



Centro Studi Materiali e Tecniche VFG



CORDE DINAMICHE da ALPINISMO

Norme e
caratteristiche costruttive

Approfondimenti:
Acqua, Sole, Usura



- Prima Parte -

CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:

NORME

e

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



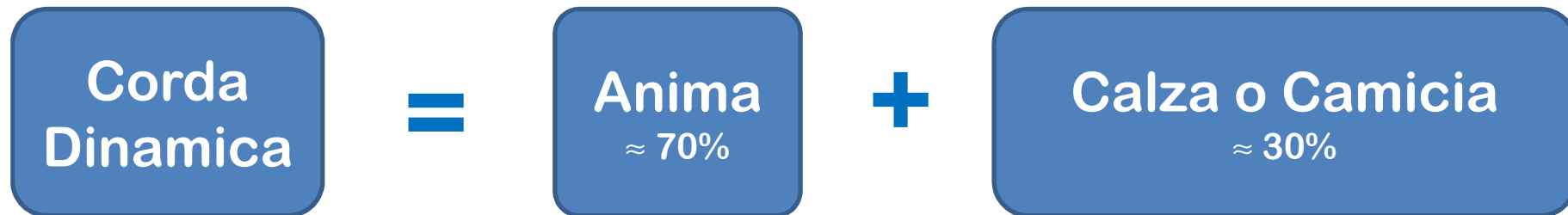
La **CORDA**

La Norma di riferimento è la EN 892 - UIAA 101

**è l'elemento principale della Catena di Assicurazione, essa
concorre con le sue caratteristiche meccaniche a
determinare le FORZE che interessano tutti gli elementi
della Catena di Assicurazione**



Com'è costruita una corda dinamica?

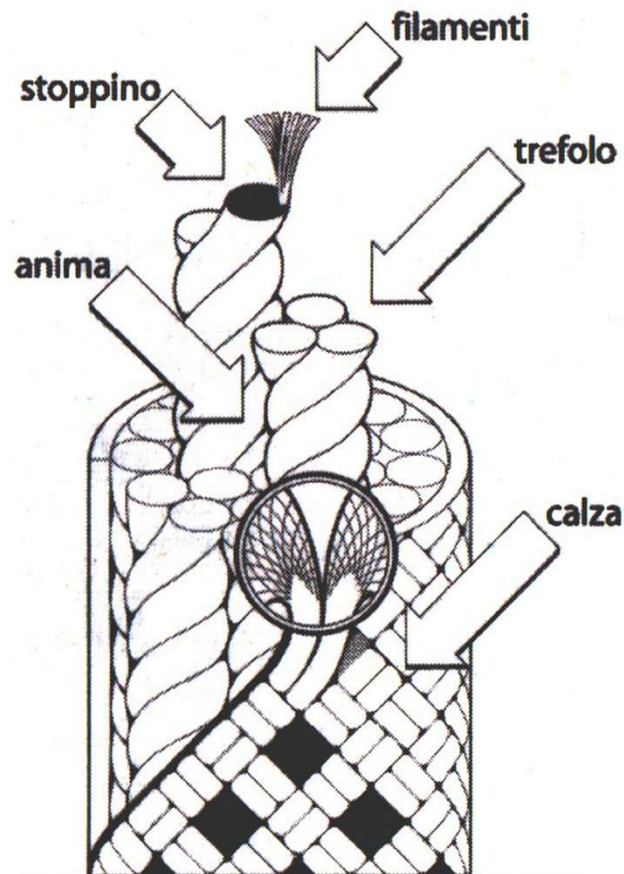


Entrambe costituite dallo stesso materiale:

- **Nylon 6** per polimerizzazione del caprolattame
- **Nylon 6/6** da sintesi di acido adipico e esametildiammina



ANIMA ...



Monofilamenti:

- lunghi quanto tutta la lunghezza della corda
- 60000 ÷ 70000 su una corda da 11 mm di diametro
- estremamente sottili: circa 30 μm (metà di un capello)
- In alcune corde sono trattati per ridurre l'assorbimento di acqua/umidità

Stoppino = insieme di più monofilamenti

Trefolo = insieme di più stoppini



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA ...

È costituita da un insieme di **Trefoli** il cui numero varia da costruttore a costruttore.

Generalmente compreso tra 8 e 15 in funzione del diametro della corda, anche se alcuni produttori usano un numero ridotto di 3 grossi trefoli intrecciati.





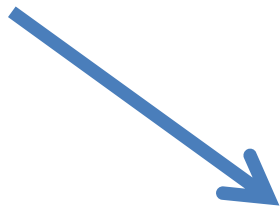
CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA ...

I **trefoli** possono essere realizzati secondo due modalità:

1) INTRECCIATI



tecnica
abituale in
uso una ventina
di anni fa



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

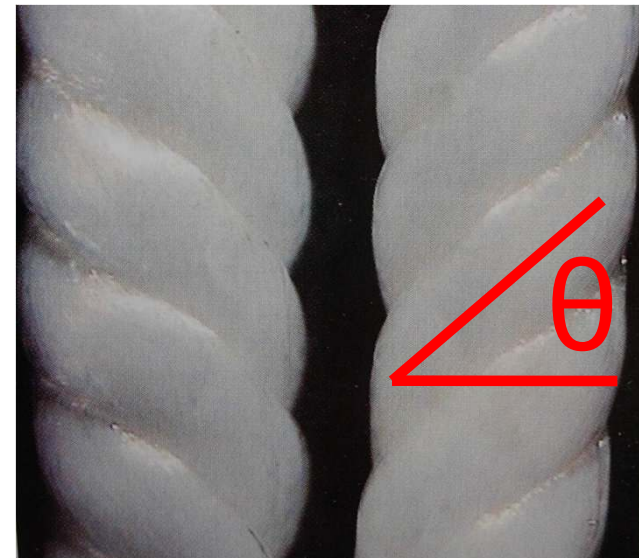


ANIMA ...

2) RITORTI

L'angolo di torsione " θ " contribuisce in modo determinante alle caratteristiche di elasticità di una corda.

Tanto più l'angolo è basso tanto più la corda è allungabile.



A parità di forza applicata, questa configurazione permette un allungamento maggiore rispetto alla configurazione a trefoli intrecciati.



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA ...

I Trefoli **RITORTI** possono assumere due differenti tipi di torsione: a "S", a "Z"

"S" →



← "Z"

Per evitare fastidiosi **effetti di attorcigliamento** della corda, i due tipi di trefoli sono presenti nell'anima della corda in uguale misura.



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



CALZA o CAMICIA ...

È un tessuto di costruzione tubolare ottenuto con intreccio di tipo “trama-ordito” di un insieme di fili detti **FUSI**.

Per dare un dato sulla capacità di una corda di resistere all’usura, alcuni costruttori indicano il numero di fusi, altri la percentuale della calza

Vediamo un esempio di queste due differenti modalità ...



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA e CALZA unite assieme ...

Un nuovo processo costruttivo ...

E' un processo tramite il quale l'anima e la calza vengono fisicamente unite formando un "corpo unico".

Due sono le case produttrici che sostanzialmente hanno a catalogo delle corde realizzate con questo sistema.



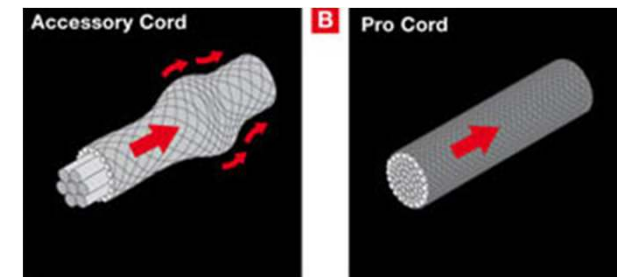
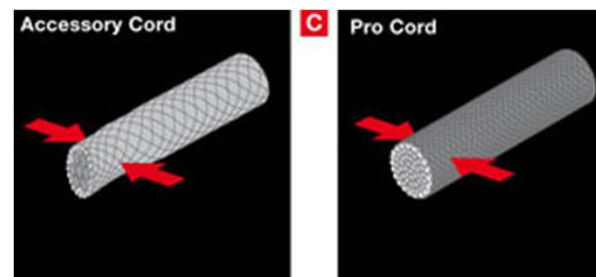
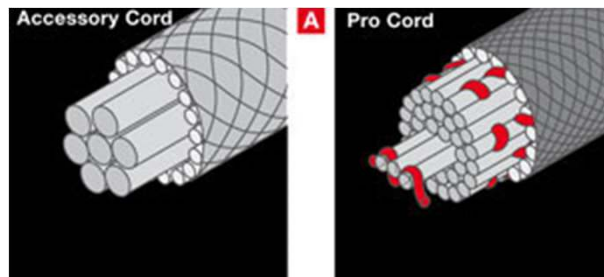


CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA e CALZA unite assieme. Un nuovo processo costruttivo.

**Una (svizzera), si limita ad utilizzare questa tecnologia solo per cordini ausiliari venduti in bobina;
Identifica questo processo produttivo dando il nome “PROCORD” a questo prodotto.**





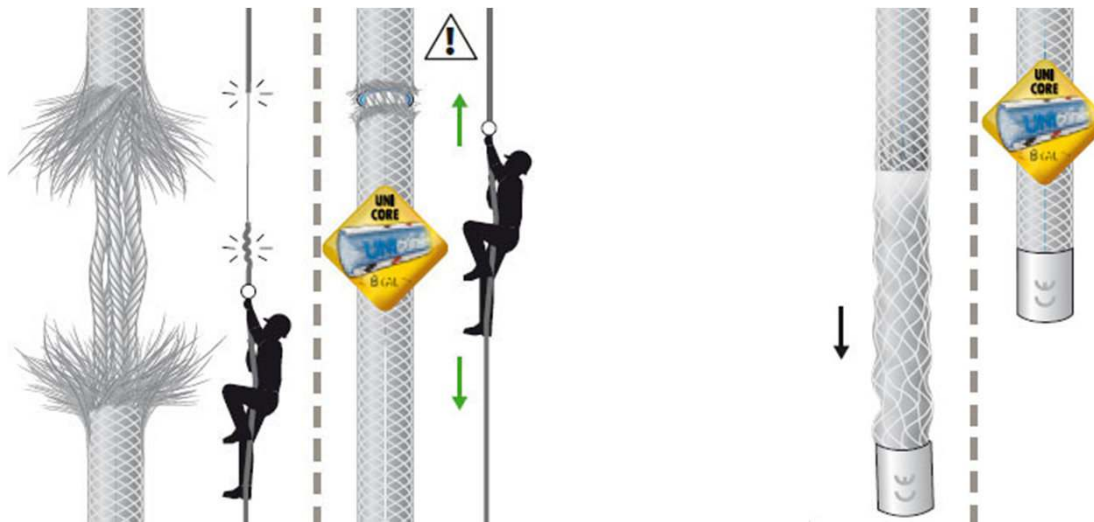
CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO: NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA e CALZA unite assieme. Un nuovo processo costruttivo.

L'altra (francese), utilizza questo sistema oltre che sulle corde semi statiche anche sulle corde dinamiche, siano esse intere, mezze o gemelle.

Identifica questa tecnologia col nome di processo "UNICORE"





CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



ANIMA e CALZA unite assieme. Un nuovo processo costruttivo.

Questo tipo di costruzione è particolarmente adatto quando utilizziamo la corda come «statica» (speleologia, soccorso, lavori in altezza, ecc.); in queste condizioni un eventuale lacerazione della calza elimina di fatto la possibilità che tutto ciò che è appeso a valle del taglio scivoli verso il basso.

Anche in campo più prettamente “alpinistico”, questo tipo di costruzione può essere utile quando ci troviamo a risalire una corda o quando lavoriamo molto in moulinette: si annulla l’eventuale scorrimento della calza.



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



Funzioni della corda dinamica e suoi tipi

La Funzione di una corda dinamica è quella di arrestare l'eventuale caduta di una persona con una

Forza di Arresto **LIMITATA**



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



Corda intera

si utilizza come
corda singola

1



ideale nei casi in cui la
discesa non si fa in
corda doppia

➤ **Corda singola**

Forza d'arresto, secondo EN892: $< 12 \text{ kN}$
 $m = 80 \text{ kg}$, corda singola



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO: NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



Mezza corda

si utilizza in
coppia

1/2

-ideali per discese a
corda doppia
-da preferire con punti
di ancoraggio aleatori
(es.: roccia friabile -
ghiaccio inconsistente)

- le corde possono
essere moschettonate
separatamente per
limitare la forza di
arresto in caso di volo

➤ Mezza corda

Forza d'arresto, secondo EN892: < 8 kN
m = 55 kg, corda singola

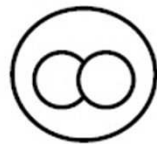


CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO: NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



Corde gemellari

si utilizzano come
fosse una corda singola



- entrambe le corde devono sempre passare nel moschettone
- ideali per discese a corda doppia

➤ Corda gemellare

Forza d'arresto, secondo EN892: $< 12 \text{ kN}$
 $m = 80 \text{ kg}$, corde accoppiate



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO:
NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE



Perché questi valori di forza d'arresto?

Studi aeronautici fatti per dimensionare i paracadute hanno dimostrato che le parti molli che compongono il corpo umano possono resistere per brevi periodi ad una accelerazione/decelerazione di 15 g.

$$\text{Per cui : } 15 \cdot 9,81 \cdot 80 = 11772 \text{ N} \approx 1200 \text{ Kg}$$

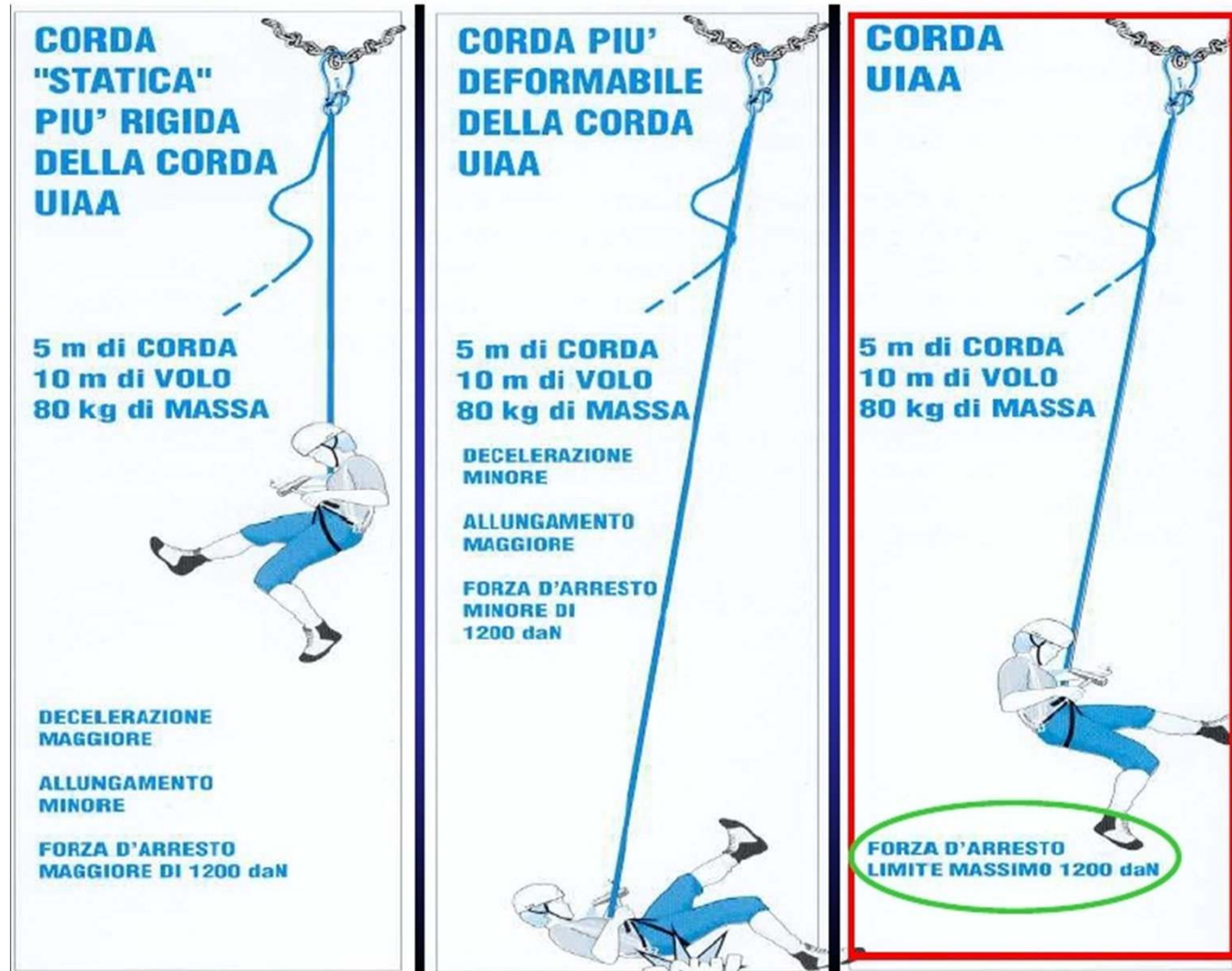
ATTENZIONE: 15 g a testa in su e con l'imbracatura!

A testa in giù tale limite di sicurezza si abbassa a 2÷3 g.

Nel Bungeing gli elastici danno decelerazioni pari a 1÷2 g.



CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO: NORME e CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE





- Seconda Parte -

CORDE DINAMICHE DA ALPINISMO: APPROFONDIMENTI...



Acqua ...



Usura ...



Sole ...



L'effetto dell' ACQUA sul Nylon ...



E' stato fatto uno studio per valutare un eventuale decadimento delle caratteristiche delle corde bagnate.



CORDE SINGOLE



MEZZE CORDE

Le prove hanno dimostrato che la presenza di acqua e/o ghiaccio produce un cambiamento importante nelle proprietà del Nylon.



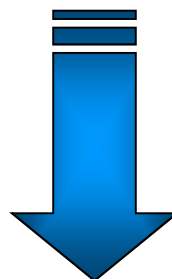
L'effetto dell'acqua...



L'effetto dell'acqua sulle CORDE SINGOLE ...

Si sono eseguite delle prove utilizzando:

- ✓ Corda nuova, diametro 10,5 mm: normale
- ✓ Corda nuova, diametro 10,5 mm: con trattamento Dry
- ✓ Corda usata, diametro 10,5 mm: normale





L'effetto dell'acqua...



La resistenza dinamica, cioè il numero delle cadute sopportate al Doderò, decade vistosamente!

Soprattutto per le corde bagnate (siano esse nuove o usate, dry e non), mentre per le corde ghiacciate il decadimento è più contenuto





L'effetto dell'acqua...



	n° cadute di riferimento	Corda bagnata	Corda ghiacciata
Corda nuova	8-9 FA = 916 daN	2-3 FA = 1004 daN	4-5 FA = 844 daN
Corda usata	4	1-2	3



L'effetto dell'acqua...



L'effetto dell'acqua sulle MEZZE CORDE ...

Le prove sono state eseguite al Dodero su singolo campione asciutto e bagnato con FC 1 e 2.

Le prove con corda asciutta a FC = 1 sono state sospese al superamento della 6a caduta.

La forza d'arresto (FA) riportata è riferita alla 1a caduta .

Test Massa = 80 kg ; Fattore di caduta = 1 e 2



L'effetto dell'acqua...



Tipo di mezza corda	FC	N° cadute	FA 1^ caduta	Condizioni corda
Mammut Genesis mm 8.5 n° cadute a FC 2 = 12 FA = 630 daN	1	>6	555	asciutta
	1	>6	552	asciutta
	1	>6	554	asciutta
	1	4	620	3 h in acqua
	1	4	614	3 h in acqua
	1	4	612	3 h in acqua
	2	1	833	asciutta
	2	1	823	asciutta
	2	1	831	asciutta
	2	1	830	6 h in acqua
	2	1	896	6 h in acqua
	2	0	840	6 h in acqua
Beal Ice Line mm 8.1 n° cadute a FC 2 = 9 FA = 470 daN	1	>6	451	asciutta
	1	>6	453	asciutta
	1	>6	449	asciutta
	1	4	491	7 h in acqua
	1	4	502	7 h in acqua
	1	3	477	7 h in acqua
	2	1	617	asciutta
	2	1	656	asciutta
	2	1	653	asciutta
	2	0	684	5 h in acqua
	2	0	648	5 h in acqua
	2	0	651	3 h in acqua
Roca Tasmania mm 9 n° cadute a FC 2 = 16 FA = 600 daN	1	>6	512	asciutta
	1	>6	506	asciutta
	1	>6	510	asciutta
	1	4	537	6 h in acqua
	1	2	538	6 h in acqua
	1	5	534	4 h in acqua
	2	3	756	asciutta
	2	2	743	asciutta
	2	1	751	asciutta
	2	2	793	5 h in acqua
	2	0	725	5 h in acqua
	2	0	722	5 h in acqua



L'effetto dell'acqua...



**In una corda bagnata e/o ghiacciata
succedono 2 cose:**

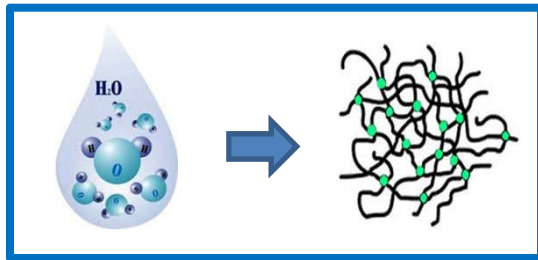
- 1) Diminuisce la resistenza dinamica.**
- 2) Aumenta la FA alla prima caduta.**



L'effetto dell'acqua...



Perché succedono questi cambiamenti?

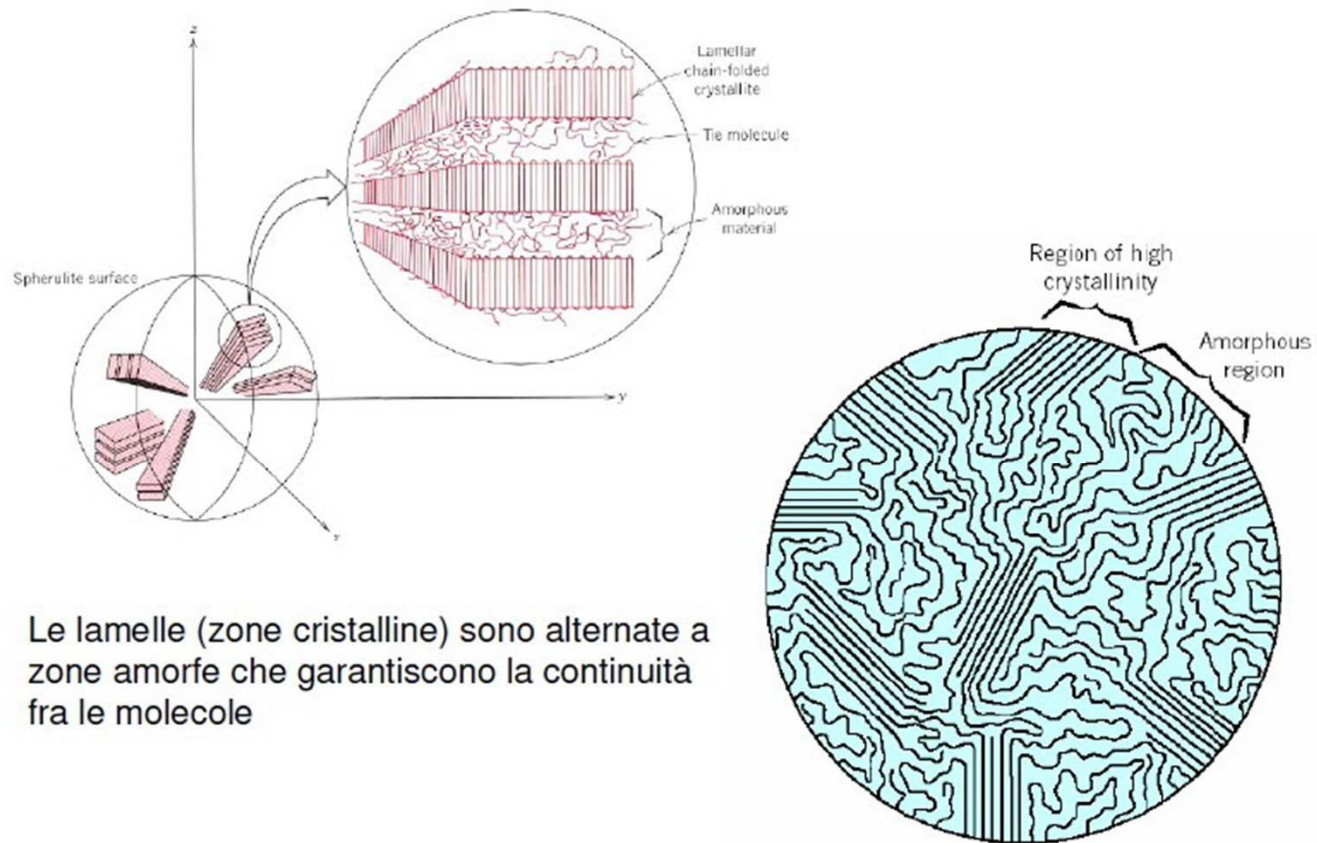


↓ T_g

↓ E



Modelli morfologici Termoplastici Semicristallini





L'effetto dell'acqua...



Perché succedono questi cambiamenti?

Perché la molecola d'acqua entra nella **frazione amorfa mobile (MAF)** del polimero, variandone la **Temperatura di transizione vetrosa (T_g)** e agendo come un **plastificante**.

Cos'è la Temperatura di Transizione Vetrosa?

“... E' la temperatura al di sotto della quale le catene sono relativamente immobili e il materiale presenta le caratteristiche di durezza e fragilità di un vetro.”

G. Scarinci, D. Rosa Festa, “Le materie plastiche” Pàtron Editore-Bologna



L'effetto dell'acqua...



Proviamo a spiegarlo in altre parole ...

“... la temperatura in corrispondenza della quale viene modificata la mobilità della parte amorfa è detta temperatura di transizione vetrosa T_g (dall'inglese glass temperature), poiché il comportamento del materiale dal punto di vista cristallografico è simile a quello che avviene per il vetro (solido amorfo per antonomasia), quando viene portato a rammollimento/fusione.

La T_g è quindi la temperatura in cui la parte amorfa passa da uno stato relativamente rigido ad uno con mobilità aumentata, ossia più plastico; tutti i polimeri, in genere, al di sopra di tale temperatura si possono deformare proprio per effetto di questa maggior plasticità ... ”

Gigi Signoretti “L'acqua che non ti aspetti”; La Rivista del CAI, gennaio-febbraio 2001

Consultabile anche su www.caimateriali.org

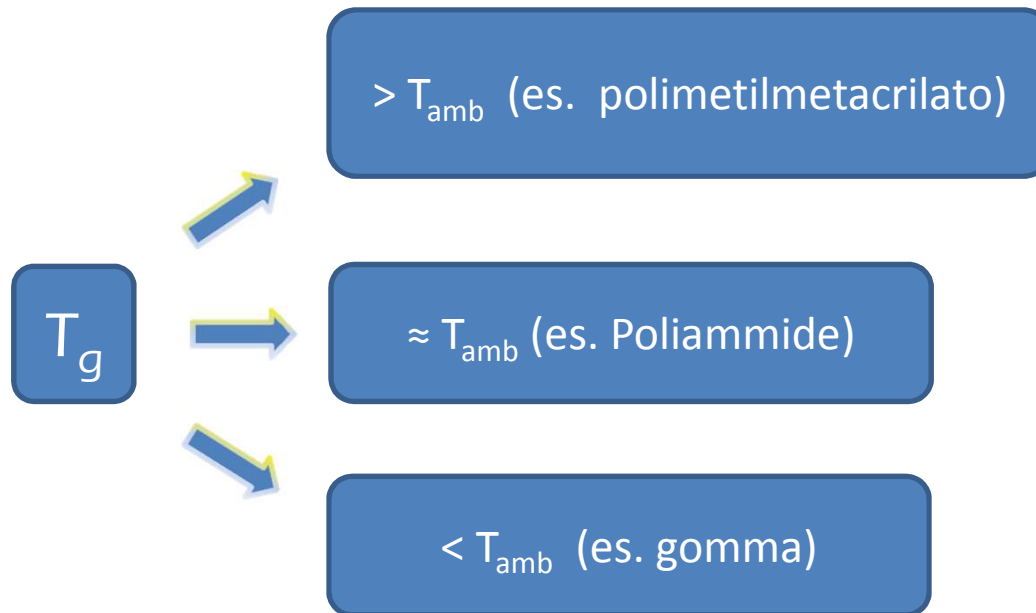
(Articolo e Dispense / materiali / corde)



L'effetto dell'acqua...



Influenza della T_g sui polimeri ...



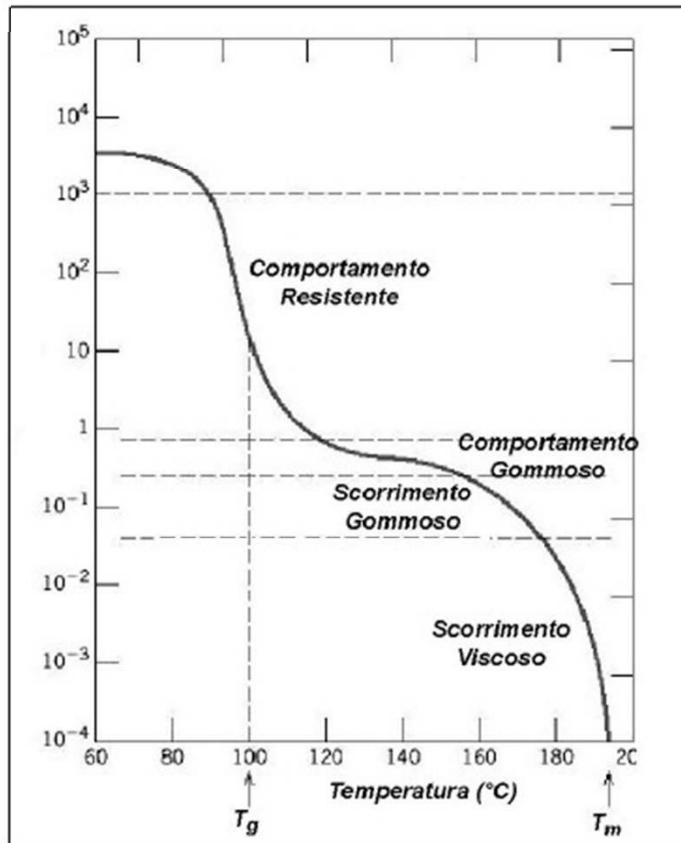


I Polimeri ...



Termoplastici

Modulo Elastico vs Temperatura



- All'aumentare della temperatura diminuisce la rigidezza
- Comportamento resistente a bassa temperatura
- Scorrimento viscoso ad alta temperatura
- Brusco calo del modulo elastico in corrispondenza di una temperatura particolare, detta TEMPERATURA DI TRANSIZIONE VETROSA



L'effetto dell'acqua...



Proprietà	Metodi di prova	Unità di misura	Nylon 6	Nylon 6 + MO2	Nylon + F.V.	Nylon Colato	Nylon 6.6
Caratteristiche Meccaniche							
Peso Specifico	DIN 53479	g/cm ³	1,14	1,14	1,35	1,15	1,15
Resistenza alla trazione	DIN 53455	N/mm ²	80 60	80 60	180 120	85 60	90 70
Allungamento a rottura	DIN 53455	%	30 → 200 →	30	4 7	20 100	30 → 150 →
Modulo di elasticità di trazione	DIN 53457	N/mm ²	3000 → 1500 →	3000 1500	9000 7000	3300 2000	3300 → 2000 →
Sollecitazione limite di flessione	DIN 53452	N/mm ²	130 40	130 40	190 130	140 60	140 70
Resistenza	DIN 53453	kJ/m ²	KB	KB	55	KB	KB
Resistenza con intaglio	DIN 53453	kJ/m ²	>3 KB	>3 KB	-	>4 KB	>3 >15
Durezza con pressatore a sfera	DIN53456	N/mm ²	130 40	130 40	190 130	140 60	140 70
Tensione di allungamento	DIN53444	1%/1000h	>5	>5	>35 >21	>6	>6
Tensione di allungamento	DIN53444	2%/1000h	>9	>9	-	>10	>12
Coef. attrito contro acciaio, a secco		-	0,38-0,42	0,38-0,42	0,45-0,50	0,20-0,35	0,35-0,45
Assorbimento di umidità %		%	2,5 - 4,0	2,0 - 3,5	2,0 - 2,5	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0

→ = SECCO

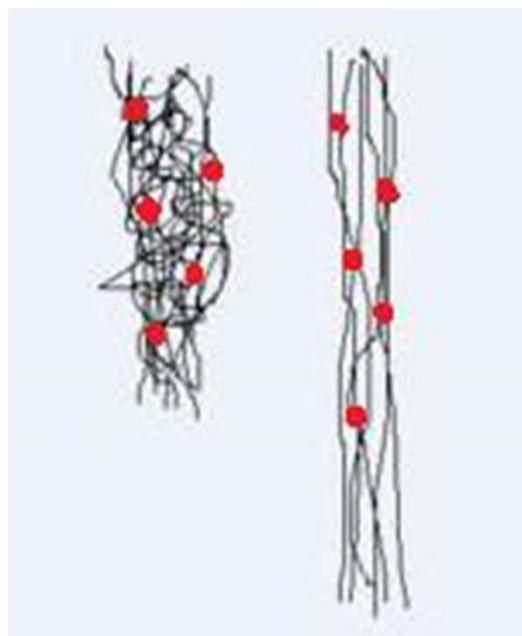
→ = SATURO D'ACQUA



L'effetto dell'acqua...



Perché la FA aumenta con corda bagnata e diminuisce con corda ghiacciata?





L'effetto dell'acqua...



Influenza della T_g sui polimeri ...

Semplificando, potremmo affermare che:
“eseguire un test al Dodero a temperatura ambiente su una corda bagnata, equivale a testare una corda asciutta a 80-100 °C”

“Manuali CAI - I materiali da alpinismo”

E' interessante notare come una volta asciugata, la corda ritorna alle caratteristiche che aveva prima di bagnarsi.



L'effetto dei raggi UV ...



Verifiche effettuate sia in laboratorio, sia esponendo corde alla luce solare:

- **Rifugio Carestiato (Civetta-Moiazza) 1834 m s.l.m.**
- **Rifugio Kostner (Sella-Pordoi) 2550 m s.l.m.**



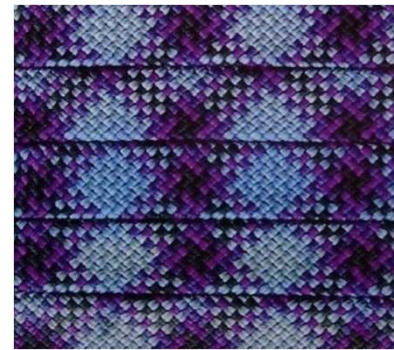


L' effetto dei raggi UV...



E' stato rilevato che esiste una certa correlazione tra decolorazione del filamento e decadimento delle proprietà meccaniche.

Sono stati eseguiti dei test al Dodero su corde lasciate esposte al sole a quote diverse: Rif. Carestiato (m 1834) e Rif. Kostner (m 2250).



8 sett. xeno test

4 sett. xeno test

Corda nuova

46 gg. Rif. Kostner

85 gg. Rif. Kostner

Il colore sbiadisce di più nei colori brillanti e nei colori moda quali il verde acido e il fucsia. Si ritiene che ciò avvenga per una non meglio precisata azione catalitica dovuta alla struttura chimica del colorante peraltro descritta anche in letteratura.



L' effetto dei raggi UV...



corda	dati dichiarati produttore	test Dodero standard	corda nuova (riferimento)	Rif. Carestiato		Rif. Kostner	
				dopo 45 gg	dopo 93 gg	dopo 52 gg	dopo 96 gg
	720	Forza d'arresto daN	784	778	772	781	759
A	16	Nr cadute	13	11	11,5	12	10
	-	Variatz. nr. cadute %	100	84,6	88,5	92,3	76,9
	1000	Forza d'arresto daN	967	977	977	949	960
B	10	Nr cadute	10	9	9,5	7	5,5
	-	Variatz. nr. cadute %	100	90	95	10	55
	1080	Forza d'arresto daN	937	945	953	944	933
C	13	Nr cadute	13	10,5	9,5	7	6,5
	-	Variatz. nr. cadute %	100	80,8	73,1	53,8	50
	805	Forza d'arresto daN	1003	990	1002	1010	981
D	13	Nr cadute	12	12	10,5	8,5	6,5
	-	Variatz. nr. cadute %	100	100	87,5	70,8	54,2
	790	Forza d'arresto daN	860	851	854	828	852
E	10	Nr cadute	12,7	11	10,5	9,5	9
	-	Variatz. nr. cadute %	100	86,6	82,7	74,8	70,9



L'effetto dei raggi UV...



Dai risultati ottenuti si osserva che - dopo circa tre mesi di esposizione - le corde in esame sono in grado di sopportare:

- al Rif. Kostner (2550 m s.l.m.), il 65% del numero di cadute iniziale
- al Rif. Carestiato (1834 m s.l.m.), l'85% di resistenza dinamica residua



Per corde di ottima qualità come quelle in esame
(da nuove, almeno 9-10 cadute al Dodero)
lo "stato di salute" generale dopo tre mesi di esposizione è ancora
sufficientemente buono:
il numero di cadute è superiore a 5, valore minimo prescritto per le corde
nuove.



USURA



E' questa la *causa principale* del decadimento delle prestazioni di una corda !!!



Da cosa deriva?

- ✘ discese a corda doppia
- ✘ lavoro in moulinette
- ✘ lavoro su freni
- ✘ sfregamenti contro la parete



Qualsiasi scorrimento della corda crea usura !



Usura...



L'importanza della calza o camicia ...

Abbiamo detto che una corda è composta dall'anima e dalla camicia.

Ma in che proporzione questi due elementi concorrono alla resistenza della corda?

✓ ANIMA: 70%

✓ CAMICIA: 30%



La CAMICIA concorre in modo **IMPORTANTE** alla resistenza della corda !!!



Usura...



Test al Dodero STANDARD

CAMPIONE	FORZA di ARRESTO	NUMERO CADUTE
Corda nuova - integra	910	8-9

E se eseguo lo stesso test con la camicia tagliata ?



Il numero delle cadute sopportate si abbassa drasticamente



Usura...



I risultati delle prove mettono in luce la

NON PROPORZIONALITA'

tra resistenza statica e dinamica!

Se la CAMICIA è tagliata passiamo da:

8-9 colpi a ... **1 !!!**

e stiamo parlando di corda NUOVA !!!



Usura...



E' importante dunque prestare molta attenzione allo stato di conservazione della camicia.

Valutare quanti fili sono rotti (corda "pile" o ingrossata).



La percentuale di fili rotti è proporzionale all'indebolimento della corda.

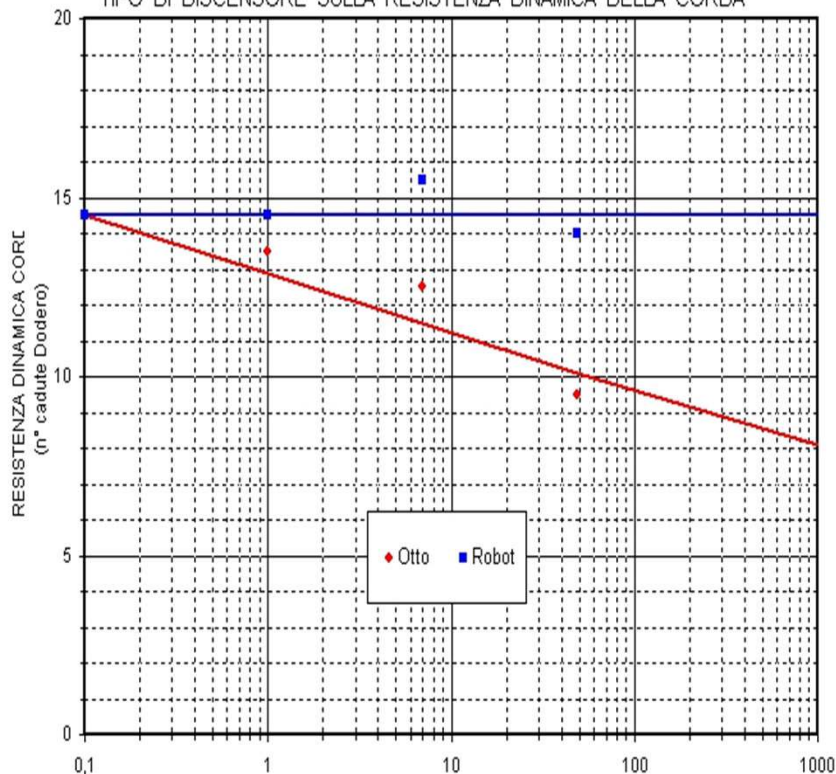


Usura...



USURA per DISCESE a CORDA DOPPIA

EFFETTO DEL NUMERO DI CALATE A CORDA DOPPIA E DEL TIPO DI DISCENSORE SULLA RESISTENZA DINAMICA DELLA CORDA



Effetto del numero di calate a corda doppia e del tipo di discensore sulle prestazioni di resistenza dinamica della corda

TRATTAMENTO		TEST DODERO STANDARD		
		FORZA D'ARRESTO daN	N° CADUTE	RESISTENZA RESIDUA
CORDA NUOVA		898 - 868	14 - 15	100%
DISCENSORE OTTO	Dopo 1 calata	876 - 896	13 - 14	93%
	Dopo 7 calate	870 - 880	11 - 14	86%
	Dopo 49 calate	888 - 874	9 - 10	65%
DISCENSORE ROBOT	Dopo 1 calata	884 - 880	14 - 15	100%
	Dopo 7 calate	878 - 890	14 - 17	107%
	Dopo 49 calate	870 - 862	13 - 15	97%

Influisce molto il tipo di DISCENSORE usato!



Usura...



Corda Nuova

“Discensore Robot”

49 Calate

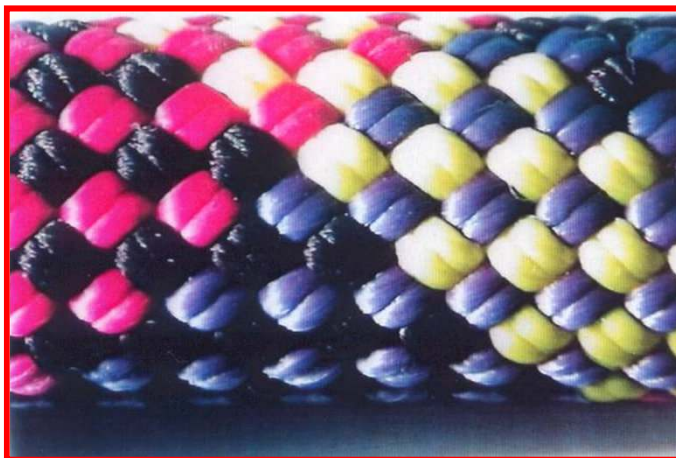


Corde dinamiche da Alpinismo
- Norme, caratteristiche costruttive, approfondimenti -

Massimo Polato



Usura...



7 Calate

“Discensore OTTO”

49 Calate



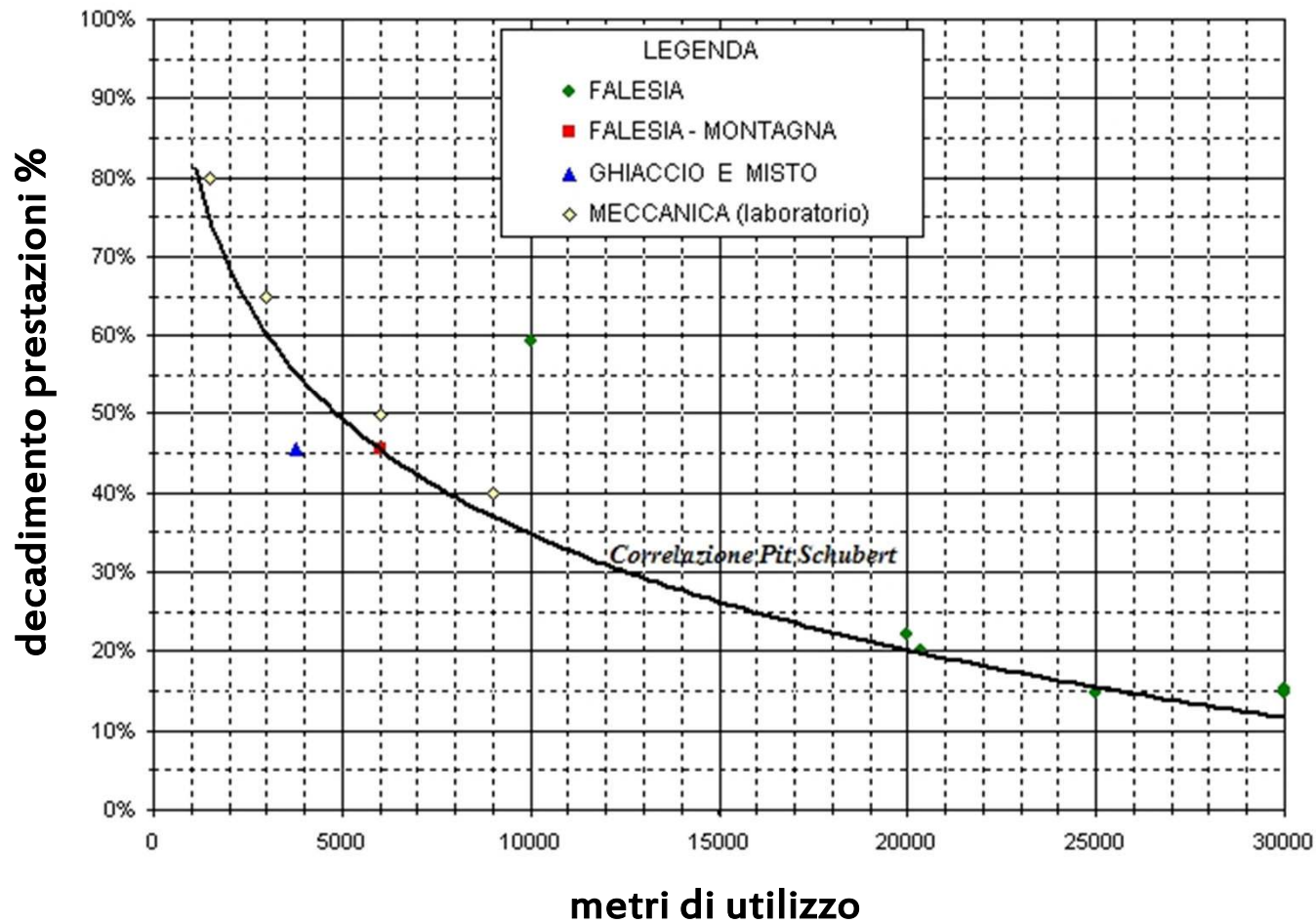


Usura...

USURA in Ambiente



DECADIMENTO DELLA RESISTENZA DINAMICA DELLA CORDA
PER EFFETTO DELL'USURA IN VARIE CONDIZIONI OPERATIVE





Usura - conclusioni ...



Acquistare corde in conformità alle seguenti indicazioni:

- $FA < 1200$ daN
- peso della corda sui $75 \div 80$ gr/m
- numero di cadute al Dodero almeno $10 \div 12$

offre certamente garanzie di sicurezza anche per [uso prolungato](#).

Attento esame visivo e tattile dopo ogni uso.

Compilazione di un diario giornaliero su cui annotare i metri di arrampicata distinguendo tra metri effettivi di progressione ed i metri di arrampicata in moulinette o corda doppia.

I danni arrecati dall'arrampicata in moulinette e/o da piccoli voli tipici dell'arrampicata sportiva, quasi sempre sopportabili in falesia, potrebbero risultare fatali al primo volo serio in montagna.

Non usate la stessa corda per l'arrampicata sportiva e la pratica alpinistica in montagna!



Riferimenti

Gli argomenti esposti in questo pdf sono contenuti in vari articoli pubblicati, negli anni, nella rivista del CAI.

Li trovate tutti in formato digitale nel sito del CSMT:

www.caimateriali.org

(Articoli e Dispense → Materiali → Corde)



Centro Studi Materiali e Tecniche - VFG



Grazie per l'attenzione.



**Corde dinamiche da Alpinismo
- Norme, caratteristiche costruttive, approfondimenti -**

Massimo Polato