



SCUOLA DI ALPINISMO E SCI-ALPINISMO
G. RIBALDONE

delle Sezioni C.A.I.

ALA DI STURA - CASELLE - CIRIÈ - LANZO - LEINI - VENARIA



La catena di assicurazione

Corso A1 - 2014

La catena di assicurazione



La catena di assicurazione è definita come l'insieme di tutti gli elementi che concorrono alla sicurezza della cordata (sia di chi cade che di chi assicura) nel caso in cui si verifichi una caduta.

Composizione della ...



Fanno parte della catena :

- Corda, cordini e fettucce.
- Imbracatura.
- Moschettoni e rinvii.
- Ancoraggi artificiali
- Ancoraggi naturali.
- Freni.

A cosa serve ...



Ridurre (minimizzare, gestire, prevedere) i danni in caso di caduta :

- a chi cade
- a chi assicura

Cosa succede al primo di cordata in caso di volo?

- Traumi dovuti ad urti contro la parete
- Lesioni agli organi interni causati dalla forte decelerazione

QUALE ELEMENTO DELLA CATENA DI
ASSICURAZIONE
CONTRIBUISCE A RIDURRE I DANNI?

Cosa succede durante il volo

- **FASE 1. ACCELERAZIONE** (“g” – accelerazione di gravità $9,81 \text{ m/sec}^2$)
- **FASE 2.FORTE DECELERAZIONE** (il socio mi sta tenendo!)

Intuitivamente è la situazione del paracadutista (lancio-accelerazione; apertura del paracadute-forte decelerazione).

Cosa succede se il paracadute è:

- troppo piccolo
- troppo grande

Limiti del corpo umano

Da numerose ricerche si è stabilito che il massimo valore di decelerazione sopportabile dal corpo umano è:

- **15g** per una caduta a testa in alto.
- **4-6g** per una caduta a testa in basso.

Limite di sicurezza

Considerando di applicare ad una massa di 80 kg (peso assunto a riferimento dall'UIAA per le prove sui materiali – equivale al peso medio di un alpinista) una decelerazione pari a 15 g , deriva una forza massima pari a 1200 kg (daN) , sostenibile dal corpo per periodi molto brevi (frazioni di secondo).

$$F = m \times a = 80 \times 9,81 \times 15 = 1200 \text{ daN}$$

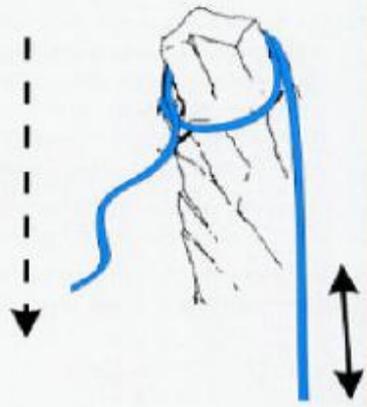
Il paracadute idoneo all'alpinista deve considerare...



15 g
g = accelerazione di gravità

IL VALORE DI DECELERAZIONE SOPPORTABILE (FORZA DI ARRESTO)

LA CORDA BLOCCATA E NON FRENATA (eventualità sempre possibile)



1200 daN viene adottato come limite per la massima forza d'arresto sopportabile dal corpo umano

- In alpinismo la CORDA è l'equivalente del paracadute
- Le norme UIAA-CEN prescrivono che:
 - *“le corde si deformino quanto necessario perché il valore massimo della forza generata durante un volo non superi i 1200 daN”*
 - *le corde debbano resistere ad almeno 5 cadute in condizioni limite*
- Condizioni limite: corda bloccata, massa 80 kg, *fattore di caduta 2* .

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{cin}}$$

- **Energia potenziale** = $m \times g \times h$
(capacità di una massa di sviluppare energia in virtù della sua altezza rispetto ad un sistema di riferimento)
- **Energia cinetica** = $\frac{1}{2} m \times v^2$ (energia acquisita da una massa in proporzione al quadrato della sua velocità)
- In caso di caduta chi assorbe l'energia cinetica acquistata dal corpo a causa del "volo"? Su quali elementi della C.d.A. viene dissipata?
- Due casi "limite":
 - Corda bloccata
 - Corda Frenata

Forza di arresto

La **Forza di Arresto** è il valore massimo di forza che si può sviluppare sulla corda e sull'alpinista durante una caduta.

È una caratteristica intrinseca della corda, **dichiarata dal costruttore**.

Quando la corda inizia ad entrare in tensione a seguito di un volo, essa si deforma (allunga) dissipando energia, ed inizia a trasmettere all'alpinista una forza crescente conseguente alla trattenuta.

Questa forza diventerà massima nell'istante in cui l'alpinista viene **arrestato**, cioè quando la corda ha raggiunto il suo allungamento massimo e non è più in grado di dissipare altra energia.

Di qui il termine "**forza di arresto**".

Quindi la F.d.A. è la forza residua trasmessa dalla corda all'alpinista una volta esaurita l'elasticità della corda stessa.

Deformazione della corda



La corda da alpinismo è un elemento elastico in grado di assorbire energia deformandosi

Corda rigida:

- piccolo allungamento,
- scarsa dissipazione di energia
- maggiore sollecitazione dell'alpinista e degli elementi della C.d.A.

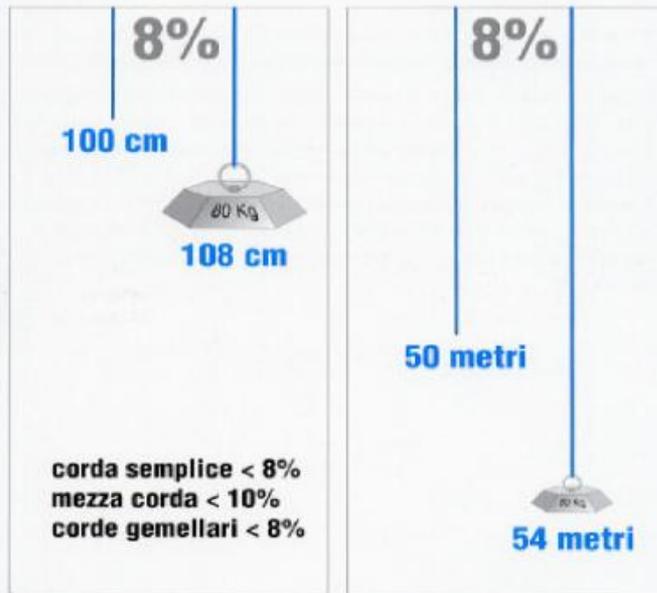
Corda elastica:

- maggiori allungamenti,
- maggior dissipazione di energia
- minore sollecitazione dell'alpinista e degli elementi della C.d.A.



L'allungamento della corda

ALLUNGAMENTO RELATIVO



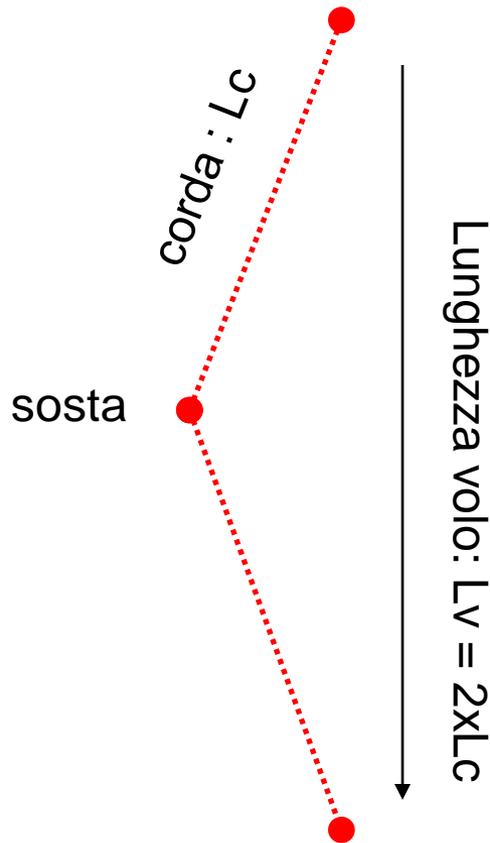
La corda da alpinismo presenta un allungamento relativo proporzionale alle forze a cui è soggetta (Es. con 80 kg si allunga del 8%, con 160 kg del 16%)

A parità di carico:

- a minor lunghezza di corda coinvolta nel volo corrisponderà minor allungamento (80 kg e 1 m di corda, allungamento 8 cm)
- a maggior lunghezza di corda coinvolta nel volo corrisponderà maggior allungamento (80 kg e 50 m di corda, allungamento 4 m)

Il fattore di caduta

- Il fattore di caduta FC è il rapporto tra la lunghezza del volo e la lunghezza di corda interessata.
 - $FC = L_v / L_c$



Nella progressione il massimo fattore di caduta può essere pari a 2, nel caso in cui il primo di cordata cada senza aver rinvitato nessuna protezione, (caduta sulla sosta, massima sollecitazione e massimo pericolo).

Normalmente i voli più comuni sono caratterizzati da fattori di caduta inferiori a 1

$$FC = L_v / L_c = 2 \times L_c / L_c = 2$$

FATTORI DI CADUTA SUPERIORI A DUE



Nelle ferrate è indispensabile adottare un freno dissipatore

Forza di arresto

A parità di condizioni (stessa massa, stesso FC) :

una corda rigida determina una F.d.A. elevata, pericolosa per l'alpinista e per gli ancoraggi.

una corda troppo elastica determina F.d.A. basse, ma è poco pratica nell'esecuzione di manovre.

La norma stabilisce che la F.d.A. deve essere inferiore a 1200 daN.

In commercio corde con F.d.A. decisamente inferiori (700–900 daN)

Sollecitazione sulla sosta a corda bloccata

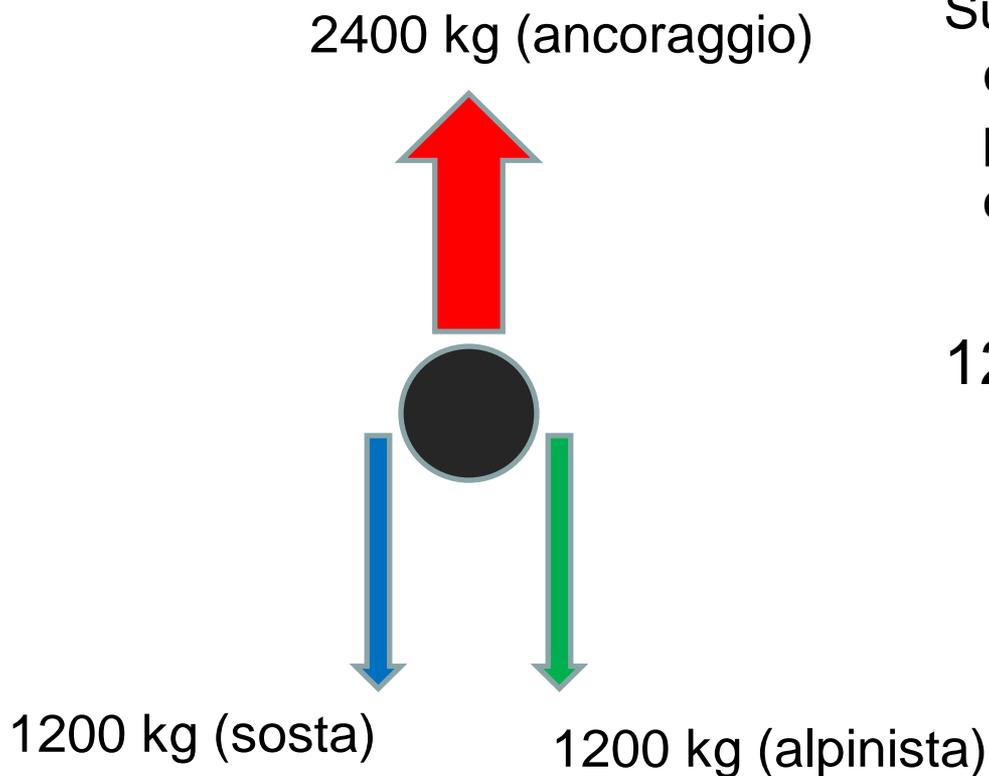
Si ipotizza il seguente caso: corda bloccata in sosta, il primo cade senza aver messo protezioni intermedie (fattore di caduta 2).

La corda è l'unico elemento della CdA in grado di assorbire l'energia cinetica conseguente al volo.

La sollecitazione ricevuta dall'alpinista e dalla sosta sarà data dalla FORZA di ARRESTO della corda, indipendentemente dall'altezza del volo!

È questa la condizione d'uso più gravosa per la corda; ad ogni trattenuta corrisponderà un decadimento della "prestazione", ovvero perderà progressivamente in elasticità, con conseguente aumento della F.d.A. nei voli successivi!

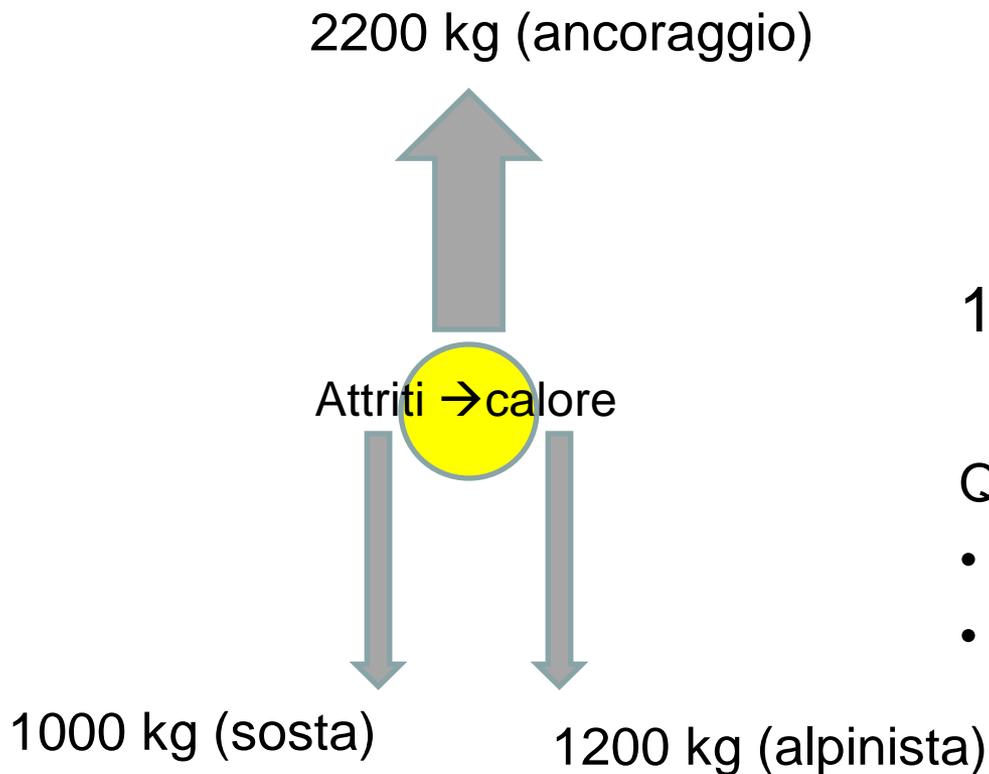
Rinvio – effetto carrucola (teorico)



Sull' ultimo ancoraggio, per effetto carrucola, si esercita una forza pari a circa 2 volte la forza d'arresto

$$1200 \text{ kg} + 1200 \text{ kg} = \mathbf{2400 \text{ kg}}$$

Rinvio – effetto carrucola (attriti)



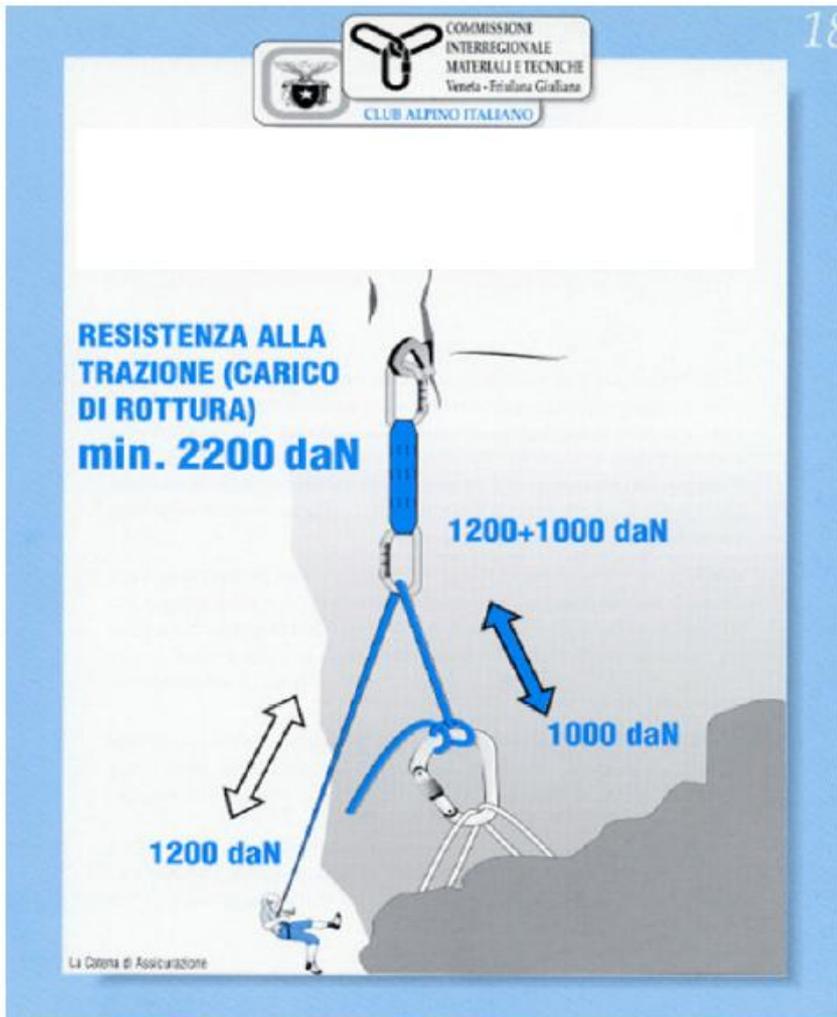
A causa degli attriti sul moschettone (angolo di 180° della corda) si dissipa fino a 1,7 volte il peso del carico:

$$1200 \text{ kg} + 1000 \text{ kg} = \mathbf{2200 \text{ kg}}$$

Quindi:

- carico max moschettone 2200 kg
- carico max fettuccia 2200 kg

Effetto carrucola



In generale sull' ultimo ancoraggio, per effetto carrucola, si esercita una forza pari a circa 2 volte la forza d'arresto.

Quindi una forza d'arresto bassa è essenziale per:

- l'incolumità dell'alpinista
- la tenuta degli ancoraggi

Assicurazione dinamica e funzione dei freni

Nella pratica alpinistica si effettua al primo di cordata una assicurazione “dinamica” , impiegando un FRENO che permetta lo scorrimento della corda dissipando parte dell’energia di caduta in attrito.

Nel caso di corda frenata non ha più senso parlare di fattore di caduta, a causa dello scorrimento della corda stessa.

La maggior parte dell’energia viene quindi dissipata dal sistema “mano-freno” e non più solamente dalla deformazione della corda (come nel caso della corda bloccata in sosta).

Tutti i freni hanno una caratteristica comune: a causa degli attriti “moltiplicano” l’effetto frenante corrispondente alla forza applicata dalla mano sulla corda.

Assicurazione dinamica e funzione dei freni

L'efficacia della frenata è quindi data dalla combinazione di due azioni: la forza esercitata dalla mano dell'assicuratore e dalla capacità frenante dell'assicuratore (fattore di moltiplicazione).

Ciò significa che lo stesso effetto frenante lo posso ottenere con un freno poco efficace applicando una grande forza con la mano, piuttosto che utilizzando un freno molto efficace e modulando una forza inferiore con la mano.

Questa seconda situazione è da considerarsi preferibile!

La capacità frenante è espressa dal “fattore di moltiplicazione della forza” definito come rapporto tra la forza nella corda a valle e la forza a monte del freno.

Freni a confronto :

½ barcaiole: FMF 8-12 se rami paralleli, 6-8 se rami a 180°

Tuber: FMF 1,5-2 se rami paralleli, 4-6 se rami a 180°

Prove di caduta con freno senza rinvio

Sono state eseguite differenti prove per misurare le sollecitazioni sulla sosta in caso di caduta con lunghezza del volo doppio rispetto alla lunghezza di corda interessata ed assicurazione con $\frac{1}{2}$ barcaiolo.

Si possono stabilire i seguenti raffronti:

- la sollecitazione sulla sosta è pari alla somma della forza generata dalla mano e da quella subita dall'alpinista che cade;
- la forza di arresto misurata con utilizzo del freno è decisamente inferiore rispetto al caso di corda bloccata;
- a parità di volo la forza di arresto può essere differente, in funzione della forza impressa da chi assicura e degli scorrimenti che ne derivano;
- lo scorrimento della corda nel freno è pari a circa $\frac{1}{3}$ della lunghezza del volo.

Prove di caduta con freno in presenza di rinvii

La prova è eseguita nelle seguenti condizioni:

- Freni: $\frac{1}{2}$ barcaiole, tuber direttamente in sosta
- Massa da 80 kg in caduta 2 metri sopra l'ultimo rinvio (lunghezza del volo pari a 4 metri).

Con una cella di carico viene misurata la sollecitazione sul rinvio, in conseguenza alla caduta.

Si possono trarre le seguenti conclusioni:

A parità di volo rispetto alla situazione senza rinvii intermedi si hanno scorrimenti inferiori; ciò è dovuto all'attrito sul moschettone che amplifica l'effetto mano/freno.

Il tuber è un freno più dinamico rispetto al $\frac{1}{2}$ barcaiole (generano forze di arresto inferiori e scorrimenti maggiori)

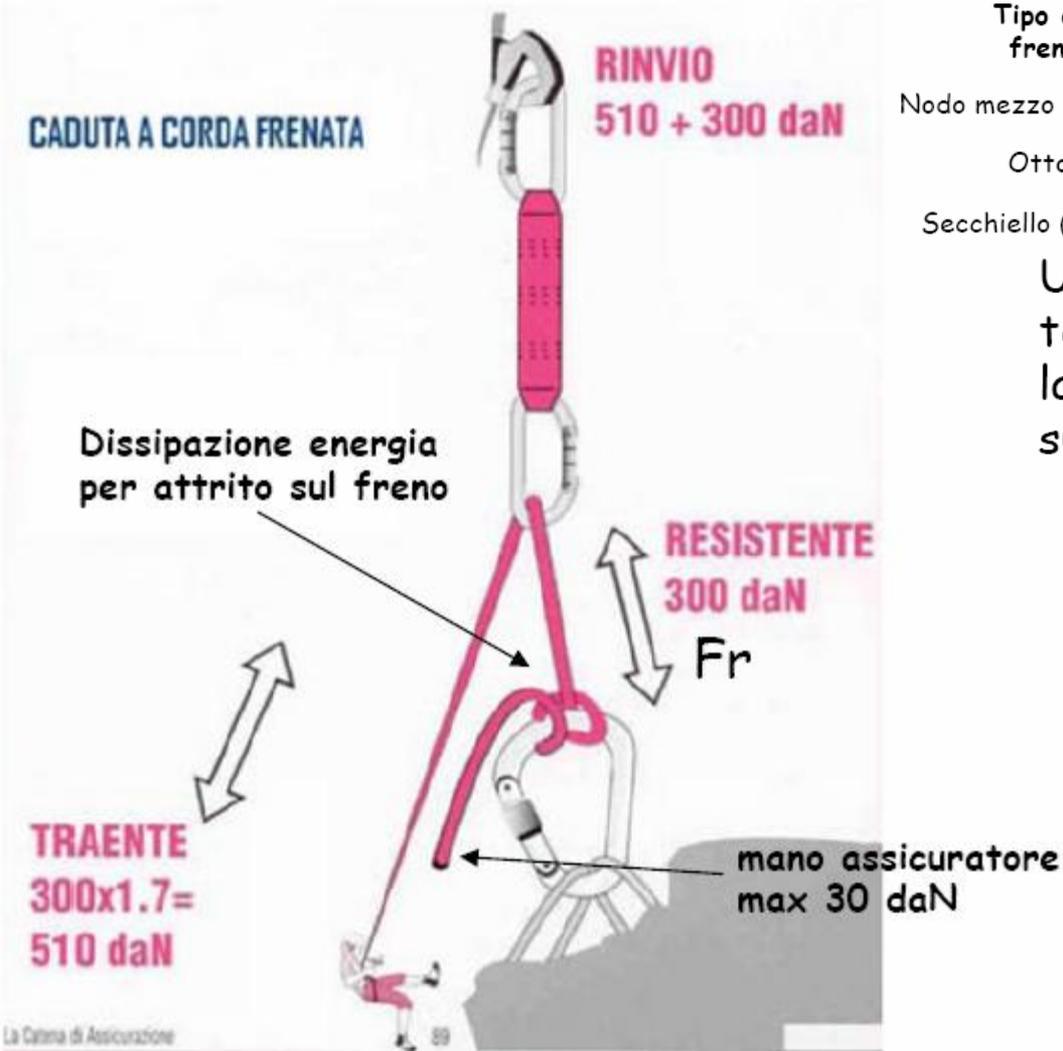
Prove di caduta con freno in presenza di rinvii

Si possono trarre le seguenti conclusioni (2):

- a parità di freno ed energie da dissipare, più l'azione della mano è energica, minori saranno gli scorrimenti e maggiori le forze di arresto;
- la sollecitazione sull'ultimo rinvio è con buona approssimazione circa il doppio della forza di arresto subita dall'alpinista.

In conclusione le prove di caduta con corda frenata permettono di affermare che è di fondamentale importanza per la sicurezza della cordata, posizionare il primo rinvio prima possibile, entro i primi 3m dalla sosta!

Un esempio



Tipo di freno	fattore di moltiplicazione	Max forza resistente (30 daN alla mano)
Nodo mezzo barcaiolo	~ 10	300 daN
Otto	~ 5	150 daN
Secchiello (Tuber)	~ 4	120 daN

Una volta raggiunto il limite di tenuta dell'assicuratore (~ 30 daN) la corda inizia a scivolare tra le sue mani e **scorrere** dentro il freno

Lo scorrimento della corda diminuisce al crescere del fattore di moltiplicazione del freno

Lo scorrimento della corda aumenta con l'altezza del volo

I freni diminuiscono molto le forze d'arresto



**PIASTRINA
STICHT**

Fattore di moltiplicazione basso. . .

- basse forze resistenti
- basse sollecitazioni sull' assicurato
- basse sollecitazioni sugli ancoraggi
- elevati scorrimenti
- rischio di ustioni per l'assicuratore in caso di voli lunghi
- ideale per piccoli voli su protezioni aleatorie (es. ghiaccio)



**MEZZO
BARCAIOLO**

Fattore di moltiplicazione alto. . .

- elevate forze resistenti
- elevate sollecitazioni sull' assicurato
- elevate sollecitazioni sugli ancoraggi
- bassi scorrimenti
- basso rischio di ustioni per l'assicuratore
- ideale per lunghi voli su protezioni sicure

Fasi della trattenuta dinamica

La trattenuta di una caduta è distinta in due fasi: inerziale e muscolare

Fase INERZIALE : ha durata breve (0,2 sec); la mano che trattiene la corda viene sollecitata e per inerzia trattiene la caduta

Fase MUSCOLARE: interviene l'azione dell'assicuratore che con la propria forza ed il proprio peso trattiene la caduta e regola/controlla lo scorrimento della corda

Rinvii angolati

Posso avere due situazioni:

- **rinvii** intermedi sufficientemente **allineati**, in modo da permettere andamento lineare della corda, e generare bassi attriti intermedi
- **rinvii** intermedi **angolati**, tali da generare angoli netti nel percorso definito dalla corda, con conseguenti forti attriti su di essa.

Nel primo caso la dissipazione dell'energia sarà prevalentemente in carico al sistema mano/freno, in minor misura all'elasticità della corda, basse forze di arresto; gli attriti intermedi bassi in questo caso aiutano!

Nel secondo caso, mi avvicino alla condizione di “corda bloccata”, quindi il freno non lavora e l'energia viene dissipata pressochè interamente nell'ultimo tratto di corda libera prima di bloccarsi a causa delle angolazioni dei rinvii intermedi; si generano forze di arresto elevate. In questo caso gli attriti intermedi NON aiutano!

Appendice : I materiali

La corda (UNI EN 892)

- corda dinamica per alpinismo:
 - corda “elastica” in grado di arrestare la caduta libera di una persona impegnata in una azione di alpinismo o di scalata con forza limitata
- corda singola:
 - corda dinamica per alpinismo che, se usata singolarmente, è in grado, come collegamento nella catena di sicurezza, di arrestare la caduta libera di una persona
- mezza corda:
 - corda dinamica per alpinismo che, se usata in coppia, è in grado, come collegamento nella catena di sicurezza, di arrestare la caduta libera di una persona
- corda gemellare:
 - corda dinamica per alpinismo in grado di arrestare la caduta libera di una persona quando viene usata in coppia ed in parallelo

La corda – i test

- La norma prevede che tutti i modelli di corda siano sottoposti a test che ne certifichino i valori di resistenza minima. Si distinguono test statici e test dinamici.
- **Rapporto di annodabilità:** la flessibilità della corda deve essere tale che il diametro interno di un nodo semplice opportunamente caricato non superi 1,1 volte il diametro effettivo della corda.
- **Scorrimento della guaina:** la corda viene tirata attraverso degli orifizi e l'attrito provoca lo scorrimento della guaina rispetto all'anima (scorrimento <20mm su un campione di 2 m).
- **Allungamento:** la deformabilità con un carico statico da 80 kg deve essere <10% per la singola e gemellari, <12% per la mezza.

La corda – i test

- **Resistenza dinamica** : la corda viene sottoposta a delle prove dinamiche di caduta che simulano la condizione più gravosa in esercizio, ovvero $FC=2$ con corda bloccata.
- Una corda semplice deve essere in grado di resistere senza rompersi ad almeno 5 cadute con massa di 80 kg con FA alla prima caduta inferiore a 12 kN.
- Una mezza corda deve essere in grado di resistere senza rompersi ad almeno 5 cadute con massa di 55 kg con FA alla prima caduta inferiore a 8 kN.
- Due gemellari insieme devono essere in grado di resistere senza rompersi ad almeno 12 cadute con massa di 80 kg con FA alla prima caduta inferiore a 12 kN.
- **Deformabilità dinamica**: viene misurata al Doderò non deve superare il 40% durante la prima caduta con massa di 80 kg per semplice e gemellari e 55 kg per mezza corda.



Caratteristiche costruttive della corda

CORDA SEMPLICE



MEZZA CORDA



CORDE GEMELLARI



Corda		Bergselli	Cuerdas
Modello	Primula	Edelweiss	Lirio rojo
Tipo di corda	Semplice	Einfachseil	Simple
Diametro nominale	11 mm	11 mm	11 mm
N° di cadute UIAA	8	8	8
Forza d'arresto	1200 daN	800 daN	1000 daN
Carico a rottura	2500 daN	2500 daN	2500 daN
Allungamento (80 kg)	7%	7%	7%
Flessibilità al nodo	0,8	0,8	0,8
Scorrimento calza	0	0	0

COSTRUZIONE

monofilamento:

nylon 6, nylon 6-6, polipropilene

realizzazione dei trefoli:

più monofilamenti attorcigliati = stoppino

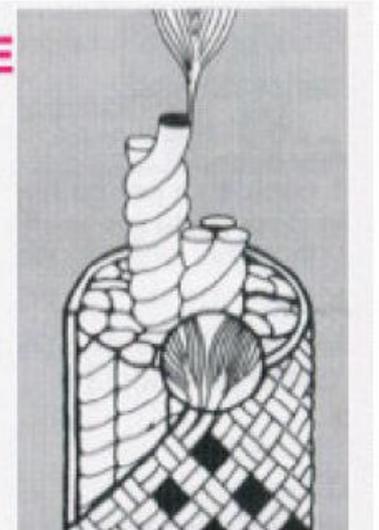
più stoppini attorcigliati = trefolo

corda:

anima + calza

anima = più trefoli attorcigliati

calza = più stoppini intrecciati



Cordini (UNI EN 564)

- Sono destinati a resistere a forze, non a dissipare energia mediate la loro deformazione.
- Il costruttore DEVE indicare sul rocchetto la norma EN 564, nome e marchio, diametro nominale o la resistenza di carico R_c .
- Regola per determinare il carico minimo che deve sopportare un cordino NON annodato:
 $R_c = d^2 \times 20$ (d è il diametro in mm; 20 fattore moltiplicativo daN/mm²)
Es. un cordino da 7 mm, $R_c = 9,8$ kN
- Fattore di riduzione del nodo: empirico 0,5
- Resistenza dell'anello chiuso :
 $R_{\text{anello}} = R_c \times n. \text{ rami} \times F_{\text{rid nodo}}$
Es. con cordino da 7 mm occorrono 4 rami affinché l'anello chiuso abbia resistenza da 20 kN

Fettucce (UNI EN 565-566)

- Sono destinati a resistere a forze, non a dissipare energia mediate la loro deformazione.
- Per le fettucce NON precucite il costruttore deve indicare la norma EN 565, il carico di rottura direttamente sulla fettuccia per mezzo di fili paralleli, colorati, equidistanti; ciascun filo indica 5 kN.
- Il carico di rottura è quindi $R_c = n. \text{ fili} \times 500 \text{ daN}$ (es. 3 fili = 1500 daN)
- Per le fettucce precucite il costruttore deve indicare la norma EN 566, il carico di rottura non inferiore a 2200 daN.
- Il carico di rottura è quindi $R_c = n. \text{ fili} \times 500 \text{ daN}$ (es. 3 fili = 1500 daN)

Cordini (trefoli ritorti + calza)

Diametro 4-8 mm

Simbolo UIAA sulla bobina

I cordini devono avere un carico minimo maggiore del prodotto del diametro (in mm) del cordino elevato al quadrato per un fattore $f=20 \text{ daN/mm}^2$

CARICO MINIMO DI ROTTURA

$$F > d^2 (\text{mm}) \cdot f$$

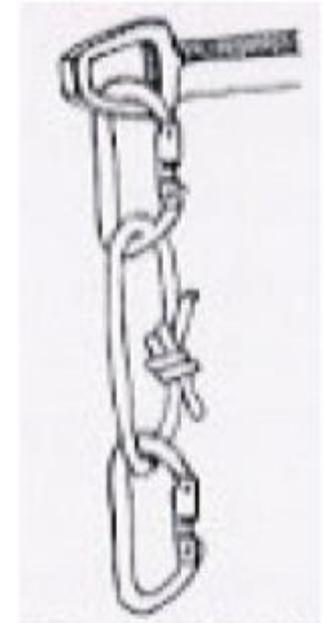
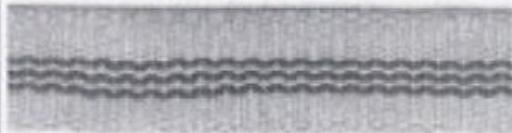
Fettucce (tessuto piatto o tubolare)

Simbolo UIAA sulla bobina

Spessore nominale minimo 1mm

Presenza di fili spia (resistenza nominale = $n^{\circ} \text{ fili} \cdot 500 \text{ daN}$) ben distinguibili. Se intaccata, non deve disfarsi completamente

FILI SPIA SULLE FETTUCCE



Carico a rottura dei cordini:

4 mm 320 daN

5 mm 500 daN

6 mm 720 daN

7 mm 980 daN

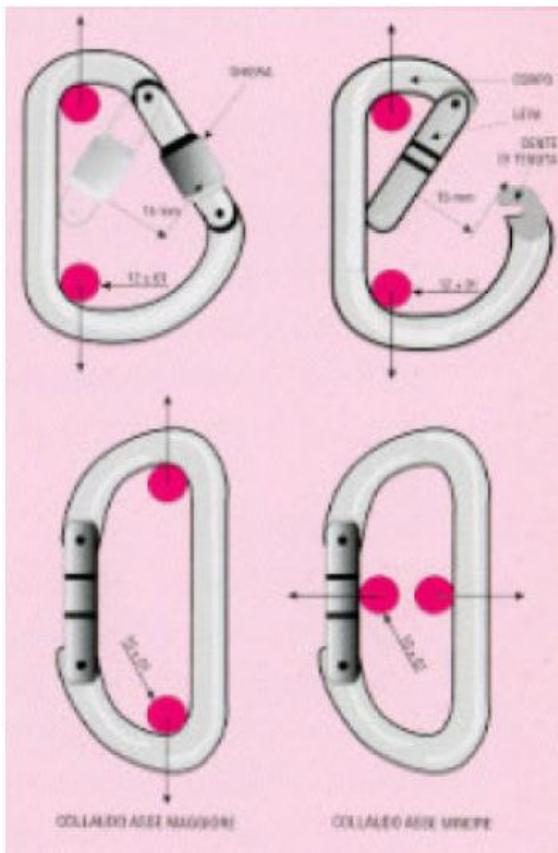
8 mm 1280 daN

Il nodo causa un fattore di riduzione pari a circa 0.5, cioè dimezza la resistenza del cordino

Spigoli e strozzi causano ulteriori fattori di riduzione

Moschettoni (UNI EN 12275)

- La normativa inserisce i moschettoni nei dispositivi chiamati connettori; sono classificati in 7 categorie:
 - B, base
 - H, per mezzo barcaiole
 - K, per ferrata
 - D, direzionale
 - A, per ancoraggi
 - Q, con chiusura a vite – maglie rapide
 - X, ovale
- Sul corpo del connettore devono essere riportati in modo indelebile:
 - Il tipo di moschettone
 - I valori di resistenza lungo le differenti direzioni
 - Nome/marchio del costruttore



La resistenza sull'asse maggiore a leva chiusa deve essere almeno di 2200 daN