Région Autonome Vallée d'Aoste — Regione Autonoma Valle d'Aosta

Comune di

VALTOURNENCHE

amministrazione comunale

REALIZZAZIONE DI BARRIERE FERMANEVE A PROTEZIONE DELLA STRADA DI PROMINDOZ, COMUNE DI VALTOURNENCHE

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTA INCARICATO:

Studio tecnico di ingegneria GIERREVU srl
Passage du Verger 5 - 11100 Aosta
Tel: 0165 40322 / fax 0165 40322
mail: studiogrv@fastwebnet.it
pec: gierrevu@pecvda.it

data:	scala:	codice elaborato:
02/08/2022		PE.1DC.104.SFN

Revisione	Data	Descrizione	Progettisti
REV 01	14/04/2023	Aggiornamento prezzi 2023	Ing. Fabio Inzani

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA VALLE D'AOSTA
DR. ING. GRIMOD ALBERTO
Sez. / Settori:
a) civile
b) ambientale
N° A 664

Indice

1 Introduzione 2
2 Normativa di riferimento 3
3 Azione sismica 4
4 Combinazioni di carico 5
5 Determinazione delle forze agenti sulla struttura 6
5.1 Parametri di calcolo 6
5.2 Componente parallela al pendio della spinta esercitata dalla neve 7
5.3 Componente perpendicolare al pendio della spinta esercitata dalla neve 7
5.4 Sovraccarico dovuto al prisma di neve insistente sulla rete 7
5.5 Spinta laterale 7
5.6 Sovraccarico per sezioni di intervallo e sezioni estreme 8
5.7 Risultanti 8
5.8 Risultanti complessive 9
5.9 Sviluppo dei calcoli 10
6 Posizionamento delle opere nel pendio 12

1 Introduzione

La presente relazione si riferisce alla realizzazione delle opere fermaneve previste per la difesa passiva della strada comunale di Promindoz, nel comune di Valtournenche. Le opere in progetto saranno costituite da strutture modulari monoancoraggio formate da un telaio a croce di St. Andrea di supporto in acciaio, un elemento tubolare centrale per connessione con l'ancoraggio di fondazione, una struttura di intercettazione in rete metallica e dei controventi in fune. L'elaborato tecnico in oggetto ha lo scopo di determinare i carichi agenti sulle opere paravalanghe monoancoraggio che si intende mettere in opera, definire il posizionamento delle opere nel versante e calcolare i carichi agenti sulle fondazioni.

Alla luce di quanto sopra, si sottolinea che, in considerazione della natura dei luoghi, dell'entità dei fenomeni valanghivi da bonificare e la facilità di accesso e ispezione delle opere, si è optato per l'installazione di strutture fermaneve monoancoraggio (tipo "ombrello") corredate di Certificato di Valutazione Tecnica (CVT) o Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego (CIT) rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale – in conformità a quanto definito al punto 11.1 lettera C) delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al DM 17.01.2018.
Per la sua autorevolezza la certificazione delle strutture garantisce le massime caratteristiche di qualità, durevolezza ed efficacia funzionale ottenibili allo stato attuale sul mercato. La scelta di utilizzare tale tipologia di struttura non determina peraltro una restrizione delle possibilità di approvvigionamento da parte dell'impresa esecutrice essendo ad oggi disponibili in commercio numerosi modelli di "ombrelli" da neve certificati fabbricati da differenti produttori.
A tal proposito, essendo presenti in commercio differenti modelli di "ombrelli" fermaneve certificati (caratterizzati da parametri progettuali Dk = 3.0 e N = 2.5), si rimanda al produttore la specifica verifica strutturale della barriera, che dovrà essere eseguita assumendo la struttura sollecitata da dei carichi non inferiori a quelli identificati nella presente relazione. La presente nota di calcolo si pone quindi lo scopo di definire i carichi che il manto nevoso esercita sulle opere in progetto e le azioni trasferite in fondazione.

2 Normativa di riferimento

La presente relazione fa alle seguenti normative, linee guida e documenti di valutazione europei:

- D.M. 17.01.18 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- CIRCOLARE n. 7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP con oggetto: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- norme UNI EN 1997-1;
- norme UNI EN 1997-2;
- norme UNI EN 1997-7;
- direttiva svizzera per la Costruzione di opere di premunizione contro le valanghe nella zona di distacco (2007);
- EAD 340109-00-0106: Flexible avalanche protection kit.

3 Azione sismica

Nel calcolo delle azioni agenti sui paravalanghe non si considerano le azioni sismiche, in quanto la probabilità di accadimento di un sisma di riferimento (con tempo di ritorno di 475 anni) nello stesso momento in cui si verifichi la nevicata di progetto (con tempo di ritorno di 100 anni) risulta pressoché nullo.
Inoltre, l'azione sismica può essere trascurata per i seguenti motivi:

- da NTC 2018 l'azione della neve sulla struttura deve essere pari al 20% del valore nominale nella combinazione sismica (per quote superiori a 1000 mslm): tale scenario risulta più cautelativo rispetto al considerare il massimo sovraccarico statico con Tr = 100 anni;
- le strutture fermaneve in progetto hanno una porosità molto elevata; durante un sisma la neve può quindi fuoriuscire dalla struttura, riducendo notevolmente il sovraccarico accidentale;
- seppur non sia un vero e proprio sovraccarico accidentale, da normativa NTC non si considerano 2 carichi accidentali contemporaneamente (sisma + neve di progetto).

Alla luce di quanto sopra, il calcolo dei carichi agenti sulla struttura saranno determinati solamente in campo statico.

4 Combinazioni di carico

Le azioni agenti su una barriera fermaneve possono essere classificate, secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:

a) *permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, con sufficiente approssimazione, costanti nel tempo (peso proprio di tutti gli elementi strutturali e carico permanente)

b) *variabili* (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

Tenuto conto della tipologia e della modalità di utilizzo delle strutture fermaneve si utilizza convenientemente la sola seguente combinazione (art. 2.5.3. NTC 2008), impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$$

Dove viene assunto (art. 2.6.1 NTC 2008):

$$\gamma_G = 1.30 \qquad \gamma_{Q1} = 1.50$$

Si precisa, tuttavia, che i valori di G_i sono molto inferiori alle sollecitazioni derivanti dalla spinta della coltre nevosa.

5 Determinazione delle forze agenti sulla struttura

Nel presente capitolo si procede alla determinazione delle forze agenti sul fermaneve monoancoraggio.
Per il calcolo delle forze agenti si è fatto rifermento alle "Direttive Svizzere per le Opere di Premunizione contro le Valanghe nella Zona di Distacco" emanate nel 1990 (agg. 2000 e 2007) dall'UFAFB di Berna (Direzione Federale delle Foreste Svizzere) e dal FNP di Davos (Istituto Federale per lo Studio della Neve e delle Valanghe), anche e soprattutto dell'autorevolezza di cui tali Enti godono a livello internazionale nel settore della neve e delle valanghe.

5.1 Parametri di calcolo

Secondo le Direttive Svizzere la pressione esercitata dalla neve su di un'opera di stabilizzazione del manto nevoso dipende dai seguenti fattori locali:

- ρ = densità della neve
- Hestr = altezza estrema della neve sul posto di prevista installazione dell'opera misurata verticalmente (valore più elevato dell'altezza massima della neve misurata in posto durante un lungo periodo di anni o stimata con metodi di analisi di tipo statistico)
- K = fattore di scorrimento, dipendente dalla densità della neve e della pendenza del terreno
- N = fattore di scivolamento, dipendente dal tipo di vegetazione, dalla rugosità del terreno e dalla sua esposizione
- fc = fattore di altitudine, che caratterizza la dipendenza della densità della neve dall'altitudine
- fr = fattore marginale, dipendente dagli intervalli laterali tra le opere e dal fattore di scivolamento
- fs = fattore di riduzione per tener conto di una superficie di appoggio flessibile da adottare nel caso di strutture fermaneve a rete
- Hk = altezza tra il bordo superiore della rete ed il suolo, misurata verticalmente
- Dk = distanza tra il bordo superiore della rete ed il suolo, misurata perpendicolarmente al pendio (spessore neve)
- ψ = angolo di inclinazione del pendio nella zona di installazione delle opere

I parametri di calcolo vengono di seguito elencati:

- altitudine massima zona di intervento: Z = c.a. 1900 mslm
- altitudine minima zona di intervento: Z = c.a. 1880 mslm
- densità media della neve: ρ = 0.3 t/m3 (valore ipotizzato)
- inclinazione media del pendio nella zona di distacco: Ψ = 35°
- esposizione: Sud-Ovest
- terreno prevalente: terreno sciolto ricoperto da vegetazione di essenze erbacee (ginepri e rododendri) con assenza di bosco e alberi di medio-alto fusto, se non sporadicamente (tan φ= 0.60)
- fattore di scivolamento: N = 2.5
- spessore della neve di progetto: Dk = 2.56 (rispetto la normale al pendio, considerando un Hk = 3.13 m))
- interasse tra le strutture: L0 = 3.6m
- fattore di riduzione per reti (superficie di appoggio flessibile): fs = 0.8

In base ai parametri sopra riportati è possibile ricavare:

- fattore di altitudine: fc = 1 + 0.02 (Z / 100 - 15) = 1.08
- fattore di scorrimento: K = 0.76 * sen(2Ψ) = 0.714

5.2 Componente parallela al pendio della spinta esercitata dalla neve

La componente parallela al pendio della pressione di scorrimento e scivolamento su una superficie d'appoggio rigida, perpendicolare al pendio, con lunghezza illimitata lungo la linea di livello, è espressa riportata al paragrafo 5.7.4.1 della Direttiva Svizzera (formula 35):

$$S'n = fs * H_k^2 * N * fc$$

Dove:

- S'n : componente parallela al pendio della pressione delle neve per unità di lunghezza della superficie di appoggio (kN/m');
- H_k : altezza verticale della neve (m);
- fs : fattore di riduzione per una superficie d'appoggio non rigida (= 0.8)
- N : fattore di scivolamento
- fc : fattore di altitudine.

5.3 Componente perpendicolare al pendio della spinta esercitata dalla neve

Conformemente a quanto stabilito dall'art. 5.7.4.3 non si considerano le componenti di carico ortogonali al pendio e pertanto si pone:

$$S'q = S'n * a / (N * \tan \psi) = 0 \text{ kN/m'}$$

5.4 Sovraccarico dovuto al prisma di neve insistente sulla rete

Le barriere sono costituite da montanti con inclinazione verso monte δ variabile tra 0° e 15° rispetto all'ortogonale al pendio. Inoltre, si considera che il piano di collegamento tra la base di posa della rete a terra ed i punti superiori di sospensione delle reti forma un angolo α = 0°. Per effetto di tale deviazione rispetto alla perpendicolare al pendio, la struttura è soggetta anche all'azione del peso del prisma di neve formato dalla superficie della rete e dalla superficie perpendicolare al pendio che passa per il bordo inferiore della rete.
In base all'art. 5.7.4.4 per il calcolo di questa componente si assume la deformata della rete come un segmento di parabola (f = freccia).
Con tali ipotesi il peso G' del prisma di neve per metro lineare di barriera è pari a:

$$G' = \rho \, (Dk^2 * \tan \alpha / 2 + 2/3 * Dk * f / \cos \alpha)$$

Scomponendo tale carico nelle due componenti parallele e perpendicolari al pendio si ha:

Componente parallela al pendio		Componente perpendicolare al pendio	
G'N = G' sen Ψ	[kN/m]	G'Q = G' cos Ψ	[kN/m]

5.5 Spinta laterale

Conformemente a quanto stabilito dall'art. 5.7.4.3 non si considerano le componenti di carico paralleli alla linea di livello (art. 5.5.6) pertanto si pone:

$$S's = 0 \text{ kN/m'}$$

5.6 Sovraccarico per sezioni di intervallo e sezioni estreme

Nelle zone di intervallo ed estreme la neve può scorrere e l'effetto di ritenuta induce dei sovraccarichi che vanno sotto il nome di "forze marginali".
In base all'art. 5.5.2.4 le forze marginali (per metro lineare) vengono considerati come carichi supplementari paralleli al pendio applicati su una lunghezza ΔL e dipendono da un fattore marginale fR, determinato funzione dell'intervallo laterale tra le opere, e dal fattore di scivolamento N. La sua determinazione varia in relazione al fatto se la distanza A tra le opere è uguale a 2 (sezioni di intervallo) o maggiore di 2 (sezioni di estremità).
In particolare si ha:
Sezioni di intervallo (A = 2,0 m)

$$fR\text{-}int = (0.92 + 0.65 * N) * A/2$$

$$S'R\text{-}int = fR\text{-}int * S'n$$

$$\Delta L\text{-}int = 0.60 * A/2 = 0{,}60 \text{ m}$$

Sezioni di estremità (A > 2,0 m)

$$fR\text{-}est = (1.00 + 1.25 * N) * A/2$$

$$S'R\text{-}est = fR\text{-}est * S'n$$

$$\Delta L\text{-}est = Dk / 3$$

5.7 Risultanti

Le risultanti applicate verranno suddivise in relazione al fatto che si tratti di sezioni intermedi, di intervallo o di estremità.

a. Risultanti per sezioni intermedie

In base all'art. 5.5.2.5 la risultante specifica R' per metro lineare di barriera si ottiene dalla somma vettoriale delle somme delle componenti parallele e perpendicolari al pendio.

Nel caso delle sezioni intermedie si ha:

$R'_N = S'_N + G'_N$	[kN/m]	Componente parallela al pendio
$R'_Q = S'_Q + G'_Q$	[kN/m]	Componente perpendicolare al pendio
$R' = \sqrt{R'^2_N + R'^2_Q}$	[kN/m]	Risultante

La direzione della risultante sul piano perpendicolare alla linea di livello si ottiene dall'espressione:

$$\text{tang } \varepsilon_R = \frac{R'_Q}{R'_N} \quad \text{da cui } \varepsilon_R = \text{arctang } \frac{R'_Q}{R'_N} \qquad [°]$$

b. Risultanti per sezioni di intervallo

In base agli artt. 5.5.2.5 e 5.5.2.6, entro le lunghezze di applicazione ΔL delle forze marginali, alle componenti parallele al pendio S'_N e G'_N si deve aggiungere la forza marginale S'_{Rin}.

Le risultanti specifiche R'_{Nin} (parallela al pendio) e R'_{Qin} (perpendicolare al pendio) per metro lineare di barriera, nel caso delle sezioni di intervallo, sono:

$R'_{Nin} = S'_N + G'_N + S'_{Rin}$	[kN/m]	Componente parallela al pendio
$R'_{Qin} = S'_Q + G'_Q$	[kN/m]	Componente perpendicolare al pendio
$R'_{in} = \sqrt{R'^2_{Nin} + R'^2_{Qin}}$	[kN/m]	Risultante

La direzione della risultante sul piano perpendicolare alla linea di livello si ottiene dall'espressione:

$$\tan \varepsilon_R = \frac{R'_{Qin}}{R'_{Nin}} \quad \text{da cui } \varepsilon_R = \arctan \frac{R'_{Qin}}{R'_{Nin}} \qquad [°]$$

c. Risultanti per sezioni di estremità

In base agli artt. 5.5.2.5 e 5.5.2.6, entro le lunghezze di applicazione ΔL delle forze marginali, alle componenti parallele al pendio S'_N e G'_N si deve aggiungere la forza marginale S'_{Res}.

Le risultanti specifiche R'_{Nes} (parallela al pendio) e R'_{Qes} (perpendicolare al pendio) per metro lineare di barriera, nel caso delle sezioni di intervallo, sono:

$R'_{Nes} = S'_N + G'_N + S'_{Res}$	[kN/m]	Componente parallela al pendio
$R'_{Qes} = S'_Q + G'_Q$	[kN/m]	Componente perpendicolare al pendio
$R'_{es} = \sqrt{R'^2_{Nes} + R'^2_{Qes}}$	[kN/m]	Risultante

La direzione della risultante sul piano perpendicolare alla linea di livello si ottiene dall'espressione:

$$\tan \varepsilon_R = \frac{R'_{Qes}}{R'_{Nes}} \quad \text{da cui } \varepsilon_R = \arctan \frac{R'_{Qes}}{R'_{Nes}} \qquad [°]$$

Per tutte e tre le sezioni oggetto di questo studio, si precisa che il punto di applicazione delle forze è fissato pari a h = 0,385 H_k [m], poiché, in base agli artt. 5.8.3.1. e 5.8.3.2 per il dimensionamento delle reti da neve, si assume il carico specifico della seconda ipotesi di carico per tutta l'altezza della rete.

5.8 Risultanti complessive

Le risultanti determinate finora sono state calcolate per unità di lunghezza lineare di barriera. Le risultanti complessive agenti nelle varie sezioni di calcolo dovranno, quindi, tenere conto della lunghezza di barriera ad esse riferite oltre che le lunghezze di applicazione delle forze marginali.

Indicato, pertanto, con il simbolo "i" l'interasse dei montanti tubolari (o la lunghezza degli elementi mono ancoraggio) si possono determinare le risultanti complessive agenti nelle singole sezioni di calcolo.

a. Sezioni intermedie - MF

$RR = R' \, i$ [kN]

b. Sezioni di intervallo - RF

$$RR_{in} = RR + \frac{RR}{4} + (R'_{in} - R') \, \Delta L_{in} \quad [kN]$$

Avendo indicato con $\frac{RR}{4}$ il supplemento di cui all'art. 5.6.1.3

c. Sezioni di estremità - WF

$$RR_{es} = RR + \frac{RR}{4} + (R'_{es} - R') \, \Delta L_{es} \quad [kN]$$

Avendo indicato con $\frac{RR}{4}$ il supplemento di carico di cui all'art. 5.6.1.3

Una volta determinate le azioni indicate ai punti precedenti si possono determinare le sollecitazioni agenti nei vari elementi strutturali, mediante semplici scomposizioni di forze e di equilibrio statico che tengano conto della deformata *f* della rete e del punto e direzione della risultante stessa.

Il calcolo delle forze è stato implementato e si presenta al paragrafo successivo.

5.9 Sviluppo dei calcoli

Di seguito si presenta lo sviluppo dei calcoli sopra esposti.

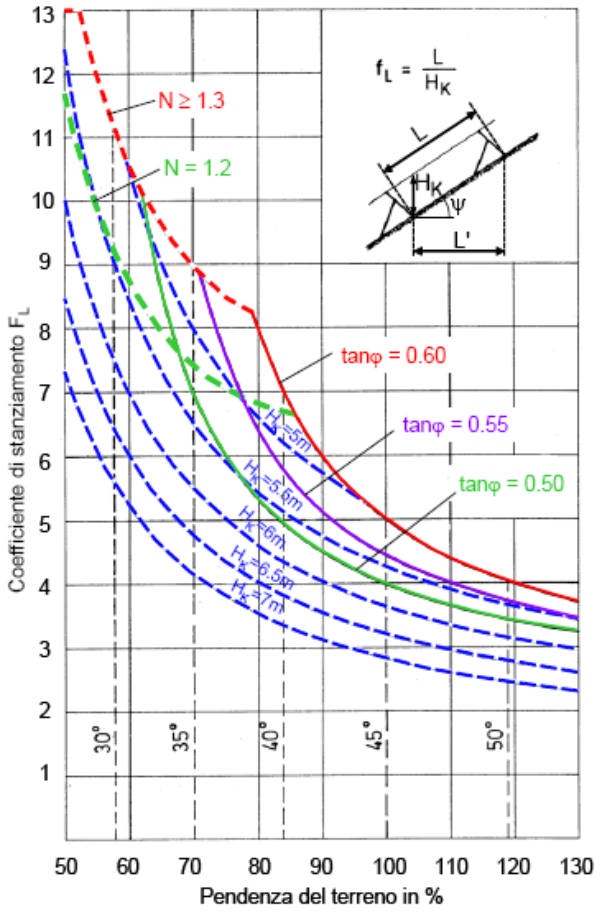
INPUT - Caratteristiche della zona di distacco				
Altitudine massima	Q-max	1900	mslm	
Altitudine minima	Q-min	1880	mslm	
Altitudine di riferimento	Z	1900	mslm	
Densità della neve	ro	0.3	t/m3	
Inclinaizone media pendio	psi	35	°	0.610865238
Fattore di scivolamento	N	2.5		
Altezza della neve (misurata verticalmente)	Hk	3.13	m	
Altezza della neve (misurata sulla normale)	Dk	2.56	m	
Fattore di scorrimento	K	0.714		
Fattore di altitudine	fc	1.08		
Fattore di riduzione (per reti)	fs	0.8		
Accelerazione di gravità	g	9.81	m/s2	
INPUT - Geometria del fermaneve				
tipologia di fermaneve	Ombrello monoancoraggio			
Inclinazione dei puntoni verso monte	delta	15	°	0.261799388
Angolo tra rete e normale al pendio	alpha	0	°	0
Freccia della rete (da calcolo reti da neve)	f	0.385	m	
Freccia della rete (valore imposto)	f	0.250		
Valore adottato	Freccia della rete (da calcolo reti da neve)			0.38
Campata (o lunghezza della struttura monoancoraggio)	i	3.60	m	

CALCOLO				
Determinazione dei carichi agenti				
Componente parallela al pendio	S'n	21.16	kN/m'	§Art. 5.7.4.1
Componente perpendicolare al pendio	S'q	0	kN/m'	§Art. 5.7.4.3
Sovraccarico dovuto al prisma di neve	G'	1.93	kN/m'	§Art. 5.7.4
Componente parallela al pendio	G'n	1.11	kN/m'	§Art. 5.7.4
Componente perpendicolare al pendio	G'q	1.58	kN/m'	§Art. 5.7.4
Spinta laterale	S's	0	kN/m'	§Art. 5.7.4.3 e 5.5.6
Risultanti				
Risultante per sezioni intermedie	**R'**	**22.33**	**kN/m'**	§Art. 5.5.2.5
	R'n	22.27	kN/m'	
	R'q	1.58	kN/m'	
	Epsilon-R	4.070	°	0.071039775
	h	1.205	m	
Risultante per sezioni laterali d'intervallo (Amax = 2.0 m)	A	2.00	m	
	R'int	76.14	kN/m'	
	R'n-int	**76.13**	**kN/m'**	§Art. 5.5.2.6
	R'q-int	1.58	kN/m'	
	Epsilon-R	1.193	°	0.020814878
	fR	2.55		
	Delta-L_int	0.6		
	S'R-int	53.86	kN/m'	
	h	1.205	m	
Risultante per sezioni laterali d'estremità (A > 2.0 m)	A	> 2.00	m	
	R'est	**109.57**	**kN/m'**	§Art. 5.5.2.6
	R'n-est	109.56	kN/m'	
	R'q-est	1.58	kN/m'	
	Epsilon-R	0.829	°	0.014463879
	fR	4.13		
	Delta-L_est	0.85		
	S'R-est	87.29	kN/m'	
	h	1.205	m	

Azioni complessive				
Campata della struttura fermaneve	i	3.60	m	
Risultante di base	Fr	80.38	kN	
Risultante forze di bordo intervallo	Fr1	32.28	kN	
Coefficiente di distribuzione del sovraccarico 1	coeff Fr11	0.167		
Coefficiente di distribuzione del sovraccarico 2	Coeff Fr12	0.833		
Risultante forze di bordo estreme	Fr2	74.56		
Coefficiente di distribuzione del sovraccarico 1	coeff Fr21	0.237		
Coefficiente di distribuzione del sovraccarico 2	Coeff Fr22	0.763		
SEZIONI INTERMEDIE	**RR**	**80.38**	**kN**	
SEZIONI INTERVALLO	**RR-int**	**132.75**	**kN**	
SEZIONE ESTREMITA	**RR-est**	**175.04**	**kN**	

6 Posizionamento delle opere nel pendio

Per quanto riguarda il distanziamento fra le strutture, lungo la linea di massima pendenza, si deve far riferimento a quanto previsto agli artt. 3.7.1 e 3.7.2 delle "*Direttive per la costruzione delle opere di premunizione contro le valanghe nella zona di distacco*" edizione 2007. In particolare, il valore del distanziamento L parallelo al pendio è funzione del fattore di distanziamento f_L che dipende dalla pendenza del terreno ψ , dall'altezza H_k della struttura, dal fattore di scivolamento N e dall'angolo di attrito φ tra terreno e manto nevoso secondo il grafico seguente:



$$L = f_L \times H_K \text{ [m]}$$

Abaco per definire il fattore di distanziamento tra le linee

Nel caso specifico, per N ≥ 1.30 N = 2.5), Dk = 3.0, assunto (art. 3.7.2.2) tg φ = 0.60 e considerando una inclinazione media del pendio di 42° si ottengono le massime distanze tra le opere lungo il pendio:

$f_L = 7$

$L = F_L * Hk = 7 * 3.13 = 21.91$ m, da cui si adotta

Distanza tra le linee: L = 22 m

Per quanto riguarda gli intervalli laterali fra le strutture lungo una linea di livello si deve far riferimento a quanto previsto in progetto ed in particolare all' art. 3.8 delle "*Direttive*" svizzere, in particolare per quanto riguarda la premunizione interrotta con A ≤ 2.00 m.