

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

## 1. PARTE

La struttura ormai nota come Torre di "S. Lazzaro" è stata frequentata, nell'ultimo decennio, da un gran numero di alpinisti e arrampicatori: Istruttori di Alpinismo e Sci-alpinismo, allievi dei corsi del CAI, membri del CNSAS, Guide Alpine. Qualche anno fa si è tenuta a Padova anche una sessione della Commissione Sicurezza UIAA, sicuramente nota a tutti gli alpinisti, che comprendeva lo svolgimento di importanti prove pratiche e test tecnici presso la Torre. Le prove che vengono svolte sono di grande importanza sia dal punto di vista didattico, sia per i test riguardanti nuovi materiali e nuove tecniche di assicurazione. In una serie di articoli si vogliono presentare le prove che vengono effettuate ai fini della didattica.

### INTRODUZIONE

La Torre si trova nell'area adiacente al Palazzetto dello Sport di S. Lazzaro, nelle vicinanze dell'uscita autostradale di Padova Est. Deve la sua origine da un'idea di Giuliano Bressan, di Giuseppe Secondo "Bepi" Grazian e dell'ing. Carlo Zanantoni, all'epoca Presidente della Commissione Centrale Materiali e Tecniche. Giuliano e Bepi, Istruttori Nazionali della Scuola di Alpinismo "Franco Piovani" della Sezione CAI di Padova, erano invece entrambi membri della Commissione Materiali e Tecniche VFG<sup>1</sup>. Il "trio" aveva capito come una struttura simile al Dodero avrebbe permesso lo svolgimento, in tempi brevi, di un gran numero di prove sui materiali di alpinismo e di rendere i test ripetibili, grazie a condizioni controllate. La torre, ricavata da un ex traliccio ENEL dell'altezza di 16 metri, opportunamente rinforzato e modificato, è stata completata nel 1990 e consente la caduta di una massa di 80 kg in assenza di attriti, per una altezza complessiva di circa 12 metri. La massa scorre mediante cuscinetti a sfere lungo due binari collocati al centro del traliccio, quindi in presenza di attriti trascurabili. Sul traliccio originale sono state inserite due piattaforme a differenti altezze, per poter ospitare le persone che effettuano le prove o che vi assistono (cfr. fig. 1a - 1b). Negli anni successivi sono state aggiunte un'appendice unita al corpo principale da una trave posta a 12 metri di altezza, dalla quale gli utenti possono provare l'ebbrezza del volo in totale sicurezza, ed una parete attrezzata posta alla base dove si possono eseguire tutti i tipi di soste per provare le varie tecniche di assicurazione. Qualche anno fa è stata addirittura approntata una pista di sabbia, lunga una trentina di metri, che consentiva di

utilizzare la caduta della massa per simulare la caduta del compagno di cordata in un crepaccio; le prove servivano a valutare il modo migliore per legarsi durante l'attraversamento di un ghiacciaio e permettere di conseguenza al secondo (o ai secondi) di cordata di fermare più agevolmente la caduta del primo.

La Torre di Padova è una struttura unica al mondo, lo diciamo con un pizzico di orgoglio, ma anche con grande riconoscenza verso coloro che l'hanno voluta con tutte le loro forze ed hanno impiegato tempo ed energie per la sua realizzazione. Essa costituisce una eccezionale palestra per gli alpinisti in quanto consente di provare moltissime tecniche di assicurazione, oltre che di effettuare test sulla resistenza dei materiali alpinistici.

### TIPI DI PROVE

In questa prima parte si illustrano le prove che vengono effettuate durante una normale sessione didattica utilizzando la caduta della massa nella "zona traliccio". I test vengono svolti utilizzando la massa di 80 kg alla quale viene legato uno spezzone di corda. Il secondo capo dello spezzone viene collegato in modo diverso secondo il tipo di prova che si sta svolgendo. Vengono effettuati essenzialmente quattro tipi di prove:

- prove di caduta con corda bloccata;
- prove di caduta con l'utilizzo di un freno, senza rinvii;
- prove di caduta con l'utilizzo di un freno in presenza di rinvii;
- prove di rottura di un moschettoni.

I risultati delle prove di rottura di un moschettoni sono già stati presentati in un precedente articolo su questa rivista [1], dove sono state sviluppate considerazioni sull'importanza della scelta del tipo di moschettoni adatto all'utilizzo specifico che se ne vuole fare (moschettoni per rinvio, da ferrata, per mezzo barcaiolo, a basso carico). Si sconsigliava inoltre l'utilizzo, nei rinvii, di moschettoni con carico di rottura non sufficientemente elevato, come ad esempio nel caso dei moschettoni di tipo "L".

**Verranno quindi presentate in questa sede gli altri tre tipi di prove: le prove di caduta con corda bloccata (in questa sede) e le prove in presenza di un freno (prossimo articolo).**

In tutti questi tipi di prove la massa viene portata ad una certa altezza, quindi viene fatta cadere: la sua energia



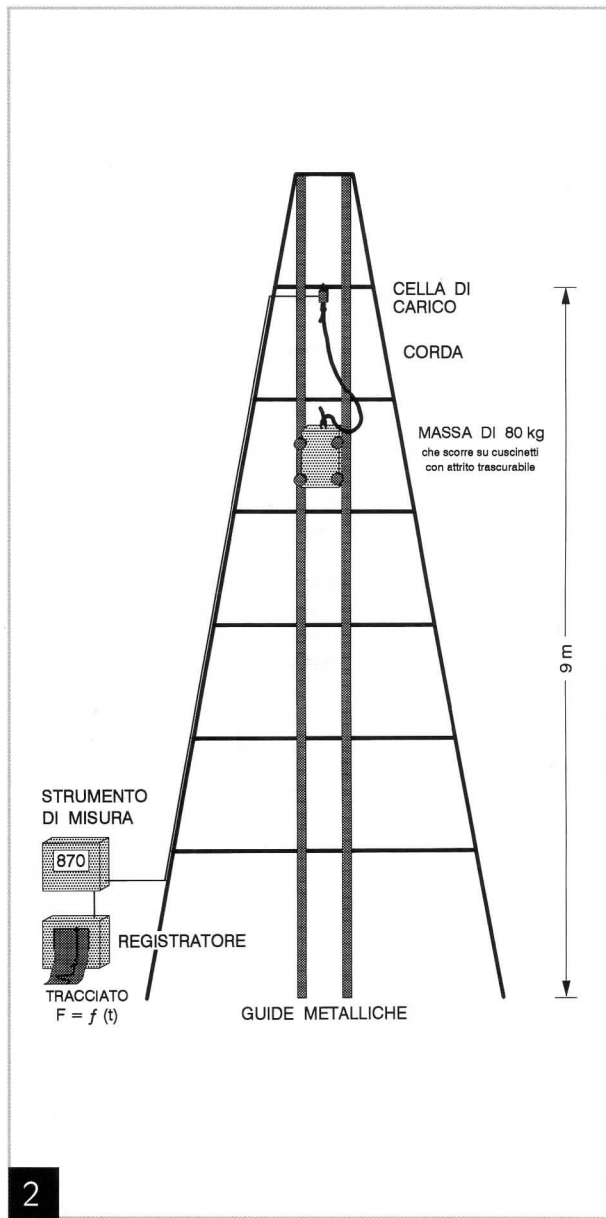
1A



1B

■ Fig. 1a e 1b  
La "Torre" nel 2000 e nel 1990.

■ Fig. 2.- Disegno schematico della "Torre" con sistema di misura e del suo funzionamento (dis. Gigi Signoretti).



2

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 e sul rinvio (se presente) una forza uguale e contraria rispetto a quella a cui è sottoposta la massa.

## IL SISTEMA DI MISURA

La torre dispone di un sistema di misura che permette di determinare l'andamento della forza in funzione del tempo ed il valore della forza d'arresto che si sviluppa sulla sosta (oppure sull'ultimo rinvio) durante la fase di frenaggio della massa che cade. Come è noto, la Forza d'Arresto è il valore massimo dell'andamento della Forza in funzione del tempo:

$$F_{ARR} = \text{MAX } F(t)$$

Il sistema di misura è composto da una cella di carico e da strumento dotato di display sul quale compare direttamente il valore della forza d'arresto (cfr. fig. 2). Un registratore a carta, simile a quelli utilizzati per l'elettrocardiogramma, serve invece alla misurazione del valore della forza in funzione del tempo.

La cella di carico contiene al suo interno un trasduttore, cioè un materiale con la capacità di trasformare una grandezza fisica in un'altra grandezza fisica: in questo caso viene trasformata una deformazione del materiale dovuta alla forza trasmessa dalla corda in una tensione elettrica ad essa proporzionale (cfr. fig. 3a). Quindi in uscita dalla cella si ha a disposizione una tensione elettrica proporzionale alla forza applicata. Lo strumento a valle è costituito da un voltmetro di picco, che registra il valore massimo della tensione. All'inizio è necessaria una operazione di taratura che permette di poter leggere sul display un valore di forza espresso in kg-forza (cfr. [1]) per un approfondimento sui sistemi di misura della forza: kg-forza, kN, DaN). La presenza del trasduttore è fondamentale in quanto disponiamo di strumenti molto precisi per misura di tensioni elettriche anche infinitesimali, invece è molto meno agevole misurare una piccola deformazione di un materiale dovuta alla forza sviluppata dalla corda. La Commissione Materiali dispone anche di un sistema di misura basato su convertitore analogico/digitale e computer che permette la memorizzazione dei dati e la loro elaborazione, ma non viene utilizzato nelle sessioni di didattica in quanto meno immediato e più lento a causa dei maggiori tempi di elaborazione.

## PROVE DI CADUTA CON CORDA BLOCCATA

La corda viene legata con un capo alla massa e con l'altro capo ad un moschettone collegato alla cella di carico, che costituisce l'equivalente della sosta: viene cioè simulato un volo in assenza di freno (cfr. fig. 4). Ci si può chiedere l'utilità di questa prova in quanto si può ritenere una condizione che durante l'arrampicata non si dovrebbe mai presentare. Invece è un caso che può accadere realmen-

te quando è impedito lo scorrimento della corda che entra in tensione, ad esempio perché si incastra in una fessura o perché si avvolge intorno ad uno spuntone. Inoltre questo tipo di prova, simile ai test delle corde al Dodero, permette di poter valutare le caratteristiche fondamentali di una corda, come la resistenza (attraverso il numero di cadute alle quali resiste prima di rompersi) e la forza di arresto.

Le prove vengono svolte con diverse lunghezze dello spezzone, con corde di marche diverse o con differente stato di usura, con diversi valori del Fattore di Caduta e permettono di chiarire il legame tra l'andamento della forza e tali parametri variabili.

Come è noto il Fattore di Caduta è il rapporto tra l'altezza del volo e la lunghezza della corda interessata:

$$FC = H_{VOLO} / L_{CORDA}$$

Ecco un esempio dei risultati che abbiamo ottenuto (prove del 29/04/2000, corda con diametro 10,5 mm):

Tabella 1: Esempio di voli con Fattore di Caduta = 1

Fattore di caduta = 1	Primo volo (kg-forza)	Secondo volo (kg-forza)	Terzo volo (kg-forza)
Lunghezza spezzone = 2 m	520	642	705
Lunghezza spezzone = 4 m	517	643	717

Tabella 2: Esempio di voli con Fattore di Caduta = 2

Fattore di caduta = 2	Primo volo (kg-forza)	Secondo volo (kg-forza)	Terzo volo (kg-forza)
Lunghezza spezzone = 2 m	707	914	1023 rottura spezzone
Lunghezza spezzone = 4 m	759	951	1138 rottura spezzone

Dai risultati delle prove riportate nelle tabelle 1 e 2 possiamo osservare che il valore della forza d'arresto non dipende dalla lunghezza del volo, ma dal "fattore di caduta": infatti le differenze dei valori della forza d'arresto tra i voli di 2 e 4 metri nel caso di fattore di caduta = 1 e tra i voli di 4 metri e 8 metri nel caso di fattore di caduta = 2 sono veramente trascurabili. La differenza dei valori ottenuti nell'ultima prova della seconda tabella non è significativa in quanto gli spezzone si sono rotti: le forze d'arresto ottenute in tal caso dipendono in gran parte dal diverso grado di usura degli spezzone, prelevati da parti diverse della corda.

Tabella 3: Esempio di voli con spezzoni di lunghezza = 4 m (prove del 28/10/2000)

Lunghezza spezzone = 4 m	Primo volo (kg-forza)	Secondo volo (kg-forza)	Terzo volo (kg-forza)
Fattore di caduta = 1	682	834	899
Fattore di caduta = 2	1056	1230	rottura spezzone

Dalla differenza tra le misure riportate nella tabella 3 (corda di un certo tipo), con quelle delle tabelle precedenti (corda di tipo diverso), possiamo osservare che i valori di forza d'arresto ottenuti sono fortemente dipendenti dal tipo di corda e dalla sua storia. Infatti in entrambi i casi si tratta di corde già usate in montagna. Vogliamo approfondire brevemente i risultati ottenuti:

### Dipendenza dal Fattore di Caduta

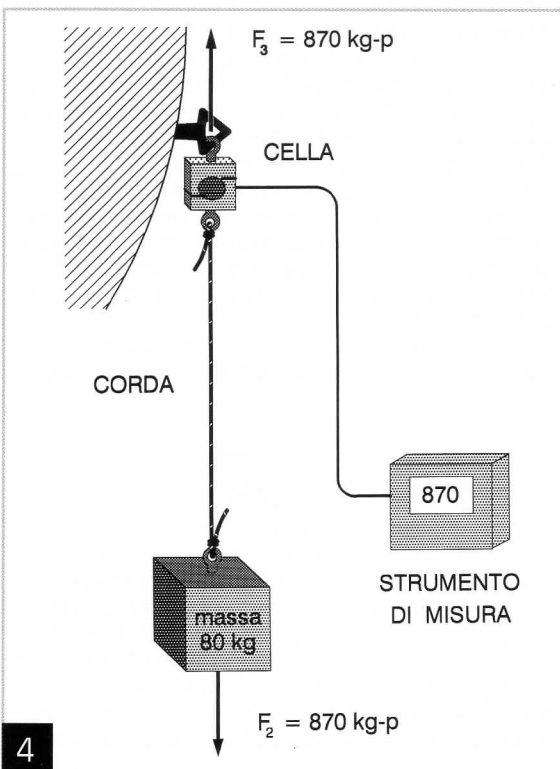
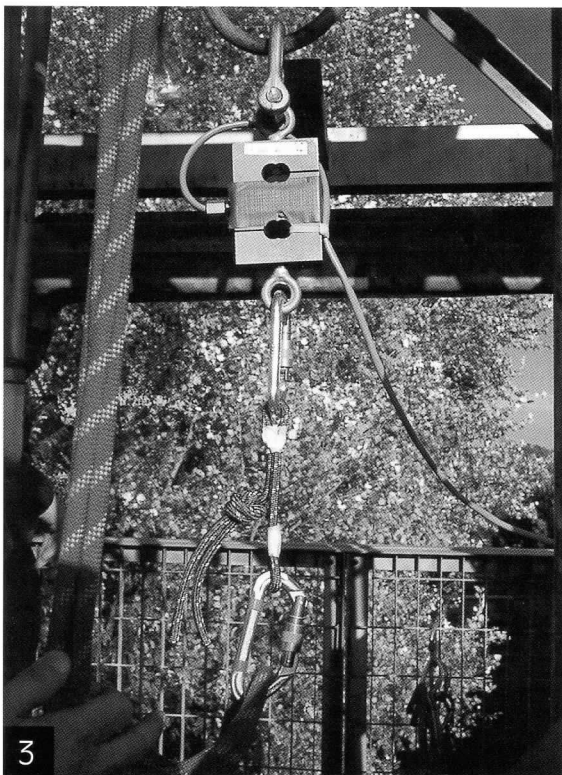
L'energia cinetica della massa (direttamente proporzionale alla sua velocità, e quindi all'altezza di caduta) viene dissipata quasi esclusivamente dall'elasticità della corda. È chiaro che maggiore è l'altezza di caduta, maggiore sarà l'energia cinetica da dissipare, e di conseguenza maggiore sarà "la difficoltà" della corda nel fermare la massa. La forza d'arresto sarà tanto minore quanto maggiore è l'elasticità della corda. Infatti se ipotizzassimo di poter utilizzare un elastico per frenare la caduta della massa, avremmo forze d'arresto estremamente basse in quanto la decelerazione sarebbe molto graduale, ma aumenterebbe molto la lunghezza del volo in quanto un elastico si allungherebbe notevolmente. Al contrario, utilizzando una fune d'acciaio aumenterebbe moltissimo la forza d'arresto, in quanto la decelerazione sarebbe elevatissima a fronte di un allungamento della fune praticamente nullo. Si tenga presente al riguardo la seconda Legge di Newton che lega il valore della forza a quello dell'accelerazione (o della decelerazione, che è la stessa cosa!) (cfr. [1]):

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

A parità di massa (nel nostro caso 80 kg), maggiore è la decelerazione che la massa subisce per l'intervento della corda, maggiore sarà la forza che si applica sulla massa, quindi anche sulla sosta. Infatti la forza che agisce sulla massa è la stessa in valore assoluto, ma di verso opposto rispetto a quella che troviamo sulla sosta.

Risulta chiaro pertanto che se aumenta il fattore di caduta, a parità di altezza di caduta diminuirà la quantità di corda che dissipa energia, diminuirà la capacità della corda di allungarsi, aumenterà di conseguenza il valore della decelerazione e quindi della forza di arresto.

Facciamo notare che le norme UIAA, e di conseguenza le norme CE che da esse derivano, impongono un valore massimo della forza d'arresto di 1200 kg-forza. Per questioni di manovrabilità ed impiego dei freni le norme stesse impongono altresì un limite all'allungamento delle



## MATERIALI E TECNICHE

corde (minore o uguale all'8% per una corda semplice e per una coppia di corde gemellari e minore o uguale al 10% per una mezza corda: cfr. [1], [2], [3]).

### Indipendenza sostanziale dalla lunghezza del volo

Intuitivamente possiamo immaginare che, se è vero che con l'aumentare dell'altezza del volo aumenta l'energia da dissipare, è anche vero che aumenta proporzionalmente anche la quantità di corda che grazie alla propria elasticità si deforma per allungamento e quindi dissipa energia.

### Aumento della forza d'arresto nei voli successivi

Possiamo notare che nei voli successivi il valore della forza d'arresto aumenta a causa del danneggiamento progressivo della corda e di conseguenza della sua diminuita elasticità. Ricordiamo che il rispetto delle norme UIAA e CE impone che il valore della forza d'arresto sia minore o uguale a 1200 kg-forza come già esposto, solo al primo volo.

Notiamo inoltre che con fattore di caduta = 2 si è verificata la rottura dello spezzone provato in due casi al terzo volo ed in un caso addirittura al secondo volo: cioè le "tenute" della corda sono state rispettivamente 2 colpi e 1 colpo, mentre le normative impongono un minimo di 5 colpi.

A tal riguardo vorremmo far notare che:

1 - gli spezzoni appartenevano a corde già usate abbastanza, e quindi non più in possesso delle caratteristiche garantite dal costruttore. Questo dato ci dà un'idea di quanto l'usura intervenga nel decadimento delle caratteristiche della corda: è consigliabile quando si acquista una corda considerare che le caratteristiche, anche di molto superiori a quelle minime, valgono solo per corda nuova: non appena iniziamo ad utilizzarla, queste cominciano a degradarsi per effetto dell'usura. È bene quindi avere un certo margine di sicurezza per tenerne conto.

2 - le prove al Doderò sono meno "traumatiche" per la corda per due motivi: innanzitutto perché noi non attendiamo 5 minuti, come richiesto dalle norme, tra un volo e l'altro (durante i quali la corda ha un parziale recupero di elasticità); in secondo luogo nelle prove alla Torre la corda è annodata sia nel capo collegato alla massa, sia in quello collegato alla cella, mentre quest'ultimo è avvolto attorno ad un rullo nel Doderò (e i nodi sono dei punti deboli della corda: cfr. [2]).

## ANDAMENTO DELLA FORZA IN FUNZIONE DEL TEMPO

Il grafico della forza in funzione del tempo è molto interessante (cfr. fig. 5). Quando la massa cadendo inizia a tendere la corda, la forza resistente, dovuta all'allungamento e all'elasticità della corda stessa, viene trasmessa alla sosta aumentando molto rapidamente: da zero si raggiunge il valore massimo in poco più di un decimo di secondo. Tale valore massimo, che costituisce la forza d'arresto, corrisponde al massimo allungamento della corda e rappresenta quindi il punto più basso raggiunto

dalla massa (che in questo istante si trova in stato di quiete). Avendo la massa esaurito la propria energia cinetica, tende ad essere risolledata verso l'alto a causa dell'elasticità della corda stessa.

Infatti, in quest'istante la massa è soggetta a due forze: 1 - una forza diretta verso l'alto, pari al valore misurato della forza d'arresto dovuta alla trazione della corda; 2 - una forza diretta verso il basso, di valore molto inferiore, costituita dalla propria forza-peso, dovuta alla gravità terrestre.

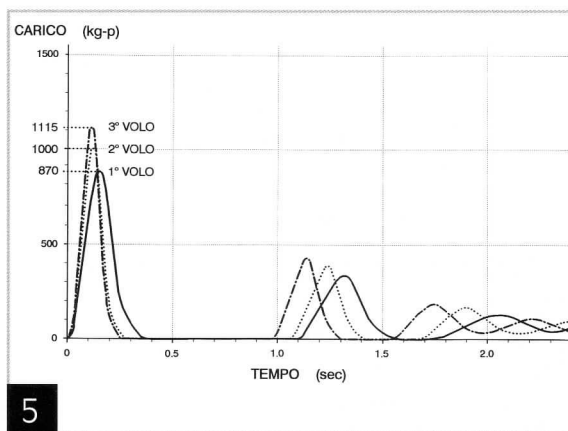
Pertanto la massa è risolledata verso l'alto, l'allungamento della corda diminuisce, di conseguenza diminuisce anche il valore della forza sulla sosta fino a ritornare a zero (quando la massa risale al di sopra del punto in cui la corda aveva cominciato a tendersi). In questo momento la corda e la sosta si trovano completamente scariche. Terminato il rimbalzo verso l'alto, la massa ricade trasmettendo alla sosta altre sollecitazioni fino a rimanere appesa alla corda: gli strumenti indicano alla fine la forza-peso della massa, cioè 80 kg-forza.

Anche nel grafico si nota chiaramente l'aumento della forza d'arresto nei voli successivi al primo a conferma di quanto già evidenziato nelle tabelle. Dalla discussione precedente possiamo evincere che all'aumento della forza d'arresto nei voli successivi al primo corrisponde un maggiore allungamento della corda necessario per fermare la caduta della massa (dovuto ad una progressiva riduzione delle caratteristiche di elasticità della corda).

## UTILITÀ DELLE PROVE DI CADUTA CON CORDA BLOCCATA

Da queste prove si possono ricavare indicazioni interessanti che riguardano il concetto di fattore di caduta e la sua corretta interpretazione. Sono inoltre molto utili le informazioni riguardanti le caratteristiche delle corde e il degrado delle loro prestazioni dovuto all'usura.

Essendo la corda senza dubbio uno degli strumenti fondamentali per la progressione in sicurezza dell'alpinista, tali conoscenze ci aiutano ad un più corretto utilizzo dei materiali e contribuiscono ad aumentare il margine di sicurezza della nostra entusiasmante attività.



### RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano gli amici delle Commissioni Centrale e Inter-regionale V.F.G. Materiali e Tecniche per gli utili suggerimenti.

### BIBLIOGRAFIA

[1] 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.

[2] Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G., "La Catena di Assicurazione", Club Alpino Italiano, II edizione, 1997.

[3] Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G., "I marchi CE ed UIAA per gli attrezzi alpinistici", Le Alpi Venete, n. 1 1997.

[4] Arturo Castagna, "La Torre di S. Lazzaro: la risposta ai tanti perché nella catena di sicurezza", Annuario del Club Alpino Accademico Italiano, 2000.

<sup>1</sup> Attualmente Giuliano Bressan è Presidente della Commissione Centrale Materiali e Tecniche (CCMT)



**C.A.I. - SEZIONI TRIVENETE  
FONDAZIONE ANTONIO BERTI  
in COLLANA**

**«PIONIERI DELL'ALPINISMO DOLOMITICO»:**

Vol. n. 1

**WENZEL ECKERTH**

**IL GRUPPO DEL MONTE CRISTALLO**

Da: "DER GEBIRGSGRUPPE DES MONTE  
CRISTALLO"

Prag 1891

Ed. LA COOPERATIVA DI CORTINA - L. 28.000.

Vol. n. 2

**THEODOR WUNDT**

**SULLE DOLOMITI AMPEZZANE**

Da: "WANDERUNGEN IN DER AMPEZZANER  
DOLOMITEN" Stuttgart, 1895

Ed. LA COOPERATIVA DI CORTINA - L. 45.000.

Vol. n. 3

**KARL GÜNTHER F. von SAAR - KARL DOMÉNIGG**

**LA SCOPERTA DELLE PREALPI CARNICHE**

Da: "ZUR ERSCHLIESSUNG DER KARNISCHEN  
VORALPEN"

in Zeitschrift des D. Ö. A. V. 1905 - 1908

Ed. C.A.I. - SEZ. DI CIMOLAIS - L. 35.000.

Vol. n. 4

**EMIL ZSIGMONDY**

**DALLE DOLOMITI**

Dai capitoli dolomitici di "IM HOCHGEBIRGE"  
Leipzig 1889

Ed. LA COOPERATIVA DI CORTINA. - L. 43.000.

Vol. n. 5

**ANTONIO BERTI**

**PARLANO I MONTI**

Edizione anastatica dell'originale - Ed. Treves 1948  
Ed. PANORAMA - Trento - L. 32.000.

A pag. 101:

■ Fig. 3.- Sistema di misura: cella di carico.

■ Fig. 4.- Schema di caduta con corda bloccata

(dis. Gigi Signoretti).

A fronte:

■ Fig. 5.- Andamento della Forza in funzione del tempo nella caduta con corda bloccata. Fattore di Caduta = 2 (dis. Gigi Signoretti).