPORTI DI PROGETTO	17
14	TEMPISTICA PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI	17
15	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	19
15.1	Barre di ancoraggio e staffe	19



15.2	Resina	19
15.3	Funi	19
16	NOTA GEOTECNICA SUGLI ANCORAGGI	19
16.1	Calcolo di resistenza dell'ancoraggio	19
16.2	Verifica a taglio.....	20



1 PREMESSA

La presente relazione illustra i lavori per la *"REALIZZAZIONE DI UN SENTIERO ATTREZZATO A PALÙ DEL FERSINA, A MONTE DELLA MINIERA DELL'ERDEMOLO-GRUAB VA HARDIMBL"*.

Il progetto è commissionato dal Comune di Palù del Fersina e rientra nell'ambito dell'**investimento 2.1 attrattività dei borghi (M1C3) finanziato dall'Unione Europea – Nextgenerationeu - linea A progetti pilota per la rigenerazione culturale, sociale ed economica dei borghi a rischio abbandono e abbandonati** (CUP D62I22000010007 - CIG 985901193F), **lavori inerenti la realizzazione di una via ferrata – intervento N. 11**.

Il presente progetto fa seguito al Progetto Definitivo a firma dell'Ing. Daniele Sartorelli, redatto negli scorsi anni e consegnato all'Amministrazione nel gennaio 2022; il presente progetto di fatto utilizza, senza possibilità di significativi scostamenti in aumento, l'importo totale di quadro economico stanziato ed individuato all'epoca.

2 NORMATIVA, DOCUMENTAZIONE

2.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Legge Provinciale 10 settembre 1993, n. 26 - Norme in materia di lavori pubblici di interesse provinciale e per la trasparenza negli appalti (B.U. 21 settembre 1993, n. 44, suppl. ord. n. 1).

D.P.G.P. 11 maggio 2012, n. 9- 84/Leg. – Regolamento di attuazione della legge provinciale 10 settembre 1993, n. 26 concernente "Norme in materia di lavori pubblici di interesse provinciale e per la trasparenza negli appalti" e di altre norme provinciali in materia di lavori pubblici (B.U. 15 maggio 2012, n. 20, suppl. n. 1).

Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n. 8 del 20/02/2018.

Circolare 21/01/2018, n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2.2 NORMATIVA TECNICA

- EOTA – European Organization for Technical Approvals: ETAG 27 – Guideline for European Technical Approval of falling rock protection kits.
- UNI 11167:2006 - "Opere di difesa dalla caduta massi - Rilevati paramassi - Metodo di prova all'impatto e realizzazione".
- UNI 11211-4:2012 - "Opere di difesa della caduta massi" (parte 4 – progetto Definitivo ed Esecutivo).



- D.M. 17 gennaio 2018, Aggiornamento alle Nuove norme tecniche per le costruzioni, NTC 2018.
- UNI EN 1537 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio
- EN1997-1 - Progettazione Geotecnica
- Raccomandazioni AICAP "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" giugno 2012

2.3 BIBLIOGRAFIA

- [1] Biasi, L. (a cura di) (2013) - Sentieri attrezzati e vie ferrate - gli interventi conservativi gestiti dalla SAT – Società degli Alpinisti Trentini, Trento.
- [2] Bruschi, A. (2004) – Meccanica delle rocce nella pratica geologica e ingegneristica – Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- [3] Bustamante & Doix (1985) - Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés, Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n. 140, nov.-déc., ref. 3047.
- [4] Hanna T. H., 1982, Foundations in Tension Ground Anchors, Trans Tech Publications, Switzerland

2.4 ATTIVITÀ TECNICHE CONNESSE ALLA PROGETTAZIONE

Nell'ambito del presente progetto definitivo l'Amministrazione ha previsto le seguenti attività di supporto:

- Relazione geologica – dott. Geol. Michele Camin.
- Relazione DNSH, Ing. Martina Ferrai

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito individuato per lo sviluppo del sentiero attrezzato è ubicato lungo il versante occidentale del monte Hoamonder, a valle del sentiero 324 e a monte della strada che conduce alla Miniera dell'Erdemolo-Grua va Hardimbl (**figura 1**).



figura 1 – inquadramento dell'area di intervento (estratto cartografia 4Land)

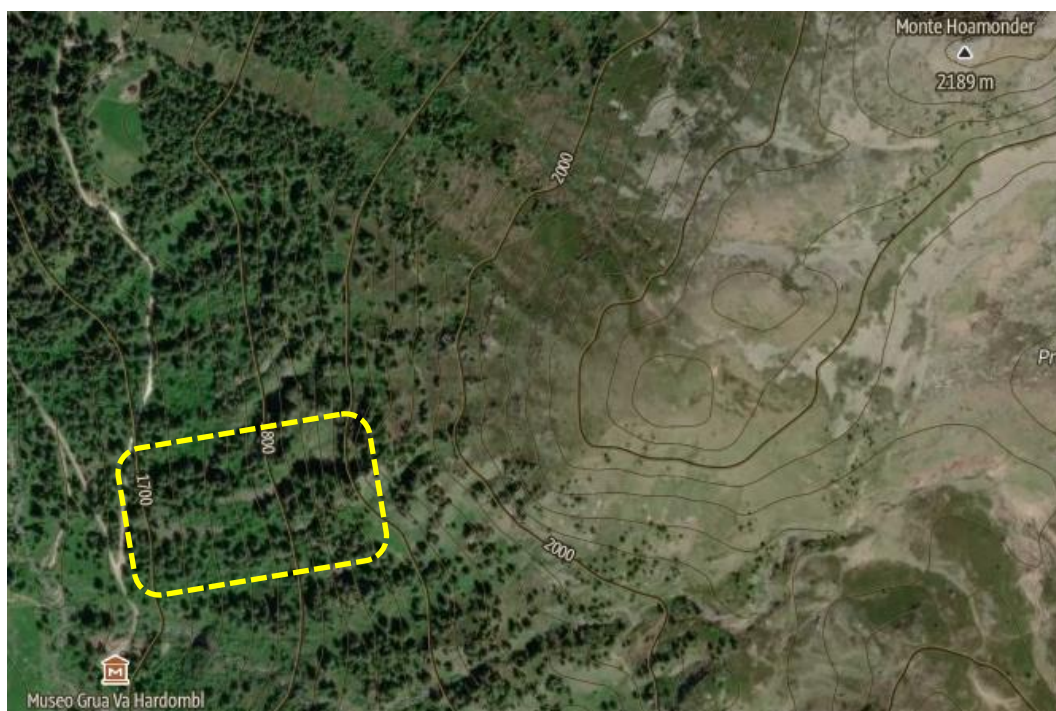


figura 2 – versante interessato dall'intervento

Come evidenziato nella Relazione Geologica di progetto, l'area in oggetto ricade nella classe di penalt  P4 (elevata, art. 15) e P3 (media, art. 16), in virt  del potenziale interessamento di crolli rocciosi.

5.2 P.U.P.

L'intervento rientra tra gli **Interventi esclusi dall'applicazione del capo IV delle norme di attuazione del PUP** come definito al punto:

j2) realizzazione di sentieri alpini e sentieri alpini attrezzati, vie ferrate e vie alpinistiche, percorsi escursionistici di cui all'articolo 11, comma 1, lett. h) del Regolamento urbanistico-edilizio provinciale, compresi i tracciati alpini di cui all'articolo 8 della L.P. n. 8/1993 e gli itinerari idonei alla fruizione ciclo-escursionistica di cui all'art. 22 bis della L.P. 8/1993 (rete provinciale dei percorsi in mountain bike).

5.2.1 Carta del paesaggio

La zona in oggetto ricade in parte nelle aree di interesse forestale (sistemi complessi di paesaggio) e in quelle a pascolo (ambiti elementari di paesaggio).

5.2.2 Carta delle tutele paesistiche

La zona in oggetto   inquadrata come area di tutela ambientale.

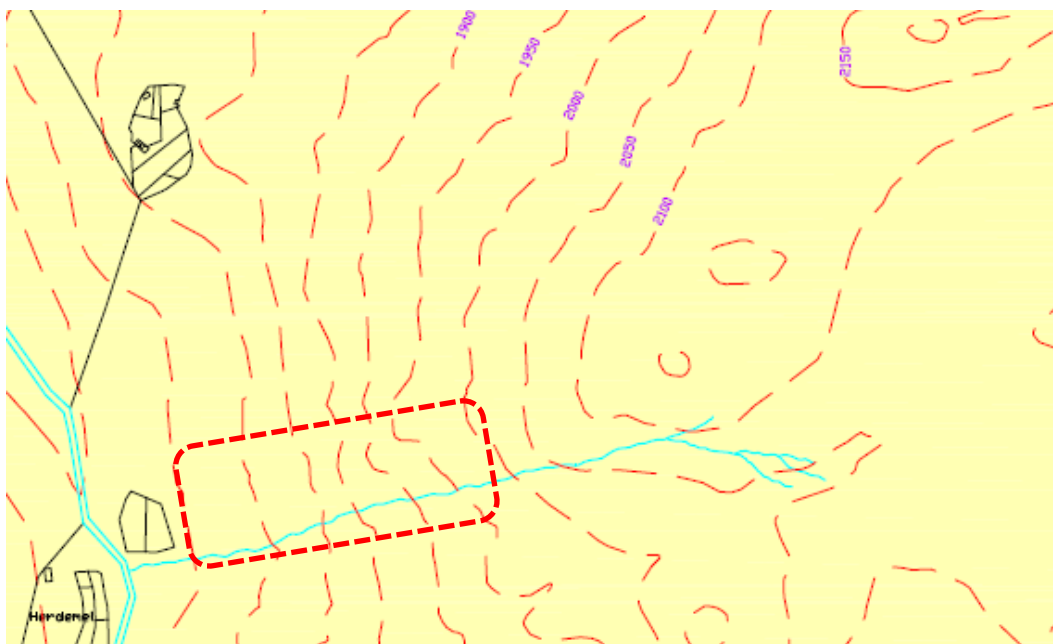


figura 4 – estratto carta tutele paesistiche

5.3 SIC, ZPS

L'area di intervento non risulta inserita in siti di interesse comunitario (SIC), aree protette o zone di protezione speciale (ZPS).

6 FINALITÀ DEL PROGETTO

L'amministrazione Comunale di Palù del Fersina ha intenzione di tracciare un nuovo sentiero attrezzato-ferrata con relativo sentiero di avvicinamento. Il nuovo sentiero partirà dalla pista forestale di accesso alla miniera, sviluppandosi poi lungo il versante boscato a monte; utilizzando in partenza una traccia esistente; il sentiero guadagnerà quota fino alla base di un tratto a maggior pendenza, caratterizzato da affioramenti rocciosi diffusi.

In questo primo tratto il tracciato insiste parzialmente su detrito di falda con inclinazioni di 30°-35° dove il sentiero, anche con delle zete, potrà essere ricondotto ad una pendenza di circa il 30%.

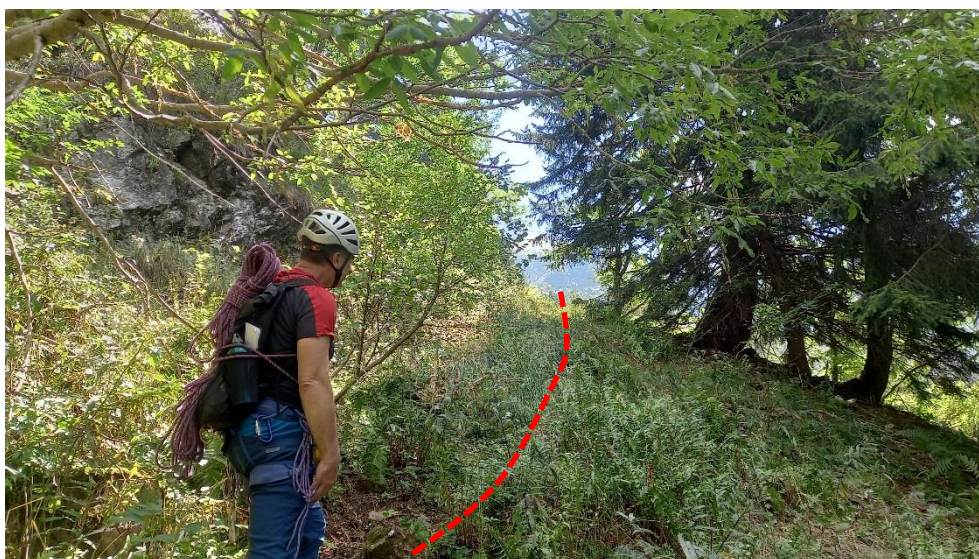
Salendo il tracciato si svilupperà su versante con affioramenti rocciosi alternati a tratti con modesta copertura vegetale, ed assumerà localmente caratteristiche di ferrata. In corrispondenza dei tratti in roccia verranno posate staffe metalliche per la progressione, sempre affiancate da una fune ancorata alla roccia.

Nei tratti su pendio ad elevata pendenza il tracciato verrà comunque affiancato da una fune/corrimano ancorata in roccia o nel detrito tramite barre ad aderenza migliorata cementate in un modesto plinto di fondazione che verrà successivamente reinterrato. Il tratto finale sarà costituito da un sentiero in versante boscato che servirà per il raccordo con l'esistente sentiero SAT 324.

7 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il sentiero può essere suddiviso essenzialmente in tre segmenti, così come individuati in accordo al Geologo (**si veda la Relazione geologica, per la descrizione particolareggiata**), i quali necessitano di interventi differenti:

- il primo tratto **A1** in sentiero, su versante boscato, utilizzerà in parte una traccia esistente di vecchio sentiero (localmente detto "*dei cacciatori*"); laddove non presente dovrà essere tracciato tramite modeste operazioni di sterro e riporto al fine di realizzare il piano di calpestio, anche con la posa di travi in larice.



tratto A1

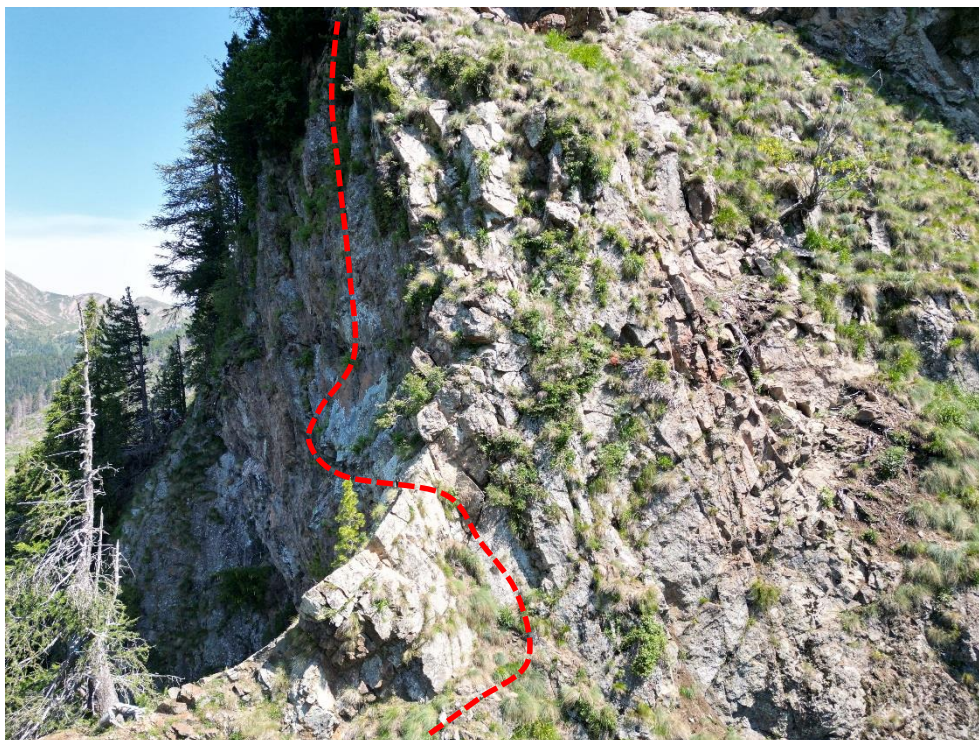
- il secondo tratto di sentiero, **A2**, risalirà il ghiaione sino a collegarsi con l'inizio del sentiero attrezzato; la traccia qui richiede contenute movimentazioni di materiale.



tratto A2

- i successivi tratti, caratterizzato da segmenti attrezzati e segmenti di via ferrata (cfr. Relazione Geologica **tratti B1 e C1, B2 e C2**), si svilupperà su versante con affioramenti rocciosi alternati a tratti di versante con copertura erbosa ed arbustiva e terreno vegetale; dovrà essere tracciato tramite modeste operazioni di sterro e riporto e nelle porzioni in roccia sarà dotato di strutture per la progressione, come staffe metalliche; il tracciato sarà sempre affiancato da una fune ancorata alla roccia o nel detrito tramite barre ad aderenza migliorata annegate in un modesto plinto di fondazione, che verrà successivamente rinterrato;

- Il tracciato finale **B3** di ferrata si sviluppa lungo lo sperone roccioso terminale seguendo le zone dove l'ammasso roccioso è più compatto. Guardando la parete, come riportato nelle foto seguenti, una volta rimontata la sella il percorso si sposta a sinistra dello spigolo. La fascia dello spigolo si presenta fratturata e pertanto sarà necessario un accurato disgaggio; in sede di esecuzione dei lavori, in base alle disponibilità economiche integrative, si valuterà la possibilità di porre in opera alcune barre di ancoraggio che consentiranno di contenere potenziali blocchi instabili. Anche la fascia del ciglio della parete dovrà essere accuratamente disgaggiata e localmente chiodata. Data la verticalità e l'esposizione lungo l'intero tratto dovranno essere utilizzate delle staffe per favorire la progressione.



tratto B3

- l'ultimo tratto **A2** sarà costituito da un sentiero su versante boscato, necessario al raccordo con il tracciato SAT 324. Tale tratto verrà realizzato esclusivamente con modeste operazioni di sterro e riporto al fine di realizzare il piano di calpestio, se necessario anche con la posa di travi in larice.

8 LAVORI PREVENTIVI

In seguito alle varie ispezioni effettuate lungo il versante, sono stati individuati i seguenti lavori da effettuarsi

8.1 Disgaggio, taglio arbusti e disbosco

L'apertura preventiva del tracciato necessiterà di importanti lavori di decespugliatura, data la diffusa presenza di densa vegetazione arbustiva.

L'intervento nel suo complesso prevede una fase preventiva di accurata ispezione del versante, in particolare dei vari affioramenti rocciosi presenti, i quali richiedono una diffusa operazione di disgaggio; inoltre, andranno rimosse le varie piante ad alto fusto schiantate e attualmente pericolanti.

Come ben specificato in relazione geologica, *"nel complesso l'ammasso roccioso risulta mediamente fratturato ma localmente, soprattutto dove sono più marcate le rotture morfologiche, può risultare molto fratturato. In diverse occasioni l'aumento del grado di fratturazione dell'ammasso è da imputare all'azione pervasiva delle radici delle piante. Nelle fasce fratturate i volumi unitari risultano mediamente ben incastrati tra loro mentre nelle fasce molto fratturate il grado di interconnessione non è così netto e si manifesta la possibilità di volumi mobilizzabili spesso secondo un cinematismo di*

scivolamento a cuneo, localmente planare. Questo è particolarmente evidente nella cresta terminale dove si sono rilevati volumi mobilizzabili che dovranno essere oggetto di accurato disaggio con il duplice fine di:

- *disaggiare le porzioni rocciose potenzialmente critiche;*
- *mettere in luce il substrato poco fratturato adeguato a fissare gli ancoraggi del percorso attrezzato.*

Entrambi gli aspetti risultano fondamentali per validare la bontà del percorso individuato".

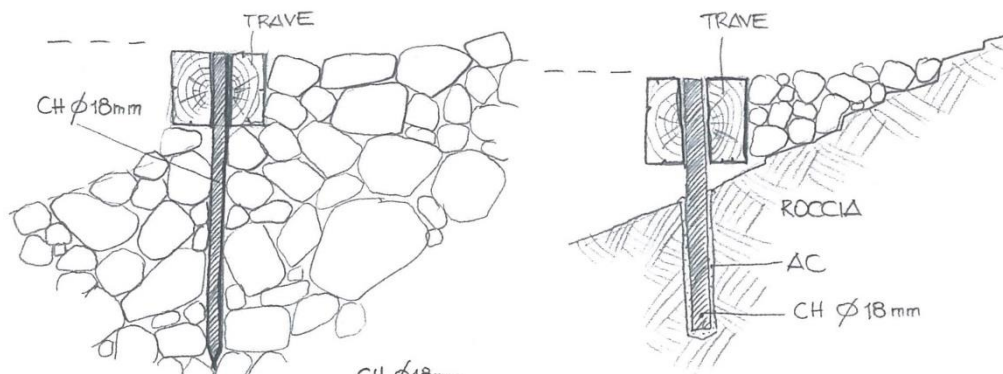
8.2 Opere di difesa

In funzione delle risultanze delle operazioni di disaggio sarà possibile valutare in maniera compiuta la necessità o meno di porre in opera eventuali presidi di difesa attiva, quali barre di ancoraggio e legature in fune di acciaio per volumi rocciosi isolati.

9 TIPOLOGIA LAVORAZIONI

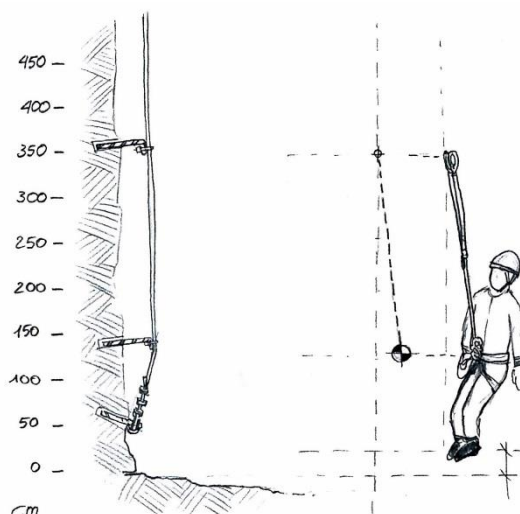
9.1 Lavorazione tipo "A" - sentiero

Il nuovo sentiero, della larghezza di circa 1 m, verrà realizzato tramite operazioni manuali di sterro e riporto. In alcune posizioni per la realizzazione del piano di calpestio verranno posati travi di larice fissati al terreno tramite barre ad aderenza migliorata Ø18 mm (CH-100). La lunghezza dell'ancoraggio dipende dalla tipologia di substrato, nel caso di presenza di roccia la barra dovrà essere ammorsata per 20-30 cm e bloccata con ancorante chimico. Nel caso di detrito l'ammorsamento dovrà raggiungere almeno 100 cm, la barra dovrà presentare una punta e verrà infissa nel terreno tramite battitura. Lungo il tracciato potranno essere posti gradini in massi o larice al fine di rendere maggiormente agevole la percorrenza.



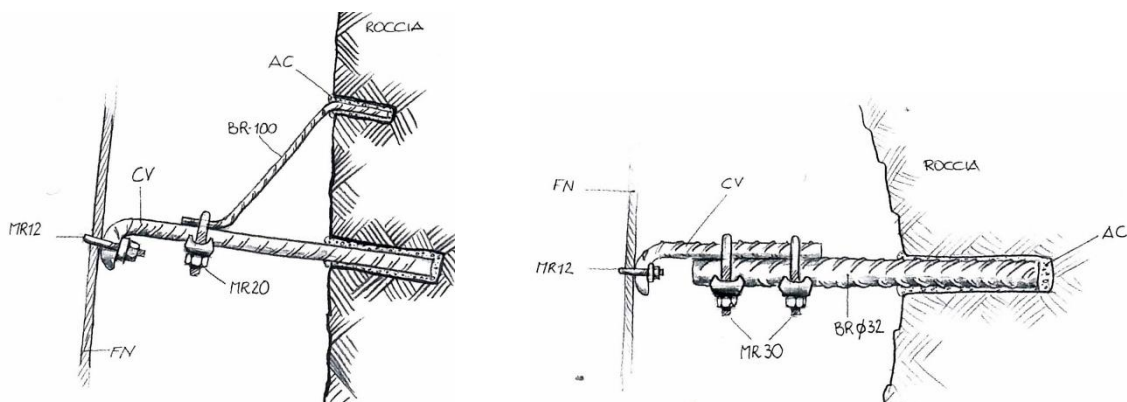
9.2 Lavorazione tipo "B" – andamento verticale

I tratti ad andamento verticale saranno attrezzati di norma con tratte di fune diametro 12 mm in acciaio zincato ancorate alla roccia quasi esclusivamente per mezzo di chiodi distanziatori di tipo verticale in acciaio zincato (CV, diametro 18 mm), in alcuni casi saranno apposti fittoni di cresta in acciaio zincato (FC, diametro 30 mm) e morsetti per funi da 12 mm. Gli ancoraggi lungo il tratto verticale vanno posti in opera ad interasse massimo di 3 m, normalmente 2 m.



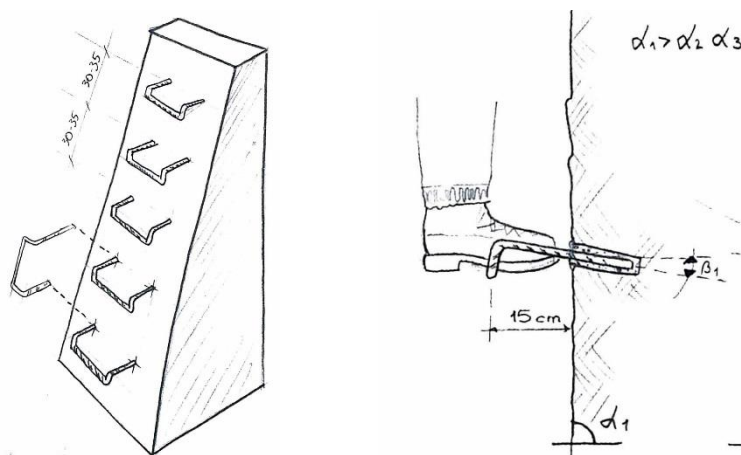
Il chiodo di testa in acciaio zincato (CR, diametro 18 mm) andrà collocato entro i primi 50 cm di dislivello al di sopra della base, quindi fra 1 e 1.5 m dal piano si disporrà il primo chiodo distanziatore di tipo verticale (CV) e successivamente il secondo chiodo (CV) va collocato ad un'altezza di sicurezza in modo da evitare che l'utente vada ad impattare sul piano di base. La posizione di ancoraggio dei chiodi (CV), sempre montati con l'estremità curva rivolta verso il basso, dovrà essere valutata in base allo sviluppo della fune.

Nel caso il chiodo (CV) fuoriesca dalla roccia per una lunghezza maggiore di 15 cm, per consentirgli di sopportare forti sollecitazioni è necessario controventarlo con apposite barre in acciaio zincato (BR, diametro 10 mm).



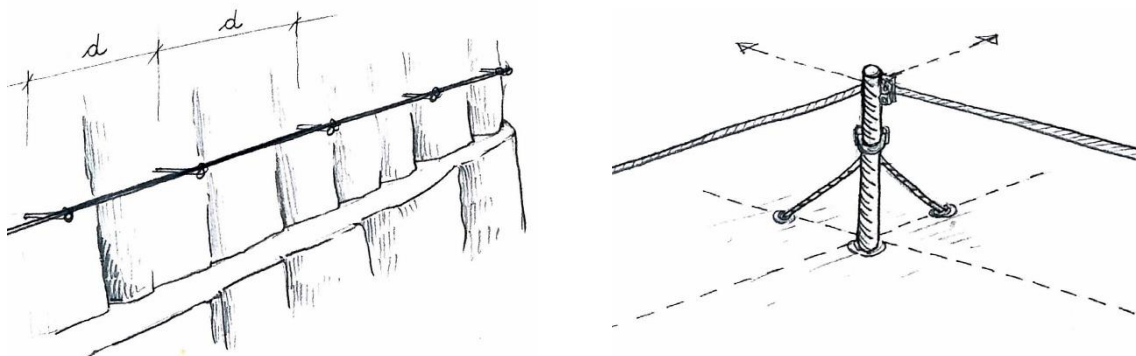
Per la progressione il caso più comune è quello in cui la natura della parete rocciosa offre un adeguato numero di punti per mani e piedi. Qualora vi sia scarsità di appigli/appoggi rocciosi verranno posate apposite staffe in acciaio zincato (ST, diametro 18 mm) realizzate con barre ad aderenza migliorata e con le estremità infisse nella roccia per una profondità di almeno 20 cm ed opportunamente ancorate con chimico. L'alzata fra due staffe successive deve essere di circa 30-35 cm, nel caso in cui le staffe vengano poste affiancate la distanza ottimale sarà invece di 20-25 cm. Il piano di appoggio del piede dovrà essere di almeno 35 cm e l'abbassamento del tratto di pedata rispetto alle

braccia di infissione dovrà essere pari a 8 cm. Le staffe possono anche essere utilizzate come maniglioni.

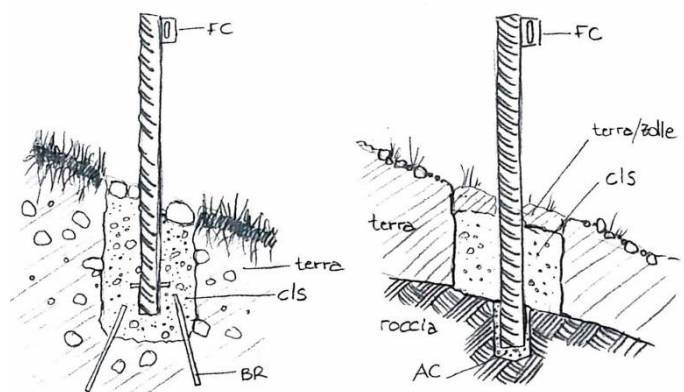


9.3 Lavorazione tipo "C" – andamento orizzontale/sub-orizzontale

I tratti ad andamento orizzontale o sub-orizzontale saranno attrezzati di norma con tratte di fune ancorate alla roccia quasi esclusivamente per mezzo di chiodi distanziatori di tipo orizzontale (CO), con fittoni di cresta (FC). Gli ancoraggi lungo il tratto verticale vanno posti in opera ad interasse massimo di $d=3-3.5$ m. Le due estremità della fune andranno sempre bloccate con due appositi chiodi di testa (CR). La posizione di ancoraggio dei chiodi (CO, diametro 18 mm), dovrà essere valutata in base allo sviluppo della fune e comunque sempre con una debole inclinazione positiva rispetto al piano verticale con lo scopo di incrementare la resistenza all'estrazione. Nel caso il chiodo (CO) fuoriesca dalla roccia per una lunghezza maggiore di 15 cm, per consentirgli di sopportare forti sollecitazioni è necessario controventarlo con apposite barre (BR).



Qualora per la realizzazione del percorso orizzontale si dovesse porre in opera un chiodo di testa od un fittone di cresta in presenza di rocce fratturate o detrito, si dovrà annegare la barra in un plinto in cls realizzato all'interno di un foro con profondità tra i 50-60 cm. Per aumentare l'ammorsamento del getto si potrà anche armare lo scavo con spezzoni di barre dal diametro di 10 mm. Il plinto dovrà poi essere ricoperto con terra.



10 DIFFICOLTÀ DEL TRACCIATO

Il tracciato può essere ascrivibile alla categoria di sentiero per escursionisti esperti con attrezzatura alpinistica (EEA): *"Itinerari che richiedono l'uso di attrezzatura alpinistica (cordini, moschettoni, imbracatura, dissipatore, casco, etc.). Possono essere sentieri attrezzati o vere e proprie vie ferrate. E' necessario saper utilizzare in sicurezza l'equipaggiamento tecnico e avere una certa abitudine all'esposizione e ai terreni alpinistici"*.

La scala di difficoltà delle vie ferrate italiana è stabilita dal CAI secondo 5 livelli: F=Facile, PD=Poco Difficile, D=Difficile, TD=Molto Difficile ed ED=Estremamente Difficile.

Nello specifico caso si avranno tratti di grado PD e D:

PD - Poco Difficile: tracciato più articolato con canali e camini, con passaggi verticali e a tratti esposto; normalmente attrezzato con cavo o catena, con pioli e/o scale metalliche fisse.

D - difficile: tracciato continuamente verticale, molto articolato e con tratti esposti; attrezzato con funi metalliche e/o catene, vari infissi metallici che richiedono un certo impegno fisico anche se con l'aiuto di pioli di appoggio.

Italia	Definizione Italiana	Francia	Germania	Austria
F	Percorso attrezzato con esposizione contenuta e lunghi tratti di cammino. Ottime protezioni fisse che consistono principalmente in funi metalliche (o catene) utilizzate solo per aumentare la sicurezza.	F	K1	A
PD	Via Ferrata breve con bassa esposizione. L'itinerario include generalmente colatoi, camini, brevi tratti verticali dove catene, funi, staffe e scale aiutano la progressione.	PD AD	K2	B
D	Via Ferrata di media lunga durata che richiede buona condizione fisica e competenze tecniche. Spesso l'itinerario è verticale e si possono incontrare tratti in strapiombo. Attrezzatura presente: funi, catene, staffe e scale.	D	K3 K4	C
MD	L'itinerario presenta esposizione e sequenze tecniche in serie. Serve ottima forma fisica e competenza tecnica. L'itinerario è verticale e gli strapiombi sono attrezzati con pochi infissi artificiali.	MD	K5	D
ED	L'itinerario presenta molti tratti esposti, sequenze dove serve tecnica di progressione. Per aumentarne la difficoltà sono ridotti al minimo gli infissi artificiali. Sono richieste ottime competenze tecniche e allenamento.	ED	K6	E



11 RISCHIO ESTERNO

Per rischio esterno si intende quello connesso a fattori non riguardanti il sentiero nello specifico ma il contesto in cui questo si trova (maltempo, caduta sassi, folgorazione, frana, valanga, ecc...). allo stato attuale non esiste una classificazione di tale rischio, ed il sito in oggetto potrebbe ricadere tra quelli a rischio medio, in particolare per caduta sassi; tale rischio può accentuarsi nei periodi di gelo e disgelo, quando la parete è interessata da rialzo termico repentino perché colpita dal sole, ed in occasione di pioggia o vento intensi.

L'impostazione del percorso è tale da evitare i pericoli per frana e alluvionale torrentizio. Rimane la pericolosità per crolli in quanto per loro stessa impostazione i percorsi attrezzati si sviluppano lungo pareti rocciose variamente inclinate e nella parte basse interessa marginalmente una pericolosità.

12 ACCESSO AL CANTIERE

Il sito di intervento è raggiungibile con i mezzi percorrendo la strada che da Palù del Fersina, loc. Frotten (punto A), porta alla miniera di Erdemolo (punto B) e prosegue fino ad un gruppo di masi isolati (figura 5, punto C).

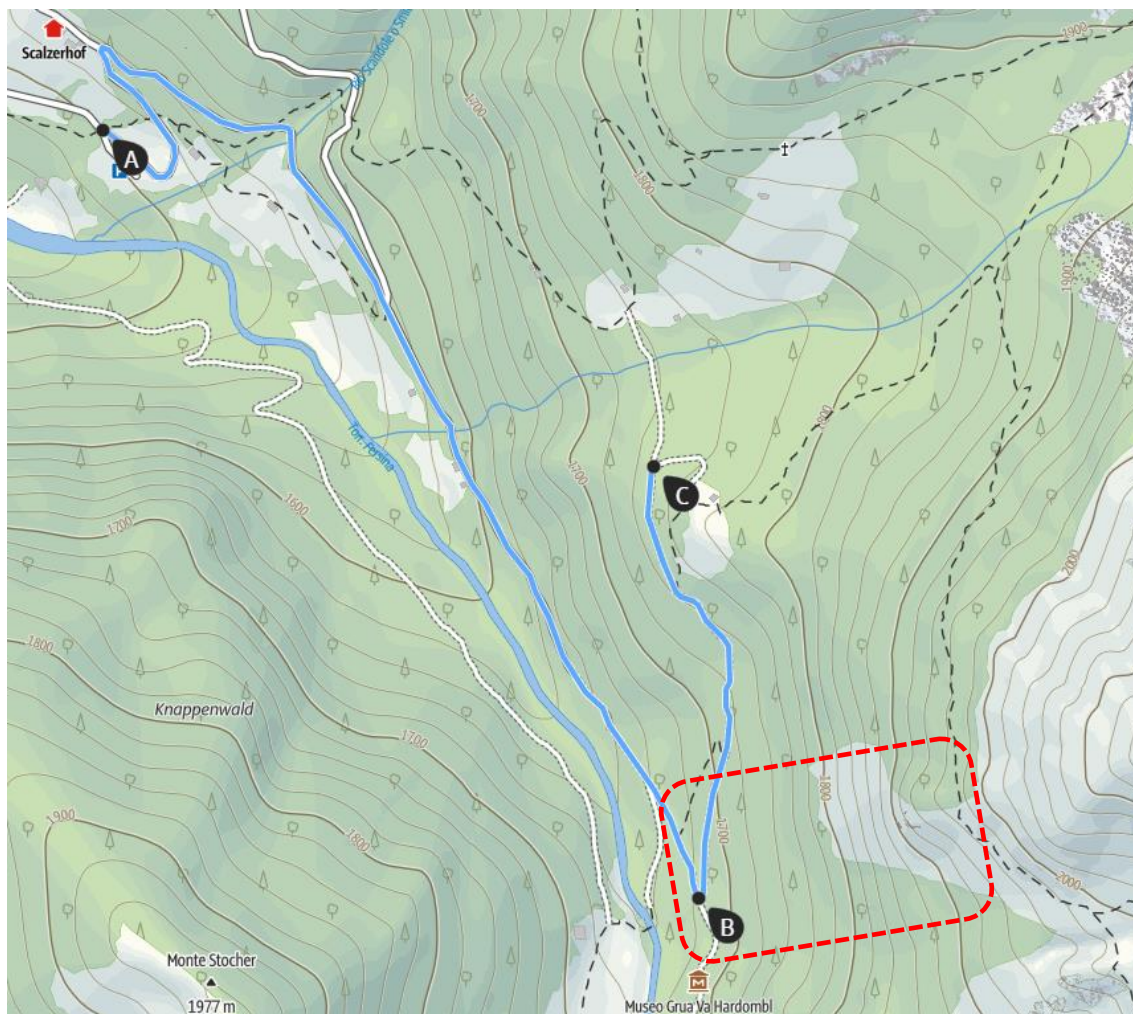


figura 5 – accesso con i mezzi

Da qui è possibile salire a piedi lungo il sentiero 324 fino al punto di calata sulla verticale del tratto finale di ferrata (figura 6, punto F).

Mano a mano che i lavori proseguiranno sarà possibile raggiungere le varie zone di intervento utilizzando le corde fisse necessarie per l'esecuzione dei lavori in fune ed i tratti di sentiero via via realizzati.

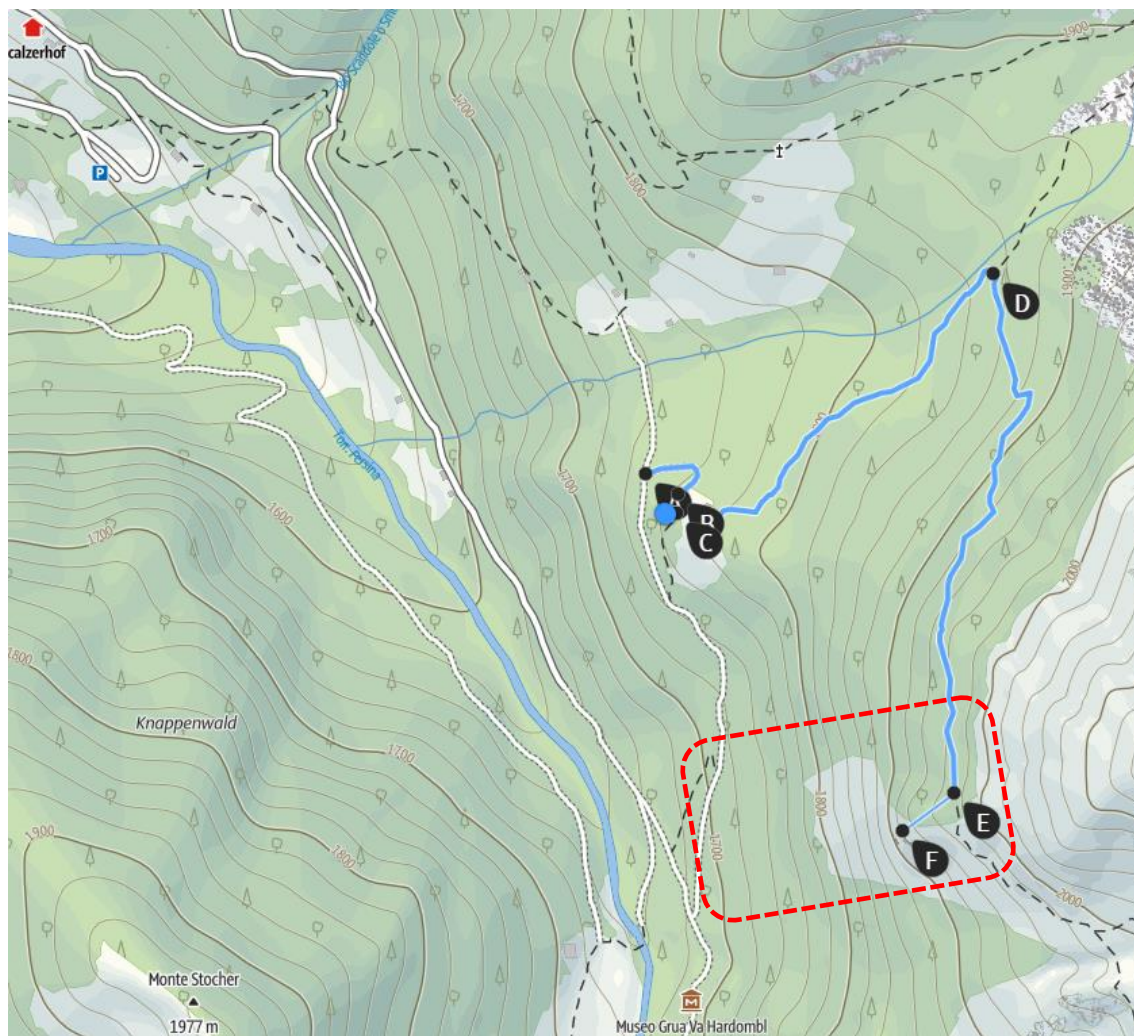


figura 6 – accesso a piedi

13 IMPORTI DI PROGETTO

Come risulta dal computo metrico estimativo di cui all'allegato ER.130.02, l'importo dell'opera è così suddiviso:

LAVORI	IMPORTO
LAVORI CAT. OS12 B	37.001,79 €
ONERI SICUREZZA (non sogg. a ribasso)	1.232,79 €
TOTALE	38.234,58 €

14 TEMPISTICA PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI

La stima della durata dei lavori, espressa come numero di giorni consecutivi necessari per la realizzazione delle opere, è stata fatta sulla base del cronoprogramma allegato al PSC, considerando l'importo delle categorie di lavorazioni ed applicandovi la relativa percentuale di incidenza della mano d'opera.

In base alle considerazioni fatte si stima una durata dei lavori pari a **50** giorni naturali e consecutivi.



15 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati devono soddisfare alle caratteristiche fisico-meccaniche impartite dalle normative vigenti; si riportano in questa sede, per semplicità, le sole caratteristiche di resistenza dei materiali.

15.1 Barre di ancoraggio e staffe

Acciaio per barre tipo B450C:

- | | |
|--|--|
| • tensione caratteristica a rottura dell'acciaio | $f_{tks} = 5400 \text{ daN/cm}^2$ |
| • tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio | $f_{yks} = 4500 \text{ daN/cm}^2$ |
| • coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 1,15$ |
| • resistenza di calcolo dell'acciaio = $f_{yk}/\gamma_s =$ | $f_{yds} = 3913 \text{ daN/cm}^2$ |
| • resistenza di calcolo di taglio acciaio = $f_{yks}/\sqrt{3}\gamma_s =$ | $f_{vds} = 2259,2 \text{ daN/cm}^2$ |
| • modulo elastico dell'acciaio | $E = 2,06 \text{ E}+06 \text{ daN/cm}^2$ |

15.2 Resina

Nell'esecuzione di sentieri attrezzati e vie ferrate è necessario utilizzare esclusivamente ancoranti chimici per carichi pesanti ed applicazioni strutturali. Le resine utilizzabili sono adesivi strutturali bicomponenti e possono essere epossidiche pure (ad es. tipo Hilti RE 500, Fisher FIS EM, Sika AnchorFix-3001, ecc...) o in vinilestere (o epossiacriliche).

15.3 Funi

Funi AMZ (in acciaio zincato), diametro 12 mm, 133 fili (7x19), resistenza 1770 N/mm²

16 NOTA GEOTECNICA SUGLI ANCORAGGI

Gli ancoraggi dovranno essere realizzati in roccia compatta, che nel caso in esame è rappresentata da lave andesitiche porfiriche della formazione di Cembra. Il tracciato dovrà essere valutato sul posto al fine di constatare puntualmente la qualità dell'ammasso roccioso in cui fissare gli ancoraggi della fune. Si dovrà tener conto di eventuali cavità o discontinuità dell'ammasso e relativo grado di alterazione e sviluppo spaziale, anche in virtù della presenza di potenziali venute d'acqua.

Preventivamente alla realizzazione del foro per l'ancoraggio si dovrà sondare empiricamente con la mazzetta lo stato di consistenza dell'ammasso, interpretando con i propri sensi le vibrazioni ed il suono risultante, indice della compattezza o meno del substrato roccioso.

16.1 Calcolo di resistenza dell'ancoraggio

Nel caso di percorso di via ferrata l'ancoraggio maggiormente sollecitato è rappresentato dal chiodo distanziatore di tipo verticale (CV), realizzato con una barra ad aderenza migliorata e zincata del diametro di 18 mm ed un ammorsamento nella roccia di minimo 18 cm.

La massima sollecitazione è rappresentata dalla caduta di un utilizzatore. Per analogia la caduta viene assimilata a quelle utilizzate come riferimento per la verifica degli

ancoraggi puntuali nelle linee vita delle coperture. La verifica all'evento di caduta è condotta applicando una forza statica equivalente, indicata dalla norma EN 795:2012, che per il dispositivo in esame è pari a 12 kN (caduta di un solo utilizzatore).

Si determina la resistenza caratteristica dell'ancoraggio mediante la formula (Bustamante-Doix, 1985)

$$R_{tk} = (\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L \cdot \tau) / \xi_3$$

E di seguito la resistenza di progetto

$$R_d = R_{tk} / \gamma_R$$

dove:

α = coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione e che vale, per il caso in esame 1,00

D = diametro di perforazione (pari a 24 mm)

L = lunghezza utile di aderenza dell'ancoraggio, pari a minimo 180 mm

τ = tensione limite di aderenza tra foro e resina di sigillatura, che nel caso in esame può essere pari a 1,00 N/mm².

ξ_3 = coeff. tab. 6.4.IV NTC 2018

γ_R = coeff. tab. 6.4.II NTC 2018 = 1,25 (pali in trazione)

Sostituendo i valori si ha:

$$R_{tk} = (\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L \cdot \tau) / \xi_3 = 7,98 \text{ kN}$$

$$R_d = R_{tk} / \gamma_R = 7,98 / 1,25 = 6,39 \text{ kN}$$

L'ancoraggio va ora verificato rispetto alla forza statica equivalente, considerata come azione variabile, pari a (12·1,5) = 18 kN; geometricamente si verifica che l'inclinazione sulla verticale della forza statica equivalente che genera una componente orizzontale di trazione pari a R_d corrisponde ad un angolo $\alpha = \arcsin(6,39/18) \approx 20^\circ$

Tale condizione garantisce un adeguato margine di sicurezza, nel caso usuale di cadute sub verticali con ridotta componente orizzontale.

16.2 Verifica a taglio

Si fa sempre riferimento agli ancoraggi in oggetto, realizzati con barre in acciaio tipo B450 C:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| • tensione caratteristica a rottura dell'acciaio | $f_{tks} = 5400 \text{ daN/cm}^2$ |
| • tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio | $f_{yks} = 4500 \text{ daN/cm}^2$ |
| • coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 1,15$ |
| • resistenza di calcolo dell'acciaio = f_{yk}/γ_s = | $f_{yds} = 3913 \text{ daN/cm}^2$ |
| • resistenza di calcolo di taglio acciaio = $f_{yks}/\sqrt{3}\gamma_s$ = | $f_{vds} = 2259,2 \text{ daN/cm}^2$ |
| • modulo elastico dell'acciaio | $E = 2,06 \text{ E+06 daN/cm}^2$ |



Si ipotizza la barra di ancoraggio sia soggetta a tutta l'azione di taglio, corrispondente alla forza statica equivalente di cui sopra, e pari a $V = 12 \cdot 1,5 = 18 \text{ kN} = 1800 \text{ daN}$.

Posto $A_{\text{res}} = \pi \varnothing^2/4 = 2,54 \text{ cm}^2$, la massima tensione tagliante per ogni barra vale:

$$\tau_{\text{max}} = 4 V / 3 A_{\text{res}} = 943,14 \text{ daN} / \text{cm}^2 < f_{\text{vds}} = 2259,2 \text{ daN/cm}^2$$

La tensione ideale vale:

$$\sigma_{\text{id}} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \tau_{\text{max}}^2)} = 1633,57 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{yds}} = 3913,0 \text{ daN/cm}^2$$