



# .corde.sole .e.acqua.in .arrampicata .e.in.laboratorio

.di.giuliano.bressan.e.gigi.signoretti  
.commissione.materiali.e.tecniche.CAI.  
.immagini.di.gigi.signoretti.



### **.decadimento delle prestazioni dinamiche delle corde per effetto della luce solare e dell'acqua [\*]**

Abbiamo esaminato nel numero precedente dell'Annuario il decadimento delle prestazioni dinamiche delle corde per effetto dell'usura. E' questo un argomento senza dubbio di grande attualità, molto sentito dagli utenti della montagna, essenziale per quelle strutture che operano fornendo servizi altamente professionali quali le guide alpine, i volontari del Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico, gli istruttori delle Scuole di Alpinismo e di Sci Alpinismo.

Ricordiamo come l'analisi sul decadimento delle prestazioni dinamiche delle corde causato sia da effetti usura che da effetti ambientali, si presenta assai complessa; lo studio richiederebbe inoltre mezzi di ricerca ben superiori a quelli sino ad ora impiegati dalle varie associazioni dell'UIAA in considerazione

anche del fatto che, almeno fino ad oggi, non è stato possibile contare sull'appoggio di produttori di filato e costruttori di corde.

Prenderemo ora in esame il decadimento delle proprietà fisico-meccaniche dei filamenti di nylon che costituiscono le moderne corde da alpinismo, causato sia per l'esposizione ai raggi UV "effetto luce solare", sia per imbibizione con acqua "effetto acqua/ghiaccio".

Dare una risposta ai vari quesiti, che queste problematiche possono generare, non è facile. Cercheremo di esporre l'argomento nella maniera più semplice possibile e di chiarire alcuni aspetti fondamentali del fenomeno (anche alla luce di recenti osservazioni sperimentali condotte), sgomberando soprattutto il campo da falsi preconcetti.

#### .note introduttive

Com'è noto, le moderne corde per alpinismo sono costruite con una struttura del tipo calza-anima e sono costituite da sottili fili continui di nylon - in prevalenza poliammide 6 [a] - aventi spessore di circa 30 micron (ossia 30 millesimi di millimetro, vale a dire la metà di un normale capello). Una corda "semplice" ne può contenere fino a 60-70 mila [1].

La scelta dei filamenti di nylon per la costruzione di corde in generale - e delle corde per alpinismo in particolare - è dovuta alle eccellenti proprietà tensili di queste fibre sintetiche:

- notevole resistenza alla trazione
- elevato allungamento a rottura
- buon recupero elastico (ossia sostanziale mantenimento delle proprietà fisico-meccaniche e dimensionali anche dopo sollecitazioni relativamente elevate)
- ottima maneggevolezza che si traduce in buona funzionalità.

Tuttavia, per quanto concerne l'impiego in campo alpinistico, non si può certo dire di essere al top. È ben noto infatti che:

- le proprietà tensili dei fili di nylon decadono fortemente quando sono sottoposti a compressioni laterali (effetto nodo, spigolo, ecc.)

- essi si rompono facilmente per semplice sfregamento sulla roccia (scarsa resistenza all'abrasione)

- le loro caratteristiche fisico-meccaniche vengono sensibilmente modificate dall'azione delle radiazioni ultraviolette che sono presenti nella luce solare

- l'acqua diminuisce il numero di cadute sopportate dalla corda al Doderò [b].

Sulla base di queste considerazioni, la Commissione Materiali e Tecniche del CAI ha voluto approfondire la conoscenza di alcuni di questi comportamenti (comuni a quasi tutte le fibre sintetiche e poco studiati per quanto riguarda i materiali alpinistici) programmando l'esecuzione di una sperimentazione a largo respiro sia in laboratorio che sul campo, ossia in montagna e/o in falesia.

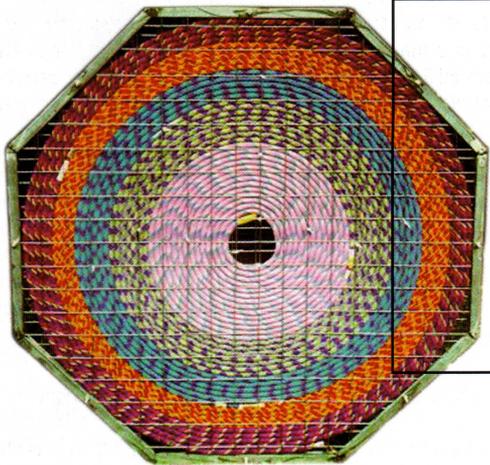
#### .Corde e luce solare: una questione di... colore [2]

Come accennato nella nota introduttiva, l'esposizione al sole dei filamenti di nylon provoca un decadimento irreversibile delle loro proprietà fisico-meccaniche a causa di fenomeni che vengono attivati dalle radiazioni ultraviolette presenti nella luce solare. Si tratta di processi foto-ossidativi che modificano permanentemente la struttura chimica della macromolecola, poiché si innesca la cosiddetta depolimerizzazione (ossia una sorta di disgregazione della catena polimerica di cui il nylon è costituito) che determina una perdita di resistenza e di elasticità del materiale. Questi effetti possono essere riprodotti anche in laboratorio usando idonea luce artificiale.

È possibile limitare tali inconvenienti mediante un'opportuna stabilizzazione fotochimica dei filamenti di nylon, che può essere eseguita utilizzando degli UV-protettori analoghi a quelli delle creme solari (ossia prodotti che agiscono come filtri protettivi con effetto schermante per le radiazioni di determinate lunghezza d'onda), oppure

#### .foto 1-2

L'esposizione alla luce solare è stata eseguita disponendo a spirale gli spezzoni di corda all'interno di un supporto metallico del diametro di ca. 1 m costituito essenzialmente da una gabbia a rete d'acciaio (vedi foto n. 1). I supporti sono stati piazzati sulla facciata sud dei rifugi (vedi es. rifugio Kostner - foto n. 2) per tutta la stagione estiva, vale a dire da fine giugno a fine settembre.



con idonei prodotti antiossidanti [3] [4].

Si tratta comunque di processi - quello di fotodegradazione del nylon e della sua stabilizzazione - che, per quanto molto studiati, sono assai complessi e difficili da prevedere appieno nel loro decorso. Per quanto riguarda poi i materiali impiegati nel settore alpinistico, le conoscenze sono alquanto scarse, tanto che l'alpinista non è assolutamente in grado di dar risposta a domande del tipo: di che entità può essere il decadimento delle caratteristiche meccaniche dei filamenti della camicia e dell'anima delle corde per effetto della luce solare? Quanto può influire tale decadimento sulla rapidità di usura della corda e sul suo comportamento in campo dinamico?

#### .la sperimentazione sul campo

Per dare risposta a questi e ad altri interrogativi, è stata programmata un'ampia sperimentazione nel corso della quale corde per alpinismo di cinque diversi produttori, scelte tra quelle maggiormente in uso, sono state esposte sia alla luce artificiale che alla luce solare naturale.

L'esposizione alla luce artificiale è avvenuta all'interno di un'apparecchiatura normalmente utilizzata nei laboratori specializzati per test di degradazione fotochimica accelerata, il cosiddetto xenotest. Tale apparecchiatura è essenzialmente costituita da una lampada allo xeno il cui spettro di emissione è praticamente identico a quello solare, mentre realizza sui campioni un'illuminazione circa 10 volte maggiore di quella ottenibile dalla luce del sole al livello del mare.

L'esposizione alla luce solare è stata invece eseguita in quota ai 2550 m del rifugio "F. Kostner" al Vallon (gruppo di Sella) ed ai 1834 m del rifugio "B. Carestiatto" (gruppo della Moiazza), ossia in una fascia di altitudine certamente rappresentativa di una zona dell'arco alpino assai frequentata dagli arrampicatori quale le Dolomiti. Spezzoni lunghi 15-16 m delle cinque corde in esame sono stati disposti a spirale all'interno di un supporto metallico del diametro di circa 1 m costituito essenzialmente da una gabbia a rete d'acciaio che è stata esposta sulla facciata sud dei rifugi (foto n. 1 e n. 2) per tutta la stagione estiva, vale a dire da fine giugno a fine settembre. Nell'intento di assicurare un'esposizione uniforme delle corde su tutta la loro superficie, durante questo periodo i gestori del rifugio [c] si sono gentilmente prestati a ruotare di mezzo giro la gabbia una volta alla settimana.

A fine stagione sono state determinate sia le prestazioni al Dodero degli spezzoni, sia le caratteristiche meccaniche dei filamenti della camicia e dell'anima (quest'ultima già prevedibilmente poco interessata all'effetto UV perché protetta dalla camicia).

#### .i risultati in sintesi

La prima osservazione - quella visiva - ha consentito di evidenziare che le corde si decolorano molto più rapidamente per effetto della lampada allo xeno piuttosto che della luce solare (cfr. tav. 1); che tutti

i colori di certe corde sbiadiscono in modo uniforme mentre per altre c'è una degradazione differenziata, nel senso che in una stessa corda alcuni colori rimangono stabili, altri spariscono completamente (tav. 2); che le corde esposte ai 2550 m del rifugio Kostner si scolorano di più rispetto a quelle esposte ai 1834 m del rifugio Carestiatto (tav. 3).

È stato anche rilevato che sussiste una certa correlazione tra decolorazione del filamento e decadimento di proprietà meccaniche:

- tanto più il colore del filo sbiadisce, tanto maggiore è il decadimento di caratteristiche meccaniche, con un effetto che sembra colpire prevalentemente i colori brillanti ed i colori-moda quali il verde acido o il fucsia;
- si ritiene che tale fenomeno possa essere determinato sia da una non meglio precisata azione catalitica dovuta alla struttura chimica del colorante, peraltro descritta anche in letteratura [5], sia dalla scarsa solidità alla luce del colorante stesso che, sbiadendo, perde progressivamente il suo potenziale effetto di filtro per la radiazione UV.

In tema di decadimento di caratteristiche meccaniche per effetto dell'esposizione alle radiazioni UV - sia che si tratti di luce naturale (sole e intemperie) o di luce artificiale (xenotest) - si osserva che, pur procedendo a velocità diverse, il comportamento è abbastanza simile, nel senso che in entrambi i casi le proprietà meccaniche dei filamenti dell'anima di tutte le corde in esame decadono in modo sensibilmente più uniforme e soprattutto più contenuto rispetto a quello dei fili della camicia. Si ritiene che questa disomogeneità di comportamento e di maggior sensibilità alla luce da parte dei fili della camicia possano derivare, oltre che dall'esposizione diretta al sole, anche dalle caratteristiche dei coloranti presenti sui fili stessi, come accennato in precedenza; per contro, la maggior stabilità dei filamenti dell'anima sarebbe un effetto dello schermaggio operato dalla camicia. Per quanto concerne la velocità di fotodegradazione, si stima che un giorno di xenotest produca gli stessi effetti di 5-10 giorni di esposizione alla luce solare.

La domanda che ci si può porre a questo punto - ed è ciò che maggiormente interessa agli alpinisti - è in che termini il decadimento delle caratteristiche meccaniche dei filamenti possa influire sul numero di cadute sopportate dalla corda al Dodero.

La risposta la troviamo nella tabella 1, nella quale vengono presentati i risultati del test Dodero (forza d'arresto, numero di cadute e loro decadimento percentuale) eseguito sugli spezzoni di corda esposti sia al rif. Kostner che al rif. Carestiatto rispetto a quelli delle corde nuove.

In particolare, dall'esame dei risultati ottenuti si osserva che - dopo circa tre mesi di esposizione - le corde in esame sono in grado di sopportare:

- al rif. Kostner, il 65% del numero di cadute iniziale;
- al rif. Carestiatto, l'85% di resistenza dinamica residua.

Rispetto alle prestazioni rilevate ai 2550 m del rifugio Kostner, dunque, quelle riscontrate ai 1834 m del

**.tavola1.corda b.**

.dopo 8 settimane esposizione xenotest

.dopo 4 settimane esposizione xenotest

.corda nuova

.dopo 46 giorni esposizione rif.Kostner

.dopo 85 giorni esposizione rif. Kostner

**.tavola2.corda d.**

.dopo 8 settimane esposizione xenotest

.dopo 4 settimane esposizione xenotest

.corda nuova

.dopo 46 giorni esposizione rif.Kostner

.dopo 85 giorni esposizione rif. Kostner

**.tavola3.corda c.**

.dopo 8 settimane esposizione xenotest

.dopo 4 settimane esposizione xenotest

.corda nuova

.dopo 46 giorni esposizione rif.Kostner

.dopo 85 giorni esposizione rif. Kostner

Ecco come varia l'aspetto della camicia di alcune delle corde in esame per effetto dell'esposizione alla luce solare o allo xenotest. La tav. 1 mette in evidenza come la degradazione del colore sia molto più rapida per effetto della lampada allo xeno rispetto alla luce solare; la tav. 2 documenta la diversa solidità alla luce di certi colori (il fucsia sbiadisce molto più rapidamente degli altri); in tav. 3, infine, si vede come le corde esposte ai 2550 m del rifugio Kostner si scolorino di più rispetto a quelle esposte ai 1834 m del rifugio Carestiato, in accordo col fatto che la componente UV della luce solare cresce all'aumentare della quota.



rifugio Carestiato mostrano un decadimento assai più contenuto, conformemente alla minore intensità della radiazione UV alle quote inferiori.

Nel caso di corde di ottima qualità come quelle in esame (cioè corde in grado di sopportare, da nuove, almeno 9-10 cadute al Dodero) va precisato che lo "stato di salute" generale dopo tre mesi di esposizione si mantiene ancora sufficientemente buono, tanto che il numero di cadute sostenute è rimasto superiore a 5, valore minimo prescritto per le corde nuove dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda i dati di forza d'arresto al Dodero (ossia lo sforzo massimo registrato alla prima caduta), si segnala che non si sono riscontrate differenze significative tra quelle rilevate sulle corde nuove rispetto a quelle degli spezzoni esposti al sole ed alle intemperie. Il fatto che (almeno nelle condizioni in esame!) tale parametro sia scarsamente influenzato dalle modificazioni che la corda subisce per effetto UV starebbe ad indicare che la deformabilità della corda, e quindi la capacità di assorbire energia, alla prima caduta, rimane pressoché invariata.

Si ritiene invece che aumenti la fragilità dei loro filamenti, che si manifesta appunto con una diminuzione del numero di cadute sopportate. Di qui l'ipotesi che il progressivo infragilimento dei fili per esposizione alla luce si ripercuota poi - durante la normale pratica alpinistica - anche in una sempre più scarsa resistenza all'abrasione, già scadente di per sé, con conseguente maggior facilità di rottura sia dei filamenti della camicia (sfregamento sulla roccia) che di quelli dell'anima (azione di microcristalli rocciosi che penetrano all'interno della corda).

**.l'acqua che non ti aspetti [6]**

Il problema del decadimento di prestazioni delle corde bagnate e ghiacciate era già stato affrontato a fine anni sessanta dallo spagnolo José A. Odriozola e, qualche anno dopo, da Pit Schubert, responsabile per la sicurezza per il Club Alpino Tedesco (DAV). I risultati allora ottenuti possono considerarsi abbastanza in linea con quelli qui presentati. In particolare, in due suoi studi eseguiti su corde inzuppate d'acqua e poi ghiacciate, Odriozola rilevò una riduzione della resistenza statica dell'ordine del 30% rispetto a quella iniziale della corda asciutta [7] [8]. Il timore che analoghe riduzioni potessero verificarsi anche per corde semplicemente bagnate, indusse la ditta austriaca Teufelberger ad eseguire prove, questa volta dinamiche al Dodero, su corde solo bagnate; risultato: corde che, asciutte, sopportavano 2 cadute (un valore che rispettava il limite richiesto per le corde dell'epoca!), resistevano soltanto ad 1 oppure a nessuna dopo essere state bagnate [9].

Al fine di approfondire tali conoscenze, nel corso dello studio qui descritto è stata eseguita una serie di test su spezzoni delle seguenti corde "semplici" di tre diversi produttori:

- corda NUOVA, diametro 10,5 mm, versione normale (non dry)

- corda NUOVA, diametro 10,5 mm, versione dry (ossia protetta superficialmente con sostanze idrorepellenti):

- corda USATA, diametro 10,5 mm, versione normale (non "dry").

Su tali corde è stato effettuato il test Dodero nelle seguenti condizioni:

- normali (non trattate - né bagnate né ghiacciate - per riferimento)
- bagnate (immerse in acqua per almeno 48 ore a temperatura ambiente)
- ghiacciate (bagnate come sopra e poi tenute a -30°C per almeno 48 ore)
- bagnate e sottoposte ad essiccazione spinta (bagnate come sopra, centrifugate, asciugate a temperatura ambiente, infine essiccate sotto vuoto con anidrificatore chimico).

Dopo ogni trattamento sono state rilevate, ove possibile, anche le variazioni di peso e di lunghezza di ciascun spezzone per verificare l'esistenza di eventuali correlazioni con le prestazioni ai test dinamici.

Inoltre, allo scopo di verificare l'eventuale importanza dei tempi di imbibizione con acqua e/o della temperatura di congelamento, sono stati eseguiti test anche su corde trattate in condizioni più affini alla normale pratica alpinistica, ossia dopo immersione per un paio d'ore in acqua e persino dopo un breve trattamento con spruzzi d'acqua sotto la doccia. È stato infine studiato l'effetto di numerosi cicli consecutivi di ammollo-essiccamento, sia asciugando le corde al coperto (come viene di norma raccomandato) che esponendole alla luce solare diretta.

167

**.esame dei risultati**

I risultati ottenuti, riportati in tabella 2 e - in sintesi - sul prospetto sottostante, mettono in evidenza l'allarmante effetto dell'acqua sulle prestazioni dinamiche della corda.

<b>.results</b>	<b>n° cadute di riferimento</b>	<b>Corda bagnata</b>	<b>Corda ghiacciata</b>
<b>Corda nuova</b>	<b>8</b>	<b>2-3</b>	<b>4-5</b>
<b>Corda usata</b>	<b>4</b>	<b>1-2</b>	<b>3</b>

Si può infatti affermare che la presenza di acqua abbassa notevolmente il numero di cadute sopportate al Dodero, riducendolo all'incirca a 1/3 delle cadute iniziali. Tale decadimento di prestazioni è stato riscontrato indifferentemente sia sulle corde nuove che in quelle usate, e sia che fossero state trattate o no con sostanze idrofobe (l'additivo idrorepellente impedisce all'acqua di fermarsi in superficie ma non di diffondersi all'interno della struttura polimerica della fibra).

Tale comportamento sarebbe in accordo con quan-

**Tabella 1 – Effetto della luce solare sulle prestazioni dinamiche delle corde**  
**Test 1997 - Rifugi Carestiato 1834 m e Kostner 2250 m**

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	dopo 52 gg	dopo 96 gg
<b>A</b>	720	Forza d'arresto daN	784	778	772	781	759		
	16	N° cadute	13	11	11,5	12	10		
	-	Variation nr. cadute %	100	84,6	88,5	92,3	76,9		
<b>B</b>	1000	Forza d'arresto daN	967	977	977	949	960		
	10	N° cadute	10	9	9,5	7	5,5		
	-	Variation nr. cadute %	100	90	95	10	55		
<b>C</b>	1080	Forza d'arresto daN	937	945	953	944	933		
	13	N° cadute	13	10,5	9,5	7	6,5		
	-	Variation nr. cadute %	100	80,8	73,1	53,8	50		
<b>D</b>	805	Forza d'arresto daN	1003	990	1002	1010	981		
	13	N° cadute	12	12	10,5	8,5	6,5		
	-	Variation nr. cadute %	100	100	87,5	70,8	54,2		
<b>E</b>	790	Forza d'arresto daN	860	851	854	828	852		
	10	N° cadute	12,7	11	10,5	9,5	9		
	-	Variation nr. cadute %	100	86,6	82,7	74,8	70,9		

.tab1 La tabella mette in evidenza come l'esposizione alla luce solare modifichi le prestazioni al Dodero delle corde di vari produttori; nella tabella sono riportati gli esiti dei test effettuati sulle corde esposte nell'estate 1997 al rifugio Carestiato (1834 m) e al rifugio Kostner (2250 m).



.tab2 La tabella mette in evidenza come l'imbibizione in acqua modifichi le prestazioni al Dodero delle corde di vari produttori; nella tabella sono riportati gli esiti dei test effettuati su corde bagnate, ghiacciate ed essiccate.

TRATTAMENTO	TEST	Corda A Normale NUOVA	Corda B Everdry NUOVA	Corda C Normale USATA
DICHIARATO COSTRUTTORE	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN	<b>9</b> <b>823</b>	<b>8</b> <b>975</b>	<b>8</b> <b>970</b>
NON TRATTATA (riferimento)	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN	<b>8</b> <b>886</b>	<b>11</b> <b>946</b>	<b>4</b> <b>950</b>
BAGNATA  In acqua per 48 ore	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto Variazione peso Variazione lunghezza	<b>2,3</b> <b>926</b> -71% +5% +45% +4%	<b>3</b> <b>1022</b> -73% +8% +42% +2%	<b>1,5</b> <b>1052</b> -62% +11% +59% +5%
BAGNATA Immersione 2 ore	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto		<b>3</b> <b>984</b> -73% +1%	
BAGNATA Spruzzata doccia	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto		<b>5</b> <b>990</b> -55% +2%	
BAGNATA E ESSICCATA CONDIZIONI NORMALI	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto Variazione peso Variazione lunghezza	<b>6</b> <b>867</b> -25% -2% - -	<b>9,4</b> <b>812</b> -15% -4% -1% -4%	
BAGNATA E ESSICCATA CONDIZIONI EXTRA DRY	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto Variazione peso Variazione lunghezza	<b>9</b> <b>785</b> +12% -11% -3% -7%	<b>10</b> <b>826</b> -9% -13% -3% -8%	<b>3</b> <b>861</b> -25% -8% -3% -3,5%
4 CICLI BAGNA - ASCIUGA ESSICCAMENTO AL COPERTO	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto		<b>12</b> <b>860</b> +9% -7%	
4 CICLI BAGNA - ASCIUGA ESSICCAMENTO AL SOLE	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto		<b>8</b> <b>860</b> -27% -9%	
GHIACCIATA Bagnata e tenuta a -30°C per 48 ore	<b>Cadute Dodero</b> n° <b>Forza d'arresto</b> daN Variazione n° cadute Variazione forza d'arresto	<b>4</b> <b>805</b> -50% -9%	<b>5</b> <b>898</b> -64% -5%	<b>3</b> <b>819</b> -25% -14%

**.tab2**

.nota: i risultati esposti  
in tabella rappresentano  
il dato medio di tre cam-  
pioni testati.

169

to descritto in letteratura [10], secondo cui la presen-  
za di acqua nel nylon abbasserebbe notevolmente la  
Tg [d], o glass temperature, ossia la temperatura di  
transizione vetrosa del materiale; in pratica, l'acqua  
agirebbe come un vero e proprio plastificante, poiché  
andrebbe a modificare profondamente sia la mobilità  
della parte amorfa della macromolecola, sia la tipica  
temperatura di rilassamento meccanico del materia-  
le. Ciò significa - come viene ribadito in letteratura  
[10] - che "aggiungere acqua al nylon è equivalente  
ad elevarne la temperatura di un notevole gradino";

in altre parole: eseguire il test Dodero a temperatura  
ambiente su una corda bagnata sarebbe equivalente  
a testare una corda asciutta a 70-80°C, condizioni  
- queste ultime - che molto verosimilmente determi-  
nano un decadimento delle prestazioni!

E' stato inoltre riscontrato che:

- L'effetto dell'acqua sulle prestazioni dinamiche  
delle corde si manifesta anche nel caso di tempi di  
immersione relativamente brevi (2 ore) e persino -  
seppur con decadimento più contenuto - per effetto  
di una semplice spruzzata d'acqua.

- Tale comportamento permane fintanto che la corda è bagnata. Il recupero delle prestazioni iniziali è, infatti, garantito anche dopo numerosi cicli di ammollo-essiccamento (il numero di cadute sopportate al Dodero si riporta sostanzialmente sui valori iniziali, mentre la forza d'arresto diminuisce un po', in accordo col fatto che la corda risulta essersi leggermente accorciata - retrazione del 4%), purché le corde vengano asciugate in luogo fresco, ventilato ed al riparo dal sole. Per contro, se l'essiccamento viene effettuato alla luce solare, si osserva un notevole decadimento delle prestazioni della corda al Dodero, evidentemente per il deleterio effetto delle radiazioni UV descritto in precedenza. Al riguardo, si ricorda che l'esposizione diretta al sole s'è svolta complessivamente nell'arco di quattro settimane, ossia un tempo sufficientemente lungo perché i suddetti fenomeni producano i loro tangibili effetti.

- Le corde dry sottoposte ad immersioni prolungate (48 ore) presentano un comportamento analogo alle corde normali (non dry) probabilmente perché la prolungata immersione rende inefficace il trattamento idrorepellente. Purtroppo per tempi di immersione inferiori (più vicini alle condizioni di reale utilizzo) non sono disponibili risultati di prove comparate.

- L'allungamento e la forza di arresto, cioè le caratteristiche legate alla deformabilità della corda, subiscono una variazione meno vistosa rispetto alla variazione della resistenza dinamica ma non per questo di secondaria importanza.

In particolare la forza d'arresto alla prima caduta subisce un sensibile aumento (5-10%), come se la corda fosse diventata "più rigida" di quella asciutta. Ciò potrebbe essere imputato, oltre che a fenomeni di attrito filo-filo (da non sottovalutare in presenza d'acqua), anche all'allungamento - mediamente del 3-5% - riscontrato sulle corde bagnate subito dopo l'estrazione dall'acqua (una corda già un po' allungata potrebbe essere meno deformabile; bisogna pensare che al Dodero la corda si allunga del 30-35% e quindi quel 3-5% perso potrebbe in qualche modo essere influente).

- Per quanto riguarda le corde ghiacciate, invece, i risultati sono stati sensibilmente migliori rispetto a quelli delle corde bagnate; è stato, infatti, rilevato un decadimento più contenuto (ca. il 50%) delle prestazioni dinamiche che si accompagna ad un abbassamento (10% mediamente) della forza d'arresto alla prima caduta.

### .conclusioni

Al termine di questa disamina, ci si augura che anche il lettore poco attento abbia recepito la portata e l'importanza dei fenomeni che sono stati descritti.

Dovrebbe preoccupare soprattutto il fatto che la presenza di acqua e/o ghiaccio nelle corde per alpinismo può determinare un notevole cambiamento delle loro prestazioni. Una corda considerata in buone "condizioni di salute", che in caso di volo in condizioni asciutte non darebbe problemi, se inzuppata in seguito ad un improvviso acquazzone (evento che in montagna può sempre capitare) potrebbe rompersi

semplicemente perché va a gravare su uno spigolo o perché rimane incastrata in una fessura.

Il problema è meno sentito nel caso di salite su ghiaccio, ma anche qui attenzione alla temperatura perché se è vicina allo 0°C (il ghiaccio diventa acqua!) il rischio che si ricada nelle condizioni di corda bagnata, anziché ghiacciata, è notevole.

Meno critico sembrerebbe, per contro, l'effetto della luce solare. In realtà, si ritiene che l'infragilimento dei fili dovuto all'azione delle radiazioni UV accentui la loro già scadente resistenza all'abrasione, favorendo così la rottura dei filamenti della camicia per sfregamento sulla roccia e di quelli dell'anima per azione dei microcristalli; senza contare il deleterio effetto dei discensori e/o dei freni per l'assicurazione dinamica. Aspetto - questo dell'usura nel senso globale del termine - che è già stato affrontato nel precedente articolo.

L'alpinista non deve mai dimenticare che l'effetto combinato di UV + calore + sporco + stress è un cocktail micidiale (soprattutto sporco + stress) per la salute di una corda. E' giocoforza perciò cominciare a convincersi che è necessario utilizzare sempre corde in ottime condizioni, cioè con una buona riserva di resistenza, e quindi bisognerà necessariamente sostituire la propria cara, vecchia corda più di frequente di quanto normalmente si faccia.

### .rotture "misteriose" di corde

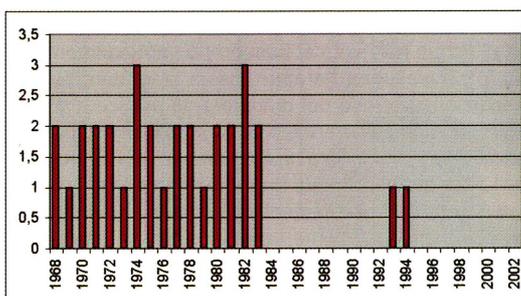
Terminiamo esponendo qualche dato sulle rotture "misteriose" di corde e indirizzando uno sguardo ad un futuro, forse assai prossimo.

I dati sono confortanti: la qualità delle corde è decisamente migliorata a partire dagli anni '80.

-Dal '68 all'82: 1 o 2 rotture "misteriose" di corde all'anno.

-Dal '83 al '01: solo 2 rotture ('93 e '94); vi sono state in realtà 3 altre rotture di corda, ma dovute ad un cattivo uso e non ad una bassa qualità del materiale (P. Schubert - costruttori di corde).

-Ciò è dovuto al miglioramento della qualità di produzione del nylon, determinato dalle forti pressioni sui produttori da parte delle industrie automobilistiche (per i pneumatici e gli interni) e di tessuti più che al "mercato per corde alpinistiche" (del tutto insignificante se confrontato con altri e che non giustificherebbe, da solo, gli investimenti e gli sforzi per migliorare la qualità).





.dry tooling

Come potrebbero essere costruite le corde dinamiche nel futuro?

Enrich Kurzbock, consulente di Lanex (casa produttrice di corde per alpinismo - Repubblica Ceca), a proposito delle prove "su spigolo" (che servirebbero per omologare le corde anche per cadute su spigoli taglienti, come si cerca di proporre in ambito normativo UIAA e CEN da alcuni anni) osserva che:

-probabilmente si potrebbero ottenere miglioramenti notevoli costruendo i singoli filamenti non di forma cilindrica a sezione piena, come fatto attualmente, ma con sezione cava e con forme esterne non regolari.



— Questo permetterebbe di ottenere una sorta di "effetto airbag" rispetto a sollecitazioni di taglio. Questi tipi di filamenti sono già in uso in alcuni settori dell'abbigliamento, e quindi potrebbe essere studiata in modo abbastanza semplice una loro applicazione per le corde dinamiche.

Attendiamo fiduciosi ulteriori sviluppi.

### .riferimenti bibliografici

[\*] G. Signoretti "Effects of water/ice and UV on rope performance", 1o Convegno Internazionale su "Nylon and ropes for mountaineering and caving", CMT - UIAA, Torino, 8-9 marzo 2002

Gigi Signoretti - Corde e dintorni - Rivista della Montagna n. 255 (marzo 2002) ed. CDA

[1] Gigi Signoretti - Senza una camicia coi baffi... non ci rimane che l'anima! - La Rivista del CAI, maggio-giugno 1997, pp. 103-106.

[2] Gigi Signoretti - Corde e luce solare: una questione di... colore! - La Rivista del CAI, luglio-agosto 1999, pp. 76-84.

[3] Encyclopedia of polymer science and technology, vol. 10, Norbert M. Bikales ed.

[4] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, vol. 16, Anthony Standen ed.

[5] G. Reinert, Photostability of polyamide fibres, Melland Textilberichte 69 (1988), pp. 58-64.

[6] Gigi Signoretti - L'acqua che non ti aspetti - La Rivista del CAI, gennaio-febbraio 2001, pp. 74-79.

[7] José A. Odriozola - Estudios previos para ensayos de cuerdas a baja temperatura - Revista Peñalara, abril-junio 1968, pp. 37-40.

[8] José A. Odriozola - Comportamiento de una cuerda de montaña a baja temperatura - Revista Peñalara, enero-marzo 1969, pp. 14-21.

[9] Pit Schubert - Was halten nasse und vereiste Seile? - Sicherheitskreis im DAV; Tätigkeitsbericht 1971-1973, pp. 197-206.

[10] Nylon Plastics, edited by Melvin I. Kohan - Plastic Department; E.I. du Pont De Nemours and Co., Inc.

### .note

[a] La poliammide 6 (o nylon-6) è un prodotto sintetico che si ottiene per polimerizzazione del caprolattame, un'ammide ciclica a 6 atomi di carbonio. Come altre poliammidi (quali il nylon-6.6, ottenuto da acido adipico ed esametilenammina, entrambi a 6 atomi di carbonio, donde 6.6 appunto), il nylon 6 è caratterizzato da notevoli proprietà di resistenza alla trazione abbinata ad una elevata elasticità, per cui ha trovato larghissimo impiego nel settore tessile. La fibra che se ne ricava ha il nome commerciale di Perlon.

[b] Il Dodero è l'apparecchiatura utilizzata per valutare certe prestazioni della corda e convenzionalmente determinarne, in base al numero delle cadute sostenute in condizioni controllate di temperatura (20°C) e di umidità relativa (65%), la resistenza dinamica. Per ottenere l'omologazione, secondo le norme CEN, una corda semplice deve resistere senza rompersi ad almeno 5 cadute, producendo uno sforzo massimo alla prima caduta non superiore a 1200 daN. Il test viene eseguito facendo cadere ad intervalli regolari di 5 minuti, per un'altezza totale di 4,6 m, una massa di 80 kg legata all'estremità di uno spezzone di corda lungo 2,5 m; l'altra estremità dello spezzone è bloccata ad un ancoraggio e passa attraverso un foro calibrato, di

caratteristiche simili a quelle di un moschettone (punto di rinvio sul quale in genere avviene la rottura della corda), situato poco sopra l'ancoraggio stesso.

[c] Si ringrazia vivamente Cristina e Manuel Agreiter, gestori del rifugio Kostner al Vallon (Sella), e Rosanna e Fausto Todesco, gestori del rifugio Carestiatto (Moiazza): è, infatti, grazie al loro spirito di collaborazione e generosa disponibilità che la realizzazione dello studio è stata possibile.

[d] La Tg è la temperatura di transizione vetrosa di un materiale. Per comprendere il significato di tale parametro si può dire che, in genere, i polimeri - com'è il caso del nylon - sono costituiti da macromolecole in cui si alternano casualmente sia parti cristalline (ossia strutture di catena perfettamente ordinate, con una ben definita sistemazione spaziale degli atomi) che parti amorfe (ossia strutture del tutto disordinate, con catene aggrovigliate). La temperatura in corrispondenza della quale viene modificata la mobilità della parte amorfa è detta temperatura di transizione vetrosa (Tg, 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 Tg 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. Nel caso del nylon è stato dimostrato che la presenza di acqua abbassa considerevolmente la sua temperatura di transizione vetrosa: dati di letteratura riportano valori di Tg pari a 60÷80°C per il nylon secco, che scendono a valori nell'intorno di 0°C per il nylon saturo d'acqua! C'è di che preoccuparsi, nel senso che l'abbassamento della Tg in presenza di acqua modifica (pregiudica?) le caratteristiche meccaniche dei filamenti di nylon di cui le corde sono costituite.

### .ringraziamenti

Si ringraziano per la cortese collaborazione il Direttore del Laboratorio del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università di Padova, presso il quale sono stati eseguiti i test al Dodero. Un grazie riconoscente va inoltre ai colleghi del CAI-CMT Vittorio Bedogni, Lorenzo Contri, Gigi Costa, Claudio Melchiorri e Carlo Zanantoni per i preziosi consigli e gli utili suggerimenti forniti per la stesura del presente articolo.