

# LA "TORRE" DI PADOVA DIDATTICA DI ASSICURAZIONE E TEST DEI MATERIALI

## 2. PARTE

**N**ella prima parte di questo articolo, comparso sul numero precedente di "Le Alpi Venete", parlavamo della Torre di San Lazzaro come di una struttura unica al mondo di grandissima utilità per lo svolgimento delle prove di assicurazione e dei test sui materiali alpinistici.

Una eccezionale conferma è arrivata dal Vertice Mondiale sui Metodi di Assicurazione che si è tenuto a Padova dal 7 al 9 giugno di quest'anno, organizzato dalla Commissione Centrale Materiali e Tecniche (CCMT) del CAI, nell'ambito della "Plenary Session" della Commissione Sicurezza dell'UIAA (la nota a tutti Unione Internazionale delle Associazioni Alpinistiche).

L'incontro, fortemente voluto dall'ing. Carlo Zanantoni, rappresentante del CAI presso l'UIAA, e da Giuliano Bresan, presidente della CCMT, ha visto la partecipazione di personaggi di primo piano provenienti da tutto il mondo, dalla Germania all'Austria, dalla Svezia alla Grecia, dal Canada agli Stati Uniti, alla Gran Bretagna.

Tutti i convenuti hanno avuto parole di grande apprezzamento per l'ottima organizzazione, alla quale hanno collaborato anche la Scuola Centrale di Alpinismo (SCA) e l'Associazione Guide Alpine (AGAI), oltre che naturalmente l'UIAA, ed anche la Commissione Materiali e Tecniche VFG. Grande è stata la nostra soddisfazione oltre che per la buona riuscita dell'incontro, anche per i complimenti che ci sono stati rivolti da parte di tutti i partecipanti per aver sviluppato una struttura così importante come la "nostra Torre", cosa che ci fa grande piacere, ma anche che ci sprona ad impegnarci per tenere alto questo altissimo standard qualitativo raggiunto. Un articolo completo sullo svolgimento di questo importante incontro è apparso sul notiziario "Lo Scarpone" del mese di agosto 2002.

### 1 - INTRODUZIONE

Nella prima parte di questo articolo abbiamo percorso una breve storia della struttura nota come Torre di "S. Lazzaro", ne abbiamo spiegato il funzionamento, le caratteristiche principali, il sistema di misura e abbiamo descritto le prove di caduta con corda bloccata. Abbiamo esposto i risultati delle misure relative ed abbiamo discusso l'utilità che tali prove hanno per migliorare i margini di sicurezza nell'alpinismo e per un utilizzo "più consapevole" dei materiali.

In questa seconda parte presentiamo altri due tipi di pro-

ve molto interessanti che ci danno utili indicazioni per svolgere nel migliore dei modi la nostra attività:

- prove di caduta con l'utilizzo di un freno in assenza di rinvii

- prove di caduta con l'utilizzo di un freno in presenza di un rinvio

In entrambi questi tipi di prove la massa viene portata ad una certa altezza, quindi viene fatta cadere: la sua energia potenziale si trasforma in energia cinetica tanto maggiore quanto più grande è la lunghezza del volo. Quando la corda entra in tensione frena la massa fino a fermarne il volo (tranne, ovviamente, nel caso di rottura della corda), trasferendo sulla sosta, sul rinvio (se presente) e sul sistema frenante una forza uguale e contraria rispetto a quella a cui è sottoposta la massa, secondo caratteristiche che andremo a descrivere.

### 2 - PROVE DI CADUTA CON L'UTILIZZO DI UN FRENO

La corda viene legata con un capo alla massa che simula il primo di cordata, mentre dall'altro lato viene approntata una sosta con un freno, per esempio un mezzo barcaiole (Cfr. Fig. 1). Rispetto alle prove con corda bloccata ci troviamo nella situazione più frequente in arrampicata: quella dell'assicurazione dinamica. Stiamo simulando la caduta di un alpinista primo di cordata, prima che abbia passato il primo rinvio. La cella di carico del sistema di misura è disposta nel punto di sosta: viene misurata cioè direttamente la sollecitazione della sosta, che in questo caso è essenzialmente uguale come valore, ma di verso opposto, rispetto a quella subita dalla massa.

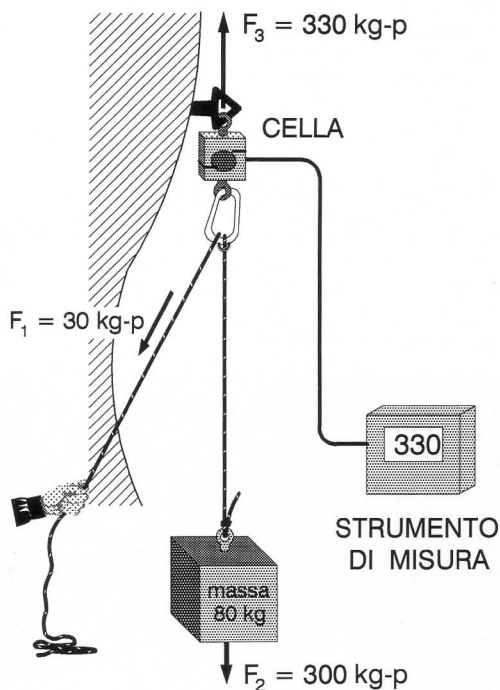
Nella Tabella 1 sono riportati alcuni valori della forza di arresto misurata, che ci permettono di fare alcune considerazioni.

### 3 - CONSIDERAZIONI

In questo tipo di prove non vengono impiegati freni in sosta come ad esempio l' "Otto", oppure l'assicurazione in vita, ad esempio mediante "Tuber" (chiamato anche "secchiello") oppure piastrina Sticht: questi sistemi richiedono, per il loro buon funzionamento, la presenza di almeno un rinvio. Per un loro corretto impiego in alpinismo è necessaria la messa in opera di una particolare "geometria" che preveda in ogni caso la presenza di al-

**F.1**

**schema di volo in presenza di un freno senza rinvi**



meno un rinvio. Tale argomento esula dalla nostra trattazione, pertanto per chi volesse approfondire la non semplice problematica si rimanda ad [1].

Non essendovi presenza di rinvi, l'altezza del volo è sempre doppia rispetto alla lunghezza della corda interessata. Per essere precisi, con "altezza del volo" si è indicato il "volo libero", cioè fino al momento in cui entra in tensione la corda: l'altezza del volo complessiva è la somma dell'altezza del volo libero, dello scorrimento della corda nel freno e dell'elasticità della corda.

Confrontando i valori di forza di arresto con quelli ottenuti nelle prove di volo con corda bloccata, possiamo notare una drastica diminuzione delle forze in gioco (si faccia il confronto con le tabelle presentate nella prima parte dell'articolo sul numero precedente di "Le Alpi Venete": con fattore di caduta=2 si avevano valori di forza di arresto variabili a seconda del tipo di corda da 707 Kg<sub>F</sub> a 1056 Kg<sub>F</sub>).

La forza di arresto non dipende dall'altezza del volo: ad esempio nelle prove 2 e 3, abbiamo valori simili di forza di arresto con altezza del volo nel secondo caso circa doppia rispetto al primo; tale caratteristica è ancora più evidente confrontando la prova 1 con la 5 e la 4 con la 6.

Di converso si può notare che voli con la stessa altezza di caduta possono presentare valori anche molto differenti di forza di arresto: si confrontino la prova 1 con la 2; le prove 3 e 4; le prove 5, 6, 7. Tale aspetto verrà approfondito tra breve.

Da tali risultati emerge che in presenza di un freno non si può più parlare di fattore di caduta ma di altezza di caduta, in quanto il fattore di caduta perde di significato, venendo a mancare la proporzionalità tra esso ed il valore della forza di arresto, come invece avveniva per i voli con corda bloccata (Cfr. parte 1). In questo caso, a parità di

**Tabella 1: Alcuni valori di Forza di arresto misurati in prove di caduta con l'utilizzo di un freno, senza rinvi**

N. Prova	Data Prove	Lungh. Corda m	Altezza Volo m	Forza d'Arresto Kg <sub>F</sub>	Scorrimento Corda nel freno (cm)
1	24/03/2001	1	2	437	65
2		1	2	262	180
3		2	4	295	225
4	28/10/2000	2	4	378	150
5		3	6	453	260
6		3	6	363	310
7		3	6	520	165

rapporto tra altezza del volo e lunghezza della corda interessata (rapporto che necessariamente in assenza di rinvii vale sempre 2), la forza di arresto varia di circa il 100% (da 262 a 520 Kg<sub>F</sub>).

Risulta invece evidente una proporzionalità inversa tra scorrimento della corda e valore della forza di arresto misurata: al diminuire dello scorrimento aumenta la forza di arresto. Occorre considerare che mentre nel volo con corda bloccata l'energia cinetica viene dissipata quasi completamente dall'elasticità della corda, in questo caso la maggior parte dell'energia viene dissipata nel freno. Infatti toccando il moschettone del 1/2 Barcaiolo subito dopo un volo si può constatare che è caldo: l'energia potenziale della massa (altezza da terra) si è trasformata in energia cinetica durante la caduta (velocità) e questa in calore durante la decelerazione operata dal freno. Più aumenta lo scorrimento della corda più aumenta il tempo durante il quale viene dissipata energia: aumenta cioè la durata della decelerazione. A ciò corrisponde un minore valore di decelerazione, cioè minore forza applicata alla sosta e quindi alla massa. Si rivedano le considerazioni sviluppate nella prima parte dell'articolo e la formula che lega la forza all'accelerazione:

$$F = \text{Massa} \times \text{Accelerazione}$$

Il differente grado di scorrimento della corda costituisce l'elemento di variabilità del sistema, dovuto alla mano dell'alpinista che assicura (Cfr. Fig. 1). Infatti un freno può essere descritto essenzialmente come un moltiplicatore di forze: il mezzo barcaiolo si avvicina ad un moltiplicatore con un rapporto di circa 10 tra le forze ai suoi rami (dipende però anche dal tipo di corda, dalla sua usura, dall'angolo di entrata e uscita della corda nei due rami del freno, elementi che modificano l'attrito presente): ciò significa che una forza di 30 Kg<sub>F</sub> applicata dall'assicuratore sul ramo trattenuto con la mano, corrisponde a circa 300 Kg<sub>F</sub> sull'altro ramo. Se l'assicuratore riesce a trattenere la corda con una forza di 50 Kg<sub>F</sub>, sull'altro ramo di corda, e quindi sulla sosta, sarà applicata una forza di circa 500 Kg<sub>F</sub>.

Si noti nella figura 1 la lieve differenza tra la forza di arresto misurata sulla sosta e la forza alla quale viene sottoposta la massa, dovuta alla componente presente sul ramo di corda trattenuto dall'assicuratore.

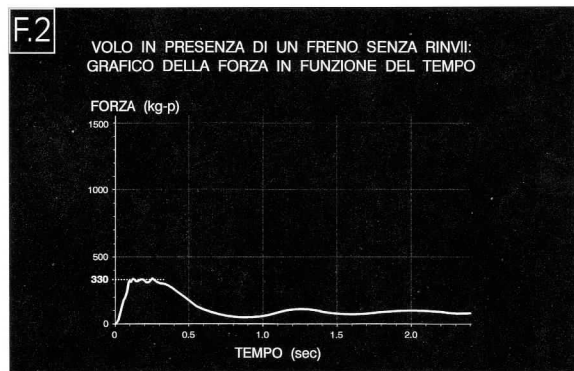
Nella dinamica del volo deve essere considerato non solo lo scorrimento della corda, ma anche l'uniformità della trattenuta: infatti se la trattenuta non è uniforme, si può ottenere il risultato di avere una forza di arresto alta, a causa di una trattenuta troppo energica in certi istanti,

pur in presenza di uno scorrimento elevato, dovuto ad una trattenuta troppo blanda in altri istanti.

Come si può notare dalla tabella 1, gli scorrimenti della corda sono notevoli: anche per altezze di caduta modeste si riscontrano scorrimenti della corda nel freno che ben difficilmente un assicuratore potrà mettere in opera senza che la sua mano sia ustionata. Pertanto nelle prove alla Torre l'assicuratore viene opportunamente dotato di un robusto guanto in cuoio; in montagna tale fenomeno può risultare di entità inferiore nel caso sia presente attrito della corda sulla roccia. Pur applicando la buona norma insegnata nei corsi di alpinismo e roccia, che la mano dell'assicuratore deve essere tenuta distante dal freno, sarà molto difficile in parete tenerla ad una distanza maggiore di 60-70 cm (anche per conseguenti difficoltà di manovra della corda nel freno a distanze superiori). E' interessante anche l'andamento della forza in funzione del tempo (Cfr. Fig. 2): si osservi la durata molto maggiore del periodo nel quale la corda viene frenata, rispetto al volo con corda bloccata (oltre 0,5 secondi contro circa 0,1-0,2 secondi: Cfr. parte 1); si può ben osservare inoltre l'effetto "moltiplicatore" del freno: quando la forza supera un certo valore dovuto principalmente a quanto "tiene" l'assicuratore, la corda inizia a scorrere nel freno limitando il valore massimo raggiunto dalla forza di arresto.

#### 4 - PROVE DI CADUTA CON L'UTILIZZO DI UN FRENO IN PRESENZA DI UN RINVIO

La corda viene legata con un capo alla massa che simula il primo di cordata, viene passata dentro un rinvio al quale è applicata la cella di carico del sistema di misura, quindi arriva alla sosta dove è presente un freno, ad esempio un

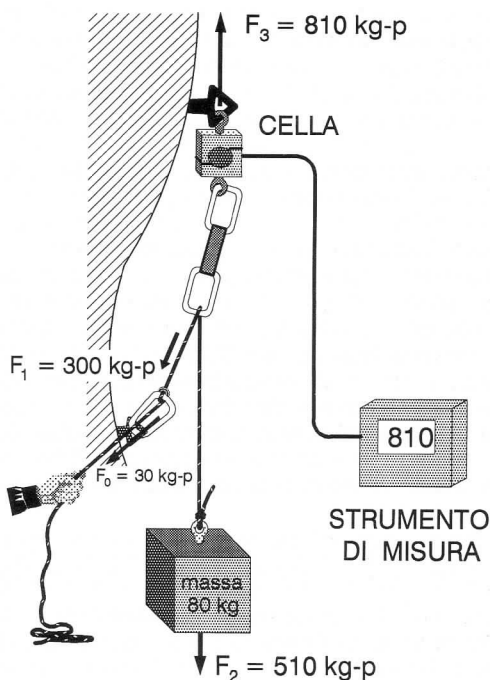


**Tabella 2: Alcuni valori di Forza di arresto misurati in prove di caduta con l'utilizzo di un freno in presenza di un rinvio**

N. Prova	Data Prove	Freno	Altezza Volo M	Forza misurata sul rinvio (Kg <sub>F</sub> )	Scorrimento Corda nel freno (cm)
1	24/03/2001	Barcaiolo	4	800	30
2		Tuber	4	610	110
3		Otto	4	640	84
4	28/10/2000	Barcaiolo	4	730	85
5		Barcaiolo	4	900	45
6		Tuber	4	567	105

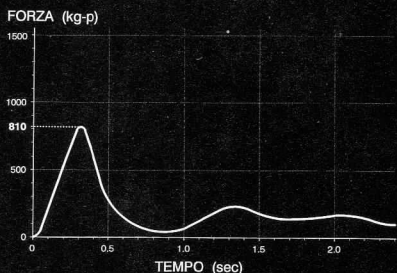
F.3

**schema di volo in presenza di un freno con un rinvio**



F.4

**VOLO IN PRESENZA DI UN FRENO CON UN RINVIQ: GRAFICO DELLA FORZA IN FUNZIONE DEL TEMPO**



mezzo barcaio o un "Otto" (Cfr. Fig. 3); in questo tipo di prove è anche possibile l'assicurazione in vita, ad esempio mediante "Tuber" o "piastrina Sticht", data la presenza di un rinvio. Rispetto alle prove precedenti ci siamo avvicinati alla situazione più frequente in arrampicata e anche più favorevole, alla luce delle considerazioni precedenti: l'assicurazione dinamica in presenza di rinvii. Simuliamo la caduta di un alpinista primo di cordata, successivamente al posizionamento del primo rinvio. Data la posizione della cella di carico, viene misurata la sollecitazione sull'ultimo rinvio (quello più alto, che in questo caso è anche l'unico). Nella Tabella 2 sono riportati alcuni valori della forza misurata sul rinvio, che ci permettono di fare alcune considerazioni. Non viene riportata la lunghezza della corda interessata in quanto risulta in questo caso un parametro trascurabile; la massa al momento del volo si trova alla massima altezza possibile, cioè 2 metri sopra il rinvio (simula un primo di cordata che sta salendo). Per rendere più agevole un confronto e anche per non aprire problematiche ulteriori che complicherebbero la trattazione, si è preferito non riportare esempi di assicurazione in vita: il freno quindi è sempre posizionato sulla sosta.

**5 - CONSIDERAZIONI**

Dai valori riportati nella Tabella 2 si può notare che i freni Tuber e Otto sono più dinamici del freno 1/2 Barcaio, hanno cioè un rapporto di moltiplicazione inferiore: a parità di energia da dissipare e a parità di tenuta dell'assicuratore consentono di abbassare il valore della forza di arresto grazie a maggiori scorrimenti della corda. Ricordiamo che un maggiore scorrimento presenta un aspetto positivo in quanto permette una diminuzione del valore della forza di arresto, ma anche un aspetto negativo per la maggiore difficoltà che l'assicuratore incontrerà nel fermare il volo del compagno senza scottarsi o provocarsi danni alla mano.

Anche in questo caso comunque si nota una irregolarità di comportamento del sistema dovuta principalmente alla mano dell'assicuratore: si effettui un confronto delle prove 1 con 4 e con 5, e 2 con 6 (Cfr. fig. 3: a fianco del freno compare anche in questo caso la mano dell'assicuratore).

I valori di forza registrati sull'ultimo rinvio sono decisamente maggiori di quelli misurati sulla sosta nel caso di volo in presenza di un freno ma senza rinvii (Cfr. Tab. 1 e 2). Durante le prove alla Torre questo fatto confonde spesso i partecipanti, che a volte sono portati a considerare un po' frettolosamente più favorevole dinamicamente il caso di assenza di rinvii. Questo dato non deve trarre in inganno, in quanto bisogna considerare che la forza rilevata sull'ultimo rinvio è la somma di due forze che la bilanciano nell'istante di misura: una forza sul ramo che viene dal freno ed un'altra forza sul ramo che va alla massa in caduta. Per il bilanciamento di forze, la somma di queste ultime è uguale in valore assoluto, ma di verso opposto, alla forza misurata sul rinvio. Ma come si ripartiscono queste forze? Vale la pena approfondire l'argomento nel paragrafo seguente perché la risposta non è così evidente.

Interessante è anche il grafico dell'andamento della forza in funzione del tempo (Cfr. Fig. 4) dal quale possiamo rilevare che oltre all'effetto del freno, che permette anche in questo caso di allungare la durata della decelerazione (come nelle prove in assenza di rinvii), vi è anche una componente elastica non trascurabile della corda (andamento ad "onda") simile, ma di entità inferiore, al caso dei voli con corda bloccata.

## 6 - COMPONENTI DELLA FORZA SULLA SOSTA, SULLA MASSA CHE CADE E SUL RINVIO

Non vi è alcun dubbio che durante l'arrampicata è assolutamente consigliabile inserire rinvii intermedi per diminuire l'eventuale altezza di caduta del primo di cordata. Ma per inquadrare il problema in un ambito più generale vogliamo analizzare quali siano in caso di caduta i pericoli maggiori nei quali incorrono i componenti della cordata e gli obiettivi che vogliamo raggiungere nell'allestire un sistema di protezione adeguato:

- a - avere buone garanzie sulla tenuta della sosta
- b - riduzione della forza di arresto per limitare i possibili danni all'alpinista dovuti alla decelerazione
- c - riduzione dell'altezza di caduta per limitare i possibili danni all'alpinista dovuti al contatto violento con la roccia

(a) Costituisce priorità assoluta che la sosta tenga, perché in caso contrario entrambi i componenti della cordata potrebbero andare incontro ad un evento disastroso.

(b) La forza di arresto può essere pericolosa per l'organismo umano se l'accelerazione (o la decelerazione) alla quale viene sottoposto supera i 15 g (con "g" accelerazione di gravità terrestre - Cfr. [2]). Da questo valore si ricavano i "famosi" 1200 daN di forza di arresto che non devono essere superati nei test delle corde al Dodero durante il primo volo (valore che equivale a circa 1200 Kg<sub>F</sub> - Cfr. [3]). Nelle prove riportate in tabella 2 la massima forza registrata al rinvio è stata di 900 Kg<sub>F</sub>, ma in generale nelle prove alla Torre difficilmente vengono superati i 1000 Kg<sub>F</sub>: essendo la forza che agisce sulla massa nettamente inferiore a questa (dell'ordine dei 2/3, per il bilancio delle forze di cui si dirà), il problema di accelerazioni eccessive per l'incolumità dell'alpinista risulta scongiurato.

(c) L'altezza di caduta può essere efficacemente ridotta mediante un posizionamento adeguato dei rinvii: ciò contribuisce a limitare lo scorrimento della corda che non deve essere eccessivo. Ricordiamo che in assenza di rinvii lo scorrimento può essere talmente elevato da rendere difficile oltre che pericoloso per l'assicuratore fermare la caduta se non viene utilizzato un guanto a protezione della mano (Cfr. tab. 1).

Riguardo alla ripartizione delle forze, argomento di cui ci stiamo occupando, l'ipotesi più semplice è che si suddividano equamente nei due rami, quello della sosta e quello della massa (Cfr. fig. 5: il rinvio è sostituito da una puleggia priva di attriti - l'esempio numerico si riferisce al sistema in quiete).

In realtà non è così: a causa degli attriti presenti sull'ultimo rinvio, la forza alla quale è sottoposta la massa che cade è da 1,5 a 2 volte maggiore di quella che possiamo misurare sulla sosta (Cfr. fig. 6): questo rapporto viene chiamato "Fattore di Riduzione" (Cfr [2]).

Prendendo come esempio la prova 1 della Tabella 2, una reale ripartizione delle forze comporta le seguenti sollecitazioni (corrispondenti ad un Fattore di Riduzione = 1,7):

- Forza misurata sull'ultimo rinvio:	800 Kg <sub>F</sub>
- Forza sulla massa:	circa 500 Kg <sub>F</sub>
- Forza sulla sosta:	circa 300 Kg <sub>F</sub>

Da questi dati possiamo desumere quanto segue, in merito alla discussione in corso sui pericoli ai quali è sottoposta la cordata:

a - La forza che agisce sulla sosta quando sono presenti rinvii è confrontabile con il caso di volo con l'utilizzo di un freno ma senza rinvii: infatti la tensione della corda che esce dal freno è determinata dalla resistenza esercitata dalla mano e dal fattore di moltiplicazione del freno.

b - Il valore di decelerazione per l'alpinista che è volato risulta ampiamente entro i limiti di sicurezza.

c - La presenza di attrito sull'ultimo rinvio genera un ulteriore fattore di moltiplicazione della tensione della corda oltre a quello generato dal freno, permettendo di diminuire lo scorrimento della corda entro valori più facilmente gestibili dall'assicuratore, anche con freni molto dinamici; consente inoltre di limitare l'aumento dell'altezza di caduta dovuto alla corda che scorre dentro il freno. Di fondamentale importanza risulta limitare l'altezza di caduta mediante un utilizzo adeguato dei rinvii, anche su basse difficoltà.

Per quanto esposto risulta di fondamentale importanza per la sicurezza della cordata ridurre la probabilità che possa avvenire un volo in assenza di rinvii, posizionando il primo rinvio PRIMA possibile dopo la partenza dal punto di sosta (come viene insegnato ai corsi del CAI).

## 7 - CONCLUSIONI

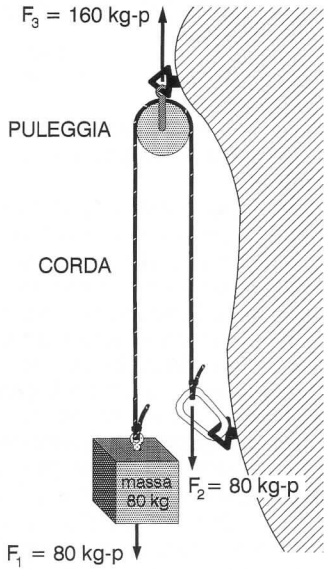
Mentre dalle prove di caduta con corda bloccata descritte nella prima parte di questo articolo (sul numero precedente di "Le Alpi Venete") abbiamo ricavato utili indicazioni sul comportamento delle corde e sul significato del Fattore di Caduta, nelle prove presentate in questa seconda parte abbiamo analizzato gli aspetti fondamentali e le problematiche che emergono con l'utilizzo dell'assicurazione dinamica nei due casi di assenza e presenza di rinvii. I dati ricavati dalle prove svolte presso la Torre di Padova ci hanno permesso di svolgere importanti considerazioni che riguardano l'esecuzione delle manovre di corda, le tecniche di assicurazione e gli aspetti fondamentali dei fenomeni che intervengono in caso di caduta del primo di cordata.

Riteniamo pertanto, come già anticipato nella prima parte, che la Torre di Padova sia una eccezionale palestra che, attraverso un percorso formativo guidato, permette di apprendere, di provare in prima persona, di fare esperienza diretta sui "meccanismi" della fisica che regolano la

F.5

**schema di ripartizione delle forze con sistema in quiete**

corda fissata alla sosta e rinvio sostituito da una puleggia priva di attriti



dinamica di questi fenomeni in un ambiente sicuro e controllato, e di acquisire pertanto la padronanza e l'esperienza che contribuiscono grandemente ad aumentare il margine di sicurezza delle attività alpinistiche. Costituisce inoltre uno strumento indispensabile di ricerca e di studio che consente di aumentare le nostre conoscenze e la nostra consapevolezza riguardo alle caratteristiche dei materiali, al comportamento di tipi diversi di assicurazione, all'esecuzione delle manovre inerenti alla pratica alpinistica

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringraziano l'Ing. Carlo Zanantoni (rappresentante del CAI presso l'UIAA), Giuliano Bressan (Presidente Commissione CCMT - Sez. CAI di Padova), Gigi Signoretti (Commissione CCMT - Sez. CAI di Mestre) per le utili indicazioni e suggerimenti; si ringrazia Gigi Signoretti anche per aver gentilmente fornito i disegni.

**BIBLIOGRAFIA**

- G. Bressan, G. Signoretti - Commissione CCMT, "Assicurazione su Terreni precari e Delicati - 4 parte", Le Alpi Venete, n. 2 1999.
- Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G., "La Catena di Assicurazione", Club Alpino Italiano, II edizione, 1997.
- A. Carboni - Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G., "Carichi di Rottura dei Moschettoni e Sicurezza dell'Alpinista", Le Alpi Venete, n. 1 2000.

F.6

**bilancio delle forze nel caso reale nel quale sono presenti gli attriti**

