

**DIREZIONE OPERE PUBBLICHE**

<b>PROVINCIA TORINO</b>		<b>COMUNE DI CHIOMONTE</b>	
LIVELLO PROGETTUALE		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	
CUP <b>F77B14000430001</b>	TITOLO INTERVENTO <b>REALIZZAZIONE DI PARAVALANGHE IN LOCALITA' VERGER</b>		
CODICE OPERA <b>020PS13C</b>			
Tavola n. <b>09</b>	TITOLO TAVOLA <b>RELAZIONE DI CALCOLO ANCORAGGI PARAVALANGHE</b>		
DATA <b>3 MAGGIO 2018</b>	SCALA <b>-</b>	AREA PROGETTUALE <b>GENERALE</b>	
FORMATO ELABORATO <b>A4</b>	CODICE GENERALE ELABORATO <b>020PS13C 0 0 E GE 00 CD 009 0</b>		
NOME FILE <b>TAV_09_020PS13C_0_0_E_GE_00_CD_009_0.doc</b>			
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	
0	3 MAGGIO 2018	Prima redazione	
RTP PROGETTAZIONE Ing. Marco FIOU P. IVA 09740180014   <b>STUDIO TECNICO</b> Loc. Pont-Suaz, 87 CHARVENSOD (AO) tel. 0165/32159		TIMBRI - FIRME  	
ORGANISMO DI CONTROLLO  Responsabile di Commessa:		S.C.R. PIEMONTE S.p.A.  Responsabile del Procedimento: Dott. Davide CERASO	



# CALCOLO DEGLI ANCORAGGI PER BARRIERA PARAVALANGHE MONOANCORAGGIO

Calcolo della profondità degli ancoraggi in doppia fune spiroidale  
degli elementi paravalanghe



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO</b>	<b>5</b>
2.2	AZIONI	6
2.3	RESISTENZE	7
2.3.1	ACCIAIO	8
<b>3</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>9</b>
3.1	VERIFICA SEZIONE DI ACCIAIO	9
3.2	VERIFICA DELL'INTERFACCIA ACCIAIO-MALTA	9
3.3	VERIFICA DELL'INTERFACCIA MALTA-TERRENO	10
<b>4</b>	<b>CARICHI AGENTI SUGLI ANCORAGGI</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>PARAMETRI GEOMECCANICI</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>DIMENSIONAMENTO ANCORAGGI ELEMENTI PARAVALANGHE</b>	<b>15</b>
7.1	ANCORAGGI INTERMEDI	15
7.1.1	VERIFICA DELLA SEZIONE DI ACCIAIO	15
7.1.2	VERIFICA SFILAMENTO ACCIAIO-MALTA DI INIEZIONE	15
7.1.3	VERIFICA SFILAMENTO TERRENO-MALTA DI INIEZIONE	16
7.2	ANCORAGGI LATERALI	17
7.2.1	VERIFICA DELLA SEZIONE DI ACCIAIO	18
7.2.2	VERIFICA SFILAMENTO ACCIAIO-MALTA DI INIEZIONE	18
7.2.3	VERIFICA SFILAMENTO TERRENO-MALTA DI INIEZIONE	18
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>TABELLA DI CALCOLO RIASSUNTIVA</b>	<b>20</b>



## 1 PREMESSA

La presente relazione affronta il calcolo delle lunghezze delle fondazioni tipo di una barriera paravalanghe del tipo ad ombrello.

Il calcolo delle fondazioni degli elementi paravalanghe è stato sviluppato in accordo con le nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC, DM 14.01.2008), utilizzate in parallelo agli Eurocodici (EC).

### IMPORTANTE:

Il dimensionamento viene svolto secondo configurazioni e carichi dedotti dalle geometrie degli elementi indicati da alcuni produttori di reti paravalanghe presenti sul mercato, tuttavia esso è inscindibilmente legato alla marca ed al modello di rete che verrà installato. E' pertanto indispensabile, durante le fasi di cantiere, verificare che la soluzione specifica che verrà fornita sia compatibile con quanto previsto nel presente documento poiché non è possibile dimensionare una "soluzione generale". In caso sia necessario è indispensabile (ancorché doveroso) procedere ad adeguare il progetto delle fondazioni, calibrandolo sulle specifiche necessità richieste dal materiale fornito, riverificando il tutto in modo adeguato.

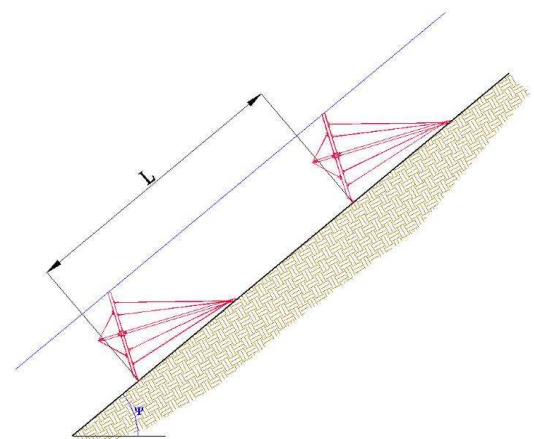
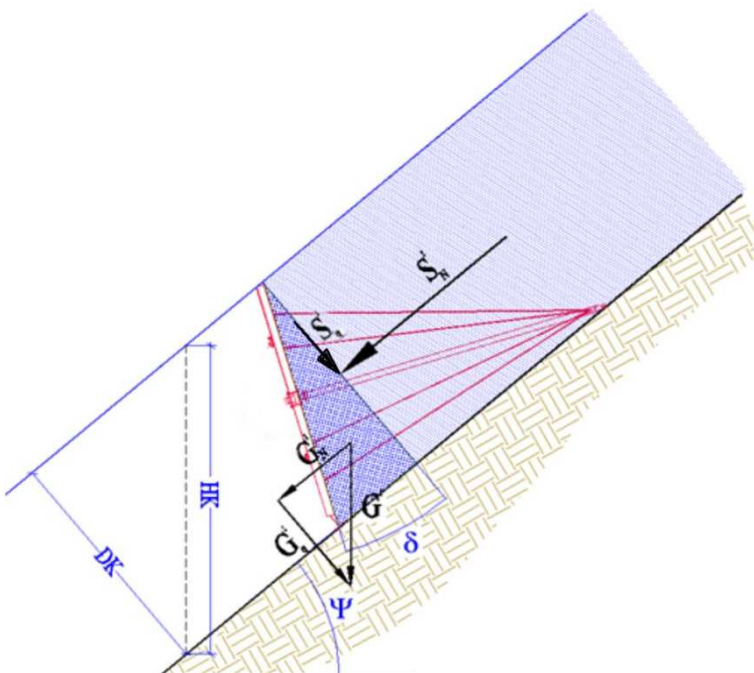
Si specifica che:

**A)** il presente elaborato non esamina le scelte inerenti a:

- posizionamento piano-altimetrico dell'elemento paravalanghe di protezione;
- caratteristiche tecniche della barriera (altezza, larghezza, ecc....).

In particolare lo studio per la collocazione del singolo elemento in funzione dell'orografia del versante, dell'analisi del fenomeno valanghivo, delle caratteristiche dei terreni del versante, della valutazione dell'altezza del manto nevoso, dell'entità dei possibili distacchi, ecc...deve essere ricercato nella restante documentazione di progetto.

Il presente documento è unicamente utile per calcolare le fondazioni tipo di reti paravalanghe ad ombrello. La tipologia e geometria di paravalanghe ed il valore BK della rete sono infatti sostanzialmente gli unici dati di input del progetto delle fondazioni (oltre ovviamente alle caratteristiche del pendio e dei terreni in sito).





**B)** la materia "specialistica" ha comportato l'obbligo di individuare sul mercato una soluzione tecnologica compatibile con le esigenze di progetto, al fine di fissare caratteristiche tecniche (geometrie, resistenze, ecc...) di riferimento per poter effettuare i dimensionamenti delle fondazioni tipo. Tale metodo di lavoro non può essere eliminato in quanto non si avrebbero gli elementi indispensabili per svolgere la presente relazione di dimensionamento, calcolo e verifica poiché mancherebbero gli ordini di grandezza in "input". Il documento prende a riferimento le geometrie di una rete paraavalanghe a tipologia "ombrello" con un determinato  $B_k$ , così come prescritto nel progetto generale dell'opera. Le fondazioni dovranno essere tuttavia calibrate in funzione della specifica marca e modello di rete scelta sul mercato da parte dell'installatore, secondo le specifiche indicazioni che verranno fornite dal produttore della sovrastruttura fornita. Per nessun motivo la soluzione fondante qui proposta sarà pertanto vincolante per l'opera, bensì essa andrà validata in cantiere. Si riporta che marche differenti possono comportare esigenze differenti per le fondazioni (tiri e carichi difforni da quelle qui assunte a riferimento, direzioni di tiro, posizioni degli elementi di ancoraggio, ecc...), pertanto si dovrà effettuare un preliminare controllo di adeguatezza della soluzione proposta (come già in precedenza sottolineato).

**C)** grande importanza assumeranno le fasi di cantiere, in particolare con riferimento a:

- l'esecuzione dei tracciamenti dei tiranti. Le loro inclinazioni e posizioni geometriche devono consentire di ridurre al minimo le deviazioni angolari tra le rette d'azione di tiri di progetto (sollecitanti) e quelle dei tiri resistenziali;
- l'esecuzione di un adeguato "campo prove" al fine di accertare che le ipotesi di progetto qui assunte siano effettivamente rispettate in sito, anche alla luce delle esigenze finali. Il dimensionamento è stato effettuato sulla base degli elementi contenuti nella relazione geologica a seguito dei sopralluoghi e della campagna geognostica in sito volta a stimare i parametri di progetto, che possono avere anche forti disomogeneità tra un ancoraggio e l'altro. In funzione delle ipotesi cautelative effettuate dallo scrivente all'atto del dimensionamento delle fondazioni si può tuttavia ragionevolmente ritenere che quanto indicato sarà sufficiente. Tuttavia a mezzo della campagna prove succitata sarà possibile ottenere delle misure oggettive in sito e, se necessario, ricalibrare opportunamente il progetto delle fondazioni;

**D)** I carichi agenti sugli ancoraggi sono stati calcolati nella relazione di calcolo delle linee e secondo i dati di progetto che prevedono la realizzazione di barriere fermaneve, con fattore di scorrimento  $N$  (dipendente dalla rugosità del terreno) e con un'altezza utile della rete di  $DK$ , avendo definito con  $DK$  la distanza media tra il bordo superiore della superficie d'appoggio ed il suolo. Il calcolo delle azioni sulle reti da neve viene effettuato con riferimento alle *"Direttive per le opere di premunizione contro le valanghe nelle zone di distacco"* [WSL - FNP, edizione 2007]. Il ricorso alle raccomandazioni tecniche elvetiche avviene in quanto non esiste, alla data attuale, una specifica normativa italiana o europea. E', peraltro, da precisare che, in particolare, si fa riferimento alle direttive svizzere solo per la determinazione dei carichi e per le prescrizioni costruttive per le strutture, mentre per le verifiche degli ancoraggi degli elementi si utilizzeranno le indicazioni e prescrizioni contenute nelle norme italiane ed europee correnti.



## 2 NORME DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento di un ancoraggio passivo rientra nelle “Norme per le opere interagenti con i terreni e con le rocce, per gli interventi nei terreni e per la sicurezza dei pendii” delle NTC, mentre è normato dall'Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica”.

Gli ancoraggi per i quali si sviluppa il dimensionamento sono realizzati nel seguente modo:

1. Si realizza un foro di lunghezza e diametro adeguati
2. Si inserisce nel foro un elemento metallico
3. Si inietta miscela cementizia per riempire l'intercapedine tra elemento metallico e foro

Per il corretto dimensionamento bisogna quindi considerare i seguenti elementi:

- la verifica della sezione di acciaio
- la verifica dell'adesione acciaio – malta
- la verifica dell'adesione malta – terreno

Per la progettazione strutturale degli ancoraggi si deve verificare la seguente ineguaglianza:

$$E_D \leq R_D \quad [1]$$

dove:

- $E_D$  sono le azioni o gli effetti delle azioni di progetto
- $R_D$  sono le resistenze o gli effetti delle resistenze di progetto



## 2.2 AZIONI

Le azioni che sollecitano l'ancoraggio sono azioni che derivano dallo stato di esercizio della struttura metallica. Sono a tutti gli effetti azioni accidentali, non agendo per tempi paragonabili a quelli del peso proprio della struttura, quindi i fattori di sicurezza parziali e le combinazioni di calcolo considerati si riferiscono alle combinazioni variabili.

Si deve inoltre notare che i valori delle azioni agenti sugli ancoraggi devono essere calcolate secondo le **"Direttive per la costruzione di opere di premunizione contro le valanghe nella zona di distacco"** UFAFP, Direzione federale delle foreste - FNP, Istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe [WSL - FNP, ed. 2007] e sono queste le azioni rappresentative che si prendono in considerazione per la determinazione del tipo e lunghezza degli ancoraggi.

In normativa per la definizione del valore di progetto delle azioni si hanno le seguenti relazioni:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{rep} \quad [2]$$

dove:

- $F_d$  è il valore di progetto dell'azione
- $F_{rep}$  è il valore rappresentativo dell'azione
- $\gamma_f$  è il coefficiente di sicurezza rispetto alle azioni

Le azioni ed i relativi coefficienti parziali  $\gamma_i$  per le verifiche di stati limiti ultimi (SLU), vengono indicate in Tabella 1 (Tabella 6.2.I – Cap. 6 – Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 1. Coefficienti parziali per le azioni.**

Poiché le opere in oggetto hanno massa/inerzia limitata, poiché anche se risulta probabile il verificarsi contemporaneo di sisma e di possibile distacco di valanga, si omette una specifica verifica sismica delle opere in quanto nella valutazione dei carichi trasmessi dalla neve alla struttura, secondo le direttive svizzere, si ipotizza un incipiente distacco del manto nevoso come accade anche in condizioni di sisma.

Per il calcolo delle lunghezze e per le verifiche strutturali sugli ancoraggi, l'azione di progetto sarà determinata applicando i coefficienti del caso A2, quindi per un'azione variabile.

**Dunque il valore di  $\gamma$  da utilizzare è pari a 1,3.**



## 2.3 RESISTENZE

Le resistenze considerate nella [1] hanno significati diversi in funzione della verifica che si sta analizzando.

Fattori di resistenza parziale possono essere applicati sia alle proprietà del terreno (X), sia alle resistenze (R) o a entrambi i casi.

Come anticipato si prendono in considerazione tre verifiche: della sezione di acciaio, dell'interfaccia acciaio-malta e dell'interfaccia malta- terreno.

In generale si ha:

$$R_D = (1 / \gamma_R) R [\gamma_F \cdot F_{Rep}; X_k / \gamma_M; a_D] \quad [6]$$

dove:

- $F_{Rep}$  sono le azioni rappresentative (se influenzano la resistenza)
- $X_k$  sono i parametri dei materiali
- $a_D$  geometria di progetto
- $\gamma_M$  sono i fattori parziali per il terreno
- $\gamma_R$  sono i fattori parziali per le resistenze

La resistenza di progetto degli ancoraggi  $R_{ad}$ , è determinata in questo caso con metodi di calcolo, basati sui risultati di prove in sito e di laboratorio. La verifica quindi viene effettuata utilizzando una procedura analoga a quella indicata per i pali in trazione (Tabella 6.4.II – Cap. 6 – Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008).

Secondo le nuove Norme Tecniche si ha la seguente tabella per i fattori  $\gamma_R$  per pali:

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	$\gamma_R$	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

**Tabella 2. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.**

Per pali trivellati a trazione e cioè in questo caso per gli ancoraggi della barriera paramassi, il **valore di  $\gamma_R$  da utilizzare è pari a 1,6.**





### 2.3.1 ACCIAIO

La normativa italiana definisce il valore di resistenza di progetto della sezione di acciaio come:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} \quad [7]$$

dove:

- $f_{yd}$  è il valore di snervamento di progetto,
- $f_{yk}$  è il valore di snervamento caratteristico
- $\gamma_M$  è il fattore di sicurezza parziale, definito nel seguito

$$\gamma_M = 1.50 \quad [8]$$

$\gamma_M$  è il fattore di sicurezza parziale (NTC 2008 4.2.4.1.6) valutato in considerazione della specificità degli elementi oggetto del progetto secondo prove su ancoraggi in doppia fune.

Per l'aderenza acciaio – calcestruzzo si ha il seguente fattore parziale:

$$\gamma_{s-m} = 1.50$$



### 3 MODELLO DI CALCOLO

Si riassumono nel seguito i modelli di calcolo per ogni verifica considerata:

1. verifica della sezione di acciaio
2. verifica dell'interfaccia acciaio – malta
3. verifica dell'interfaccia malta – terreno

Dopo aver eseguito le verifiche (2) e (3) si considera la lunghezza di ancoraggio maggiore, a favore di sicurezza.

#### 3.1 VERIFICA SEZIONE DI ACCIAIO

Per questa verifica, essendo la tipologia di ancoraggio definita dal costruttore ed essendo le azioni agenti altrettanto fornite dal costruttore, ci si preoccupa semplicemente di verificare che l'equazione 1 sia soddisfatta come disequazione, che nel caso specifico si esplicita nel seguente modo:

$$F_d \leq N_s / \gamma_s \quad [9]$$

dove:

- $F_D$  è il valore di progetto dell'azione sollecitante
- $N_s$  è il valore rappresentativo della resistenza dell'ancoraggio
- $\gamma_s$  è il valore del fattore parziale dell'acciaio, pari a 1,5

#### 3.2 VERIFICA DELL'INTERFACCIA ACCIAIO-MALTA

In questo caso l'equazione [1] si esplicita nel seguente modo:

$$F_D \leq (\tau_{a-m} / \gamma_M) \cdot S_{Lat} \cdot L \quad [10]$$

dove:

- $F_D$  ha il significato già illustrato
- $\gamma_M$  è il fattore parziale per l'adesione malta – acciaio, pari a 1.5
- $\tau_{a-m}$  è l'adesione malta – acciaio
- $S_{Lat}$  è la superficie effettiva di contatto malta – acciaio
- $L$  è la lunghezza dell'ancoraggio

Per l'adesione acciaio - malta si ha la seguente:

$$\tau_{s-m} = 0.237 \cdot R_{ck}^{2/3} \quad [11]$$



In caso di ancoraggi in barra la superficie laterale è quella nominale:

$$S_{Lat} = \pi \cdot d \quad [12]$$

dove  $d$  è il diametro della barra.

In caso di ancoraggio in doppia fune spiroidale si ha la seguente equazione:

$$S_{Lat} = \gamma_{geom} \cdot 2 \cdot \pi \cdot d \quad [13]$$

dove  $\gamma_{geom}$  è un fattore di riduzione, pari a 0.80, dovuto al fatto che le due funi accoppiate non sviluppano una superficie di contatto con la malta pari alla somma delle due superfici delle singole funi.

Dalla equazione [10], utilizzando le [11], [12] e [13] in funzione del caso analizzato, si ricava la lunghezza dell'ancoraggio per il caso in esame.

Nel caso di ancoraggi in barra la lunghezza di ancoraggio è pari a:

$$L \geq 1.5 \cdot F_D / \pi \cdot d \cdot \tau_{s-m} \quad [14]$$

Nel caso di ancoraggi in doppia fune spiroidale la lunghezza di ancoraggio è pari a:

$$L \geq 1.5 \cdot F_D / \gamma_{geom} \cdot 2\pi \cdot d \cdot \tau_{s-m} \quad [15]$$

### 3.3 VERIFICA DELL'INTERFACCIA MALTA-TERRENO

In questo caso l'equazione [1] assume la seguente forma:

$$F_D \leq (\tau_{t-m} / \gamma_R) \cdot S_{Lat} \cdot L \quad [16]$$

dove:

- $F_D$  ha il significato già illustrato
- $\gamma_R$  è il fattore di resistenza parziale, pari a 1.6
- $\tau_{t-m}$  è l'adesione malta – terreno
- $S_{Lat}$  è la superficie effettiva di contatto malta – terreno
- $L$  è la lunghezza dell'ancoraggio

In questo caso  $S_{Lat}$  è pari a

$$S_{Lat} = \pi \cdot \phi_{perf} \quad [17]$$

La lunghezza di ancoraggio è pari a:

$$L \geq (1.6 \cdot F_D) / (\pi \cdot \phi_{perf} \cdot \tau_{t-m}) \quad [18]$$



## 4 CARICHI AGENTI SUGLI ANCORAGGI

Il calcolo delle azioni sulle reti da neve viene effettuato nella relazione di calcolo delle linee paravalanghe con riferimento alle *"Direttive per le opere di premunizione contro le valanghe nelle zone di distacco"* [WSL - FNP, edizione 2007].

Per uniformità esecutiva le valutazioni dei carichi agenti sugli ancoraggi saranno svolte in riferimento alla peggiore condizione ricavabile dal progetto esecutivo, ritenendo le verifiche soddisfatte anche per tutte le altre condizioni di progetto.

Risulta quindi che le condizioni peggiori ricavate dalla relazione di calcolo delle linee dei paravalanghe evidenziano due carichi distinti, uno per gli ancoraggi degli elementi laterali di fine linea e uno per gli ancoraggi degli elementi intermedi (con uno spazio tra gli elementi di circa 0.50m) , questi sono rispettivamente:

Descrizione	Caratteristiche fondazione	Caratteristiche ancoraggio	Carico sull'ancoraggio (kN)
Ancoraggio Intermedio	Detrito di blocchi	Doppia fune spiroidale Ø 18 mm (Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570)	186
Ancoraggio Laterale	Detrito di blocchi	Doppia fune spiroidale Ø 18 mm (Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570)	401

Tabella 3. Azioni agenti sugli ancoraggi degli elementi paravalanghe

Secondo l'approccio utilizzato, i carichi devono essere amplificati per un fattore  $\gamma_F$  pari a 1.3. Nelle seguenti tabelle si illustrano i valori rappresentativi del carico e i valori di progetto per la tipologia di paravalanghe in oggetto.

Descrizione	Caratteristiche fondazione	(a) Carico da relazione di dimensionamento linee (kN)	(b) Carico di progetto (kN)
Ancoraggio Intermedio	Detrito di blocchi	186	242
Ancoraggio Laterale	Detrito di blocchi	401	521

Tabella 4. (a) carichi rappresentativi, (b) carichi di progetto.



## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Si rimanda alla specifica documentazione progettuale relativa agli approfondimenti geologici. Tale materiale è da considerarsi parte integrante del presente progetto, così come il resto della documentazione di progetto.

Si denota che le assunzioni inserite nel presente documento sono conformi a quanto indicato nella relazione geologica succitata, tuttalpiù le ipotesi adottate nel corso del dimensionamento delle opere possono risultare al massimo più cautelative delle indicazioni espresse negli elaborati geologici. Lo scrivente, all'atto della definizione del sistema di fondazione per gli elementi paraavalanghe in esame, ha infatti lavorato in sinergia con tale tecnico.

## 6 PARAMETRI GEOMECCANICI

I parametri geotecnici utilizzati nella presente relazione, in funzione di quanto riportato negli elaborati progettuali e delle informazioni reperibili in letteratura, si illustrano nel seguito:

Detrito di blocchi

Si assumono i seguenti valori, coerenti con quelli suggeriti dalla documentazione geologica:

$$\gamma = 1,95 \text{ t/m}^3$$

$$\varphi = 34^\circ$$

$$c = 0,00 \text{ MPa}$$

A partire della formulazione di Bustamante Doix e sulla base di dati di prove di estrazione su materiali simili sono stati definiti i valori di resistenza al taglio sull'interfaccia terreno–malta.

Il parametro  $\tau_{t-m}$  viene valutato utilizzando gli abachi di seguito riportati:

TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

Tabella 5. Indicazioni per la scelta del valore di  $s_i$

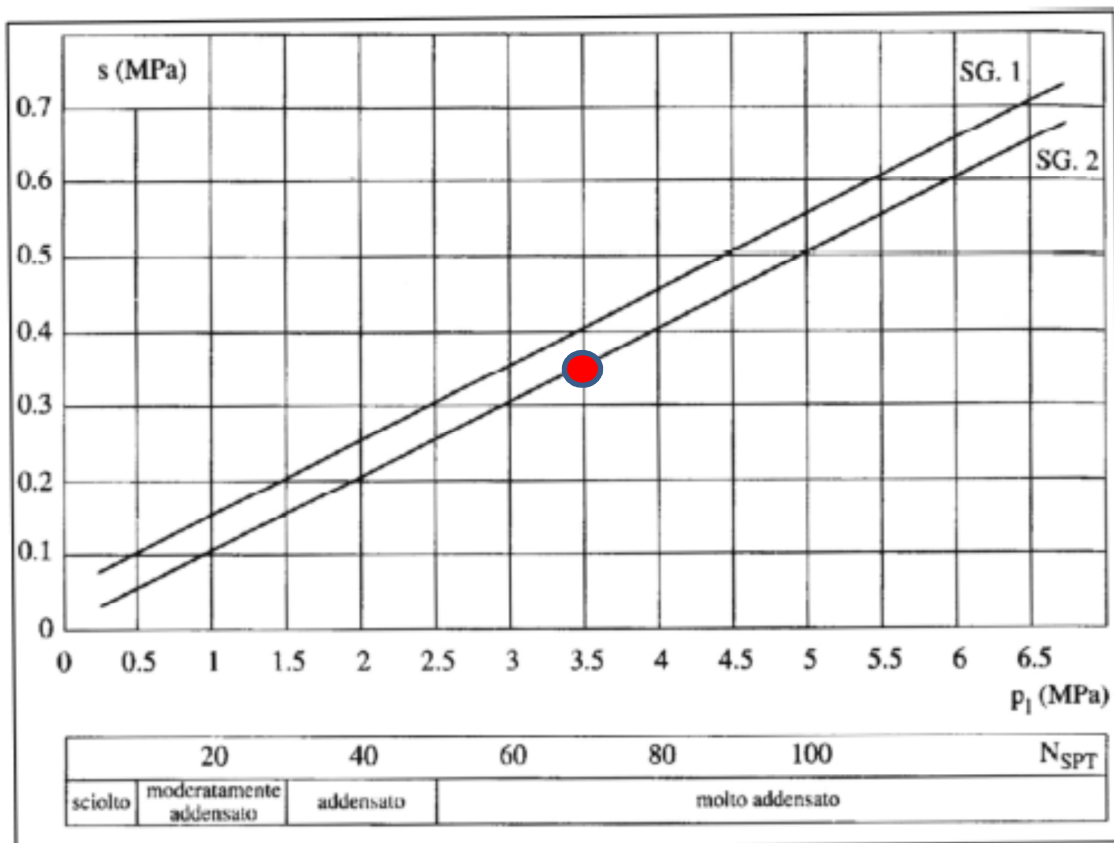


Tabella 6. Abaco per il calcolo di  $s_i$  per sabbie e ghiaie

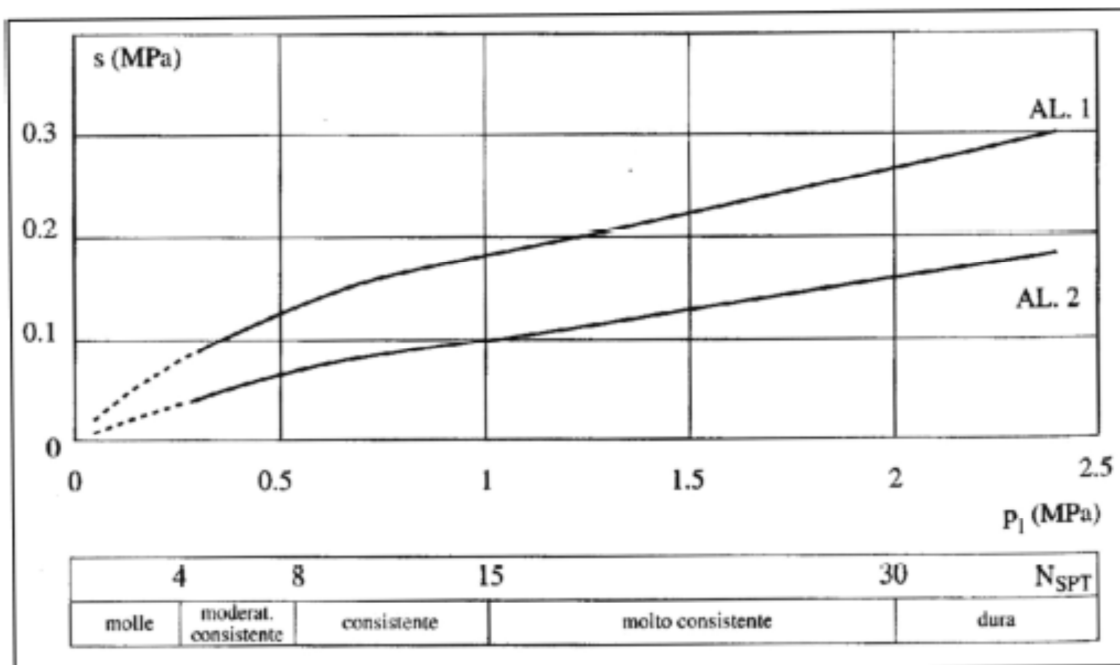
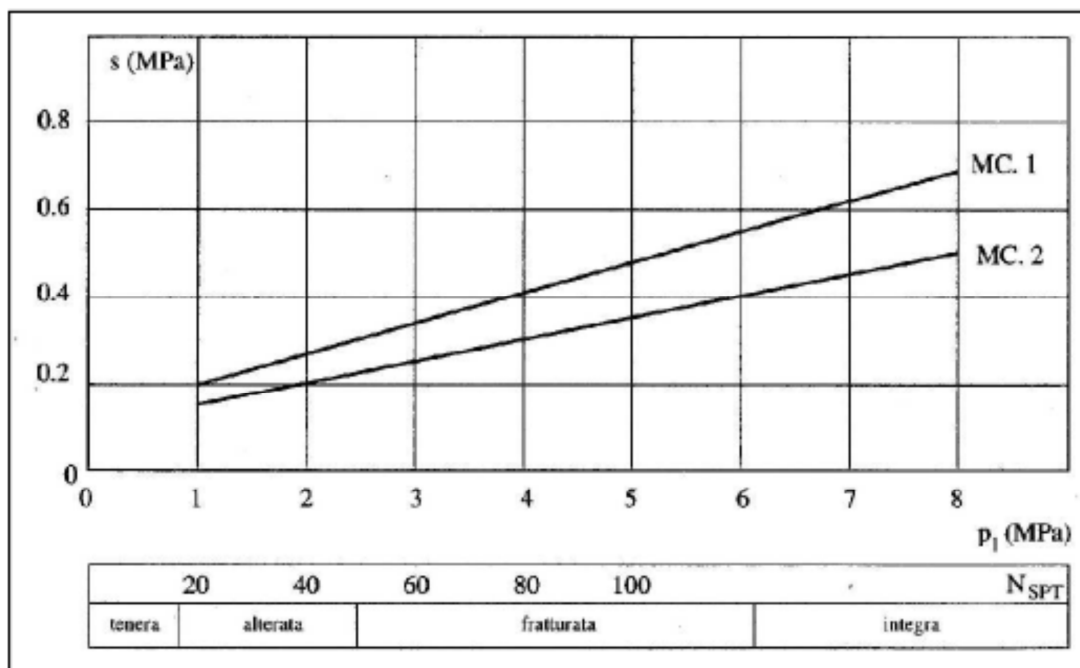
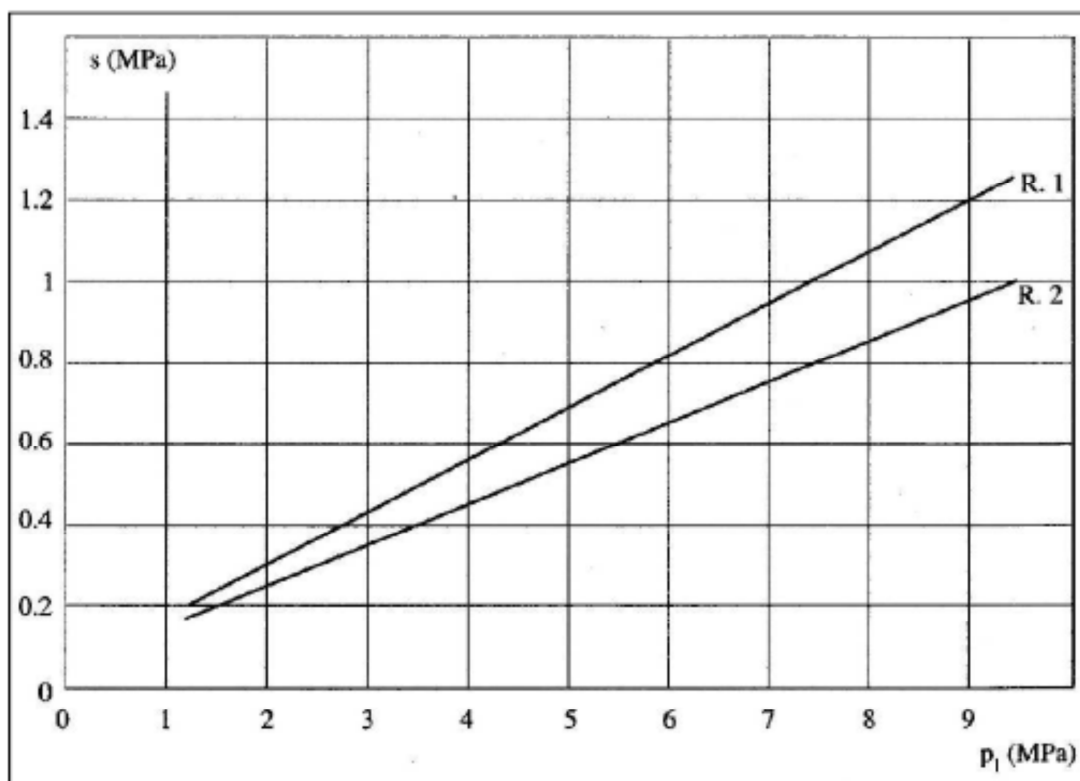


Tabella 7. Abaco per il calcolo di  $s_i$  per argille e limi


 Tabella 8. Abaco per il calcolo di  $s_i$  per gessi, marne, marne calcaree

 Tabella 9. Abaco per il calcolo di  $s_i$  per rocce alterate fratturate

Nel caso in esame, essendo il terreno prevalentemente di tipo sabbioso ghiaioso, si utilizza l'abaco riportato in tabella 6 per iniezioni non ripetute IGU e con un valore medio di  $N_{SPT}$  pari a 70, si trova un valore di:

$$\tau_{t-m} = 0,35 \text{ MPa} \quad [\text{terreno} - \text{malta cementizia}]$$



## 7 DIMENSIONAMENTO ANCORAGGI ELEMENTI PARAVALANGHE

I valori dei parametri che servono per la progettazione degli ancoraggi degli elementi paravalanghe laterali ed intermedi sono i seguenti:

- $\tau_{\text{terreno-MALTA}} = 0,35 \text{ N/mm}^2$  (valore di resistenza del terreno all'interfaccia con il bulbo di cemento).
- $\tau_{\text{Acciaio-MALTA}} = 2,29 \text{ N/mm}^2$  (valido per una malta di  $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$ )
- Perforazione: diametro pari a 90 mm.

### 7.1 ANCORAGGI INTERMEDI

Si uniforma il tiro di progetto per tutti gli ancoraggi intermedi, così da standardizzare il sistema di ancoraggio intermedio.

Il carico di progetto come visto precedentemente vale 242 kN su ogni ancoraggio intermedio.

L'ancoraggio è costituito da doppia fune spiroidale  $\varnothing 18 \text{ mm}$  (Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570).

L'ancoraggio risulta avere un carico minimo di rottura di 268 kN secondo le tabelle UNI EN per la Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570

#### 7.1.1 VERIFICA DELLA SEZIONE DI ACCIAIO

In considerazione che l'ancoraggio è realizzato con una doppia fune con carico di rottura **268 kN**, applicando l'equazione [9] risulta:

$F_D$  è pari a **242 kN**, mentre  $N_s$  è pari a **268x2=536 kN**, e  $\gamma_s$  in questo caso è pari a 1.5. Quindi si ha:

$$242 \text{ kN} \leq 536 / 1.50 = 357 \text{ kN} \quad [\text{soddisfatto}]$$

#### 7.1.2 VERIFICA SFILAMENTO ACCIAIO-MALTA DI INIEZIONE

Applicando l'equazione [15] risulta:

$$L \geq (1.5 \cdot F_D) / (\gamma_{geom} \cdot 2\pi \cdot d \cdot \tau_{s-m}) = (1.5 \cdot 242.000,00) / (0.8 \cdot 2\pi \cdot 18 \cdot 2,29) = 1752 \text{ mm}$$





### 7.1.3 VERIFICA SFILAMENTO TERRENO-MALTA DI INIEZIONE

Applicando l'equazione [18] risulta:

$$L \geq (1.6 \cdot F_D) / (\pi \cdot \phi_{pef} \cdot \tau_{t-m}) = (1.6 \cdot 242.000,00) / (\pi \cdot 90 \cdot 0,35) = 3913 \text{ mm}$$

Approssimando all'unità superiore la lunghezza d'ancoraggio minima necessaria risulterebbe essere pari a **4,00 m**.

Tenendo tuttavia conto che:

- in sito fino ad ora sono stati misurati parametri sperimentali oggettivi che, per quanto estesi ed esaustivi possano mai essere, sono sempre elementi affetti da tutte le incertezze della notevole variabilità del terreno da ancoraggio ad ancoraggio;
- per quanto indicato in premessa è necessario effettuare un campo prove per misurare e valutare se le ipotesi adottate siano adeguate alla realtà, procedendo di conseguenza ad adeguare il progetto in modo corretto;
- la garanzia di tenuta degli strati superficiali di terreno è molto limitata ed incerta a causa dei cicli di gelo/disgelo stagionali, della limitata tensione geostatica, di fattori quali aging e creep superficiali del terreno;
- marca e modello degli elementi sono attualmente ignoti, pertanto anche la valutazione degli sforzi può essere imprecisa ed ha valore puramente indicativo;

si assume come lunghezza d'ancoraggio di riferimento il valore di  $L = 6,00 \text{ m}$ .

Si denota che tale valore consente anche di "recuperare" alcuni "gap" di resistenza eventualmente siti lungo il fusto del tirante.

**Si assume pertanto una lunghezza di ancoraggio intermedio pari a 6,00 m.**

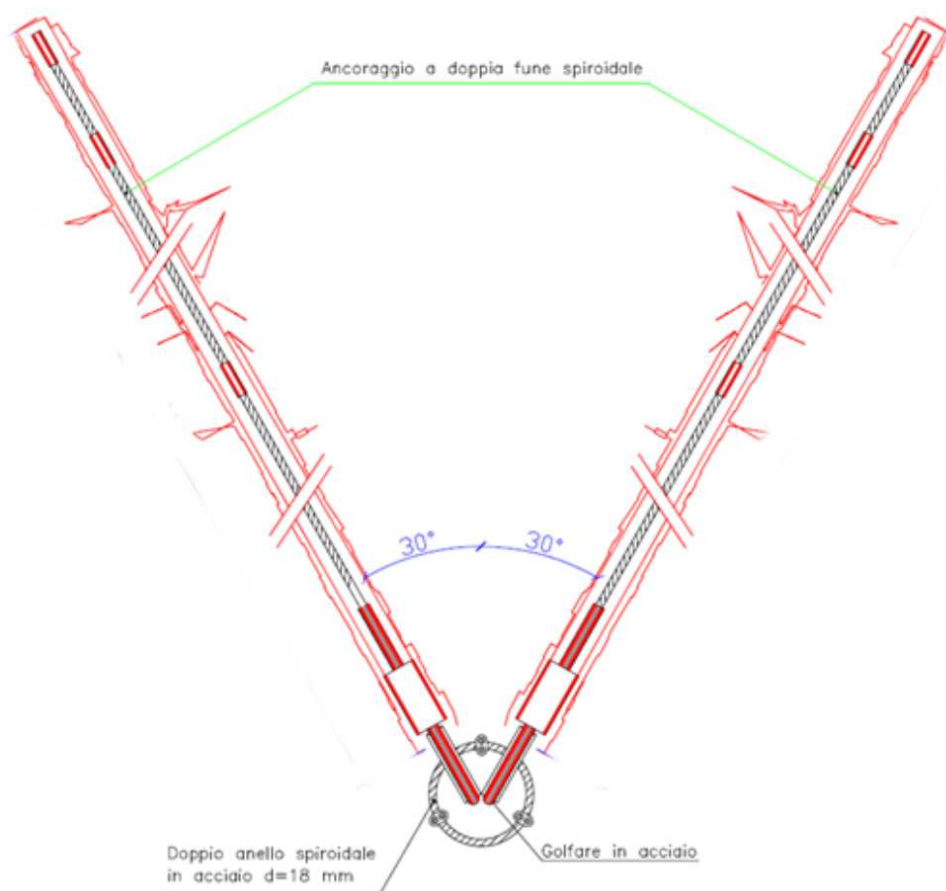


## 7.2 ANCORAGGI LATERALI

Si uniforma il tiro di progetto per tutti gli ancoraggi laterali, così da standardizzare il sistema di ancoraggio laterale.

Il carico di progetto come visto precedentemente vale **521 kN** su ogni ancoraggio laterale.

Tale carico si deve scaricare su due ancoraggi aperti planimetricamente di 60° come in figura:



Il carico sul singolo ancoraggio risulta quindi di:

$$521 / ( \cos(30^\circ) \cdot 2 ) = \mathbf{301 \text{ kN}}$$

L'ancoraggio è costituito da doppia fune spiroidale Ø **18 mm** (Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570).

L'ancoraggio risulta avere un carico minimo di rottura di 268 kN secondo le tabelle UNI EN per la Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570



### 7.2.1 VERIFICA DELLA SEZIONE DI ACCIAIO

In considerazione che l'ancoraggio è realizzato con una doppia fune con carico di rottura **268 kN**, applicando l'equazione [9] risulta:

$F_D$  è pari a **301 kN**, mentre  $N_s$  è pari a **268x2=536 kN**, e  $\gamma_s$  in questo caso è pari a 1.5. Quindi si ha:

$$301 \text{ kN} \leq 536 / 1.50 = 357 \text{ kN} \quad \text{[soddisfatto]}$$

### 7.2.2 VERIFICA SFILAMENTO ACCIAIO-MALTA DI INIEZIONE

Applicando l'equazione [15] risulta:

$$L \geq (1.5 \cdot F_D) / (\gamma_{geom} \cdot 2\pi \cdot d \cdot \tau_{s-m}) = (1.5 \cdot 301.000,00) / (0.8 \cdot 2\pi \cdot 18 \cdot 2,29) = \mathbf{2179 \text{ mm}}$$

### 7.2.3 VERIFICA SFILAMENTO TERRENO-MALTA DI INIEZIONE

Applicando l'equazione [18] risulta:

$$L \geq (1.6 \cdot F_D) / (\pi \cdot \phi_{pef} \cdot \tau_{t-m}) = (1.6 \cdot 301.000,00) / (\pi \cdot 90 \cdot 0,35) = \mathbf{4867 \text{ mm}}$$

Approssimando all'unità superiore la lunghezza d'ancoraggio minima necessaria risulterebbe essere pari a 5,00 m.

Tenendo tuttavia conto che:

- in sito fino ad ora sono stati misurati parametri sperimentali oggettivi che, per quanto estesi ed esaustivi possano mai essere, sono sempre elementi affetti da tutte le incertezze della notevole variabilità del terreno da ancoraggio ad ancoraggio;
- per quanto indicato in premessa è necessario effettuare un campo prove per misurare e valutare se le ipotesi adottate siano adeguate alla realtà, procedendo di conseguenza ad adeguare il progetto in modo corretto;
- la garanzia di tenuta degli strati superficiali di terreno è molto limitata ed incerta a causa dei cicli di gelo/disgelo stagionali, della limitata tensione geostatica, di fattori quali aging e creep superficiali del terreno;
- marca e modello di rete sono attualmente ignoti, pertanto anche la valutazione degli sforzi può essere imprecisa ed ha valore puramente indicativo;

si assume come lunghezza d'ancoraggio di riferimento il valore di  $L = 6,00 \text{ m}$ .

Si denota che tale valore consente anche di "recuperare" alcuni "gap" di resistenza eventualmente siti lungo il fusto del tirante.

**Si assume pertanto una lunghezza di ancoraggio intermedio pari a 6,00 m.**



## 8 CONCLUSIONI

Alla luce dalle nuove Norme Tecniche, sono state verificate le sezioni di acciaio e le lunghezze di ancoraggio del sistema di fondazioni degli elementi paravalanghe mono ancoraggio in oggetto. Il calcolo è stato svolto avendo come dati i valori delle azioni scaricate dalla struttura alle fondazioni per le reti da neve con riferimento alle *"Direttive per le opere di premunizione contro le valanghe nelle zone di distacco"* [WSL - FNP, edizione 2007]..

Di seguito si illustra il riassunto dei risultati:

Descrizione	Caratteristiche terreno	Caratteristiche ancoraggio	Lunghezza
Ancoraggio INTERMEDIO	Detrito di blocchi	Doppia fune spiroidale Ø18mm (Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570)	<b>6,00 m</b>
Ancoraggio LATERALE	Detrito di blocchi	Doppia fune spiroidale Ø18mm (Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570)	<b>6,00 m</b>



## 9 TABELLA DI CALCOLO RIASSUNTIVA

### TABELLA RIASSUNTIVA VERIFICA ANCORAGGI ELEMENTI PARAVALANGHE MONOANCORAGGIO

ancoraggio intermedio normativa svizzera	186	kN
ancoraggio laterale normativa svizzera	401	kN
coefficiente delle azioni $\gamma_f$	1,3	
ancoraggio intermedio carico progetto	242	kN
ancoraggio laterale carico progetto	521	kN
ancoraggio laterale singolo $F_d/2 \cos(30)$	301	kN
Terreno	Detrito di blocchi	
	di tipo sabbioso ghiaioso, si utilizza l'abaco riportato in tabella 6	
peso specifico t/mc	1,95	t/m <sup>3</sup>
angolo di att °	34	°
coesione MPa	0,00	MPa
Nspt da tabelle o prove	70	
adesione malta-terreno da tabelle	0,35	N/mm <sup>2</sup>
rck malta iniezione	30	MPa
adesione acciaio-malta	2,29	
diametro di perforazione mm	90	mm
diametro fune mm	18	mm
carico rottura fune	268	kN
Carico rottura doppia fune	536	kN
coefficiente acciaio	1,5	
coefficiente acciaio-malta	1,5	
coefficiente resistenza tirante $\gamma_R$	1,6	
coefficiente riduzione sup. doppio cavo	0,8	

Fune a trefolo spiroidale 1x19 UNI EN 12385-10 classe 1570

#### Verifica elemento INTERMEDIO

verifica funi ancoraggio	
$F_d =$	242 kN
$N_s =$	536 kN
$N_s/\text{coeff acc} > F_d$ kN	357 > 242
Lunghezza per sfilamento acciaio	
$F_d =$	242.000,00 N
diametro cavo =	18 mm
adesione malta-acciaio Mpa =	2,29 N/mm <sup>2</sup>
Lunghezza minima =	1752 mm
Lunghezza per sfilamento tirante	
$F_d$ N	242.000,00
diametro foro mm	90
adesione malta terreno Mpa - N/mm <sup>2</sup>	0,35
Lunghezza minima mm	3913
Arrotondato al metro superiore	4,00
Lunghezza minima scelta	6,00

#### Verifica elemento LATERALE

verifica funi ancoraggio	
$F_d =$	301 kN
$N_s =$	536 kN
$N_s/\text{coeff acc} > F_d$ kN	357 > 301
Lunghezza per sfilamento acciaio	
$F_d =$	301.000,00 N
diametro cavo =	18 mm
adesione malta-acciaio Mpa =	2,29 N/mm <sup>2</sup>
Lunghezza minima =	2179 mm
Lunghezza per sfilamento tirante	
$F_d$ N	301.000,00
diametro foro mm	90
adesione malta terreno Mpa - N/mm <sup>2</sup>	0,35
Lunghezza minima mm	4867
Arrotondato al metro superiore	5,00
Lunghezza minima scelta	6,00