

# Scuola di speleologia di Cagliari della CNSS-SSI



**Speleo Club di Cagliari**

## *Carrucole, Paranchi e Rinvii di sicurezza*

*Paolo Salimbeni*



**Comitato  
Esecutivo  
Regionale  
Sardegna**

**Commissione  
Nazionale  
Scuole  
di Speleologia**



**Edizione 7E703b**

# Testi Tecnici

Prima edizione: 05 / 1999

Ultima edizione: 03 / 2023b



## *Prefazione*

L'invenzione della Carrucola risale al **IV** secolo aC per opera del matematico greco **Archita da Taranto** (430 – 365 aC); da lì ad ideare i paranchi, sistemi di carrucole multiple, c'è voluto ben poco.

Il genere, le carrucole si caratterizzano in base a quello che può essere chiamato, e per praticità e per semplicità, *coefficiente d'attrito*; questo valore, per contro, è comunemente trascurato, anche se, praticamente sempre, non sia lecito farlo.

Spesso, anche se non in modo non ortodosso, si caratterizzano i paranchi in base al rapporto tra il peso in essi applicato e la forza che si deve applicare; ci saranno quindi paranchi di *e seconda*, e *terza*, e *quarta*, e . . . , intendendo così che la forza applicata è 1/2, 1/3, 1/4, . . . volte quella esercitata dal grave; trascurando ovviamente, come avviene purtroppo comunemente, tutte le forme di attrito.

L'Autore, in questa dispensa, si è preposto il compito di tenere in considerazione proprio gli attriti che appaiono come il ponte di collegamento fra la teoria e la realtà.

## *Ringraziamenti*

Un particolare e sentito ringraziamento all'amico **MAURO VILLANI** che si è distinto, per le sue doti peculiari, nell'ardua veste sia di «*revisore*» sia di «*consigliere*» ed un doveroso ringraziamento agli amici: **ANDREA GAVIANO**, **DANIELE SORO**, **MAURO CONTU**, **ROBERTO SILLA**, **TONINO FADDA** (in rigoroso ordine alfabetico per *nome*), che hanno accettato con *entusiasmo* di leggere le bozze iniziali della presente monografia.

Tutti loro mi hanno agevolato, nel compito della stesura finale, sia segnalandomi e sviste ed imprecisioni ed omissioni sia fornendomi ed impressioni e pareri e consigli che *io* spero sia qui riuscito a correggere i primi ed a mettere a frutto i secondi.

## *L'Autore*

L'Autore sarà grato a tutti coloro che gli segnaleranno eventuali od *errori* od *imprecisioni* (sono graditi anche e *consigli* ed *opinioni*).

via P. Cavaro, 73 09131 Cagliari  
cellulare: +39 3493897629  
e-mail: [p.salimba@gmail.com](mailto:p.salimba@gmail.com)

Questa ed altre dispense, sempre dello stesso Autore, nel sito di **Paolo Salimbeni** «<http://www.paolosalimbeni.it>»; vedi in: **Dispense**.

Dello stesso Autore, e nel medesimo sito, alcune presentazioni in **PowerPoint**; vedi in: **Presentazioni**.



Paolo Salimbeni

## **Copyright © Paolo Salimbeni**

Tutti i diritti sono riservati, a norma di legge ed a norma delle convenzioni internazionali; nessuna parte dell'opera può essere riprodotta, tradotta o diffusa, in qualsiasi forma o sistema (per fotocopia, microfilm, supporti magnetici, o qualsiasi altro procedimento), o rielaborata o trasmessa, con l'uso di sistemi elettronici, senza l'autorizzazione scritta dell'autore. . . . **o no ?!**

All rights reserved, no part of this book may be reproduced, who may quote brief passages or reproduce illustrations in un review with appropriate credit; nor ay any part of this book be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means electronic, photocopying, recording, or other without permission in writing from the Author. . . . **or not ?!**

# Carrucole, Paranchi e Rinvii di sicurezza

## Premessa

Nel *Soccorso speleologico*, come parimenti nelle moderne *Tecniche d'autosoccorso*, si stanno sempre più diffondendo particolari manovre le quali implicano l'utilizzo di specifici paranchi eseguiti con l'impiego di *carrucole* (o di *rinvii su moschettone*).

Sembra pertanto doveroso approfondire la conoscenza, di questi *sistemi*, non solo per quanto riguarda il loro aspetto tipologico, ma anche per quanto concerne le loro caratteristiche fisiche più importanti.

L'Autore, dopo una breve introduzione sulle proprietà sia d'alcune *carrucole*, presenti sul mercato, sia del *rinvio su moschettone*, passa a presentare una serie di paranchi mettendone in risalto alcune peculiarità.

Indica inoltre un noto procedimento analitico, semplice e veloce, col quale si possono determinare le tensioni presenti in ogni ramo, del sistema, ed in particolare si può calcolare la *forza reale* «F», necessaria a sollevare un certo *carico* «P», tenendo conto degli attriti propri di ciascuna *carrucola* o *rinvio su moschettone*.

Termina infine proponendo un metodo di calcolo, che ritiene sufficientemente approssimato, per determinare sia la *forza di shock* che si genera, sulla corda, a causa della caduta di un peso «P» (denominato, nel seguito, anche *grave*), o su *rinvio di sicurezza* o su *più rinvii di sicurezza*, sia le altre forze che caratterizzano il fenomeno.

## Le Carrucole

### Definizione

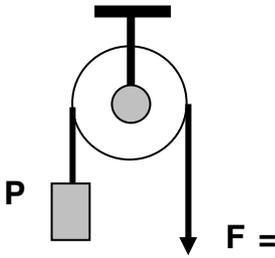
La carrucola, nella sua formulazione più elementare, può essere definita «**una macchina semplice costituita da una ruota (puleggia), provvista di una scanalatura (gola), nella quale è alloggiata una fune (nell'ambito speleologico, il termine corretto è corda)**».

Si utilizza per predisporre dei sistemi di sollevamento, o di spostamento, i quali, in base alla diversa tipologia nella quale possono essere allestiti, sono distinti in: *sistemi a carrucola fissa*, *sistemi a carrucola mobile* (ovviamente anche *sistemi misti*).

### Caratteristiche

Le **Carrucole fisse** sono montate col loro asse solidale, o sospeso, ad un punto fisso; il peso «P» (resistenza) e la forza reale «F» (potenza) sono applicate ciascuna ad uno degli estremi della corda.

Vedi [fig. 01a] inserita nella tabella [tab. 01a].

Tipologia	coefficienti d'attrito «μ»					
	Te	T0	T1	T2	Pa	Mo
 <p>fig. 01a</p>						
	P	1,05 P	1,1 P	1,4 P	1,7 P	2 P

[tab. 01a]

**Te** = Carrucola teorica, priva d'attriti.

**T0** = Carrucola, ad alto rendimento, con cuscinetto a sfere sigillato (es. Petzl: *Rescue*)

**T1** = Carrucola, ad alto rendimento, con cuscinetto a sfere (es. Petzl: *Mini*).

**T2** = Carrucola con cuscinetto auto lubrificante (es. Petzl: *Oscillante, Fixe, gemini*).

**Pa** = Carrucola di plastica, da utilizzare con un moschettone parallelo in acciaio con ghiera (es. Petzl: *Ultra leggera*).

**Mo** = Rinvio diretto su Moschettone (preferibilmente in acciaio con ghiera).

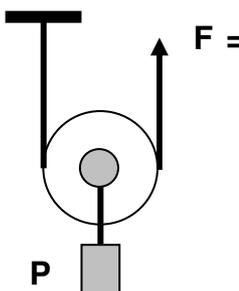
Le *Carrucole fisse* servono esclusivamente a variare il verso della forza «F» (forza reale applicata per controbilanciare il peso «P») lasciandone invariata, in assenza d'attriti, l'intensità (vantaggio meccanico teorico  $VMT = 1$ ).

Il **Vantaggio Meccanico teorico** « $VMT = P / Ft$ » è il rapporto fra la resistenza «P» e la forza teorica «Ft», necessaria a bilanciare «P», nel caso si considerino nulli tutti gli attriti.

Il **Vantaggio Meccanico Reale** « $VMR = P / F$ » è, per contro, il rapporto fra la resistenza «P» e la forza reale «F», necessaria ad innalzare «P», nel caso si considerino anche gli attriti inevitabilmente presenti nel sistema; il «VMR», in un qualsiasi sistema reale, è sempre inferiore al corrispondente «VMT».

Le **Carrucole mobili** sono montate col loro l'asse «x» libero e su di esso agisce il peso «P»; la forza reale «F» agisce invece su uno dei capi della corda la quale ha l'altro capo ancorato ad un punto fisso ( $VMT = 2$ ).

Vedi [fig. 01b] inserita nella tabella [tab. 01b].

Tipologia	coefficienti correttivi «λ»					
	Te	T0	T1	T2	Pa	Mo
 <p>fig. 01b</p>	0,5 P	0,51 P	0,52 P	0,58 P	0,63 P	0,67 P

[tab. 01b]

**Te** = Carrucola teorica, priva d'attriti.

**T0** = Carrucola, ad alto rendimento, con cuscinetto a sfere sigillato (es. Petzl: *Rescue*).

**T1** = Carrucola, ad alto rendimento, con cuscinetto a sfere (es. Petzl: *Mini*).

**T2** = Carrucola con cuscinetto auto lubrificante (es. Petzl: *Oscillante, Fixe, gemini*).

**Pa** = Carrucola di plastica, da utilizzare con un moschettone parallelo in acciaio con ghiera (es. Petzl: *Ultra leggera*).

**Mo** = Rinvio diretto su Moschettone (preferibilmente in acciaio con ghiera).

Il **Rendimento** « $\eta = VMR / VMT$ » è il rapporto fra il «VMR» ed il «VMT»; in caso di situazione reale è sempre inferiore all'unità (solo in un *sistema teorico*, composto esclusivamente da carrucole teoriche, « $\eta$ » è uguale ad «uno»).

Nella tabella [tab. 01a] sono stati indicati i valori, dei *coefficienti d'attrito* « $\mu$ », propri d'alcuni tipi di *carrucole* o *rinvio su moschettone*.

Il termine *coefficiente d'attrito* (utilizzato per indicare il valore di « $\mu$ » corrispondente al rapporto fra la forza reale «F» ed il peso «P») è non molto appropriato e, forse, sarebbe stato meglio definirlo, ad esempio, *coefficiente di maggiorazione*; il primo termine, per contro, rende meglio l'idea (a mio avviso) e pertanto, anche se improprio, uso quello.

I valori dei *coefficienti d'attrito* « $\mu$ », utilizzati rispettivamente per le carrucole di tipo «T0» ( $\mu = 1,05$ ), «T1» ( $\mu = 1,1$ ) e «T2» ( $\mu = 1,4$ ), sono stati ricavati dal Manuale Petzl; parimenti anche il valore di « $\mu$ », per il *rinvio su moschettone* «Mo» ( $\mu = 2$ ), coincidente col valore ottenuto da altri autori, è stato ricavato dalla medesima fonte.

Questi valori sembrano però riferiti a *test* eseguiti in situazioni particolarmente favorevoli; dovendoli adattare alle condizioni presenti in ambiente ipogeo, certamente più avverse, ritengo corretto accrescerli di circa il «5% ÷ 10%»; nel seguito, in ogni caso, utilizzeremo i valori forniti dalla ditta produttrice..

Per contro il valore di « $\mu$ », per la carrucola di plastica «Pa» ( $\mu = 1,7$ ), da utilizzare in abbinamento con un moschettone, è stato desunto dall'Autore a seguito d'alcune prove eseguite, con corda «*speleo*» leggermente infangata, su una carrucola non nuova.

Nella tabella [tab. 01b] sono stati indicati i valori dei *coefficienti correttivi* « $\lambda$ », atti a ricavare la forza reale «F», da applicare al sistema per controbilanciare il peso «P», nel caso si consideri la tipologia a *carrucola mobile*.

Sia i valori di « $\mu$ », riportati nella [tab. 01a], sia i valori di « $\lambda$ », riportati nella [tab. 01b], pur essendo realistici (forniscono un ordine di grandezza attendibile), sono, in ogni caso, solo indicativi (possono variare sia per le eventuali mutate caratteristiche costruttive delle carrucole sia per le differenti condizioni in cui ci si potrebbe trovare ad operare).

Nell'eseguire i calcoli si sono rese necessarie alcune semplificazioni ipotizzando, in particolare, le direzioni, di tutti i rami del sistema, parallele fra loro.

Si sono trascurati, inoltre, sia i fenomeni legati all'elasticità della corda (il suo allungamento unitario è differente per ogni ramo) sia la resistenza, che la corda incontra nell'attraversare l'*autobloccante fisso* «B<sub>f</sub>» (dovrebbe essere considerata), sia il peso e delle carrucole e dei moschettoni e degli *autobloccanti* che, in verità, appare affatto irrilevante.

Non sono state eseguite prove, sull'andamento del *coefficiente d'attrito* «μ», in funzione sia della variazione dell'entità del carico «P» sia della variazione d'ampiezza dell'angolo convesso formato dai due rami di corda (entrante ed uscente dalla carrucola).

L'ipotesi che «μ» resti sempre costante, in tutte le situazioni, non è certamente lecita; dovrebbe, per contro, essere di conforto agli «operatori» il sapere che si è considerata, sempre, la situazione più sfavorevole.

### Tipologia a carrucola fissa

Conoscendo «μ» si può ricavare la forza reale «F», da applicare al sistema, per controbilanciare la resistenza «P».

Da semplici considerazioni, si ha:

$$F = P \cdot \mu \quad [01a]$$

Volendo sollevare un peso «P», ad esempio di 100 kg, per mezzo di una *carrucola fissa*, con caratteristiche equivalenti ad una «T1» (μ = 1,1), gli si dovrà applicare una forza reale pari a  $F_{T1} = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{ kg}$ ; volendo sollevare il medesimo peso «P», per mezzo di un semplice *rinvio* eseguito su di un *moschettone* (μ = 2), gli si dovrà applicare una forza reale pari a  $F_{Mo} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ kg}$ .

Nel primo caso, l'armo «W» (o il punto di sospensione) della *carrucola fissa*, dovrà sopportare una *forza reale* pari a  $F_{WC} = P + F_{T1} = 100 + 110 = 210 \text{ kg}$  (il 5% in più della corrispondente *forza teorica* la quale risulterebbe:  $F_{WT} = 2 \cdot P = 200$ ); nel secondo caso, l'armo della *carrucola fissa*, dovrà sopportare una *forza reale* pari a  $F_{WM} = P + F_{Mo} = 100 + 200 = 300 \text{ kg}$  (il 50% in più della *forza teorica* «F<sub>WT</sub>»).

E' per questa ragione (il sommarsi, nel punto di sospensione, della *forza peso* «P» e della *forza reale* «F») che gli armi allestiti per eseguire un *contrappeso* devono essere particolarmente curati.

**Utilizzare carrucole ad alto rendimento (basso coefficiente d'attrito) significa non solo poter applicare una forza inferiore, ma, soprattutto, sollecitare meno gli armi.**

### Tipologia a carrucola mobile

Conoscendo «λ» si può ricavare la forza reale «F», da applicare al sistema, per controbilanciare la resistenza «P».

Da semplici considerazioni si ha:

$$P = F + \frac{F}{\mu} = \frac{F \cdot \mu + F}{\mu} = \frac{F \cdot (\mu + 1)}{\mu} = F \cdot \frac{1 + \mu}{\mu}$$

$$\text{da cui } F = P \cdot \frac{\mu}{1 + \mu} \quad \text{e ponendo } \lambda = \frac{\mu}{1 + \mu}$$

Si ha infine:

$$F = P \cdot \lambda \quad [01b]$$

Volendo sollevare un peso «P», ad esempio di 100 kg, per mezzo di una *carrucola mobile*, con caratteristiche equivalenti ad una «T1» (λ = 0,52), gli si dovrà applicare una forza reale pari a  $F_{T1} = 100 \cdot 0,52 = 52,0 \text{ kg}$  (il 4% in più della *forza teorica* «F<sub>t</sub>» la quale risulterebbe  $F_t = P / 2 = 100 / 2 = 50,0 \text{ kg}$ ).

All'altro capo della corda (quello fissato all'armo) si genererà, a causa degli attriti, una forza pari a  $F_{WC} = 100 - 52,0 = 48,0 \text{ kg}$  (il 96% della forza teorica «F<sub>t</sub>»).

Parimenti, seguendo un'altra via (utilizzando il coefficiente «μ = 1,1», della tabella [01a], al posto del coefficiente «λ», della tabella [01b]), risulterebbe  $F_{T1} = 52,4 \text{ kg}$  (per la forza da applicare) e  $F_{WC} = 47,6 \text{ kg}$  (per il carico nell'armo).

La leggera differenza, fra i risultati ottenuti con i due differenti procedimenti, è dovuta all'approssimazione con cui sono stati ottenuti i valori di «λ» rispetto ai valori di «μ» (ad esempio: per la carrucola di tipo T1 è stato calcolato, partendo dal valore «μ = 1,1», un valore di λ = 0,52 mentre, un calcolo più approssimato, avrebbe fornito il valore di λ = 0,5238).

Di conseguenza si sarebbe ottenuto  $F_{T1} = 100 \cdot 0,5238 \text{ kg}$ , ovvero  $F_{T1} = 52,4 \text{ kg}$ , e pertanto il carico nell'armo sarebbe risultato  $F_W = 100 - 52,4 = 47,6 \text{ kg}$ .

La variabilità dei valori che si otterrebbero, nelle più disparate situazioni (il range di dispersione dei risultati), giustifica comunque appieno simili approssimazioni.

Volendo sollevare il medesimo peso «P», per mezzo di un *rinvio eseguito su moschetto* ( $\lambda = 0,67$ ), gli si dovrà applicare una forza reale pari a  $F_{Mo} = 100 \cdot 0,67 = 67,0 \text{ kg}$  (il 34% in più della *forza teorica* che risulterebbe sempre  $F_t = 50 \text{ kg}$ ).

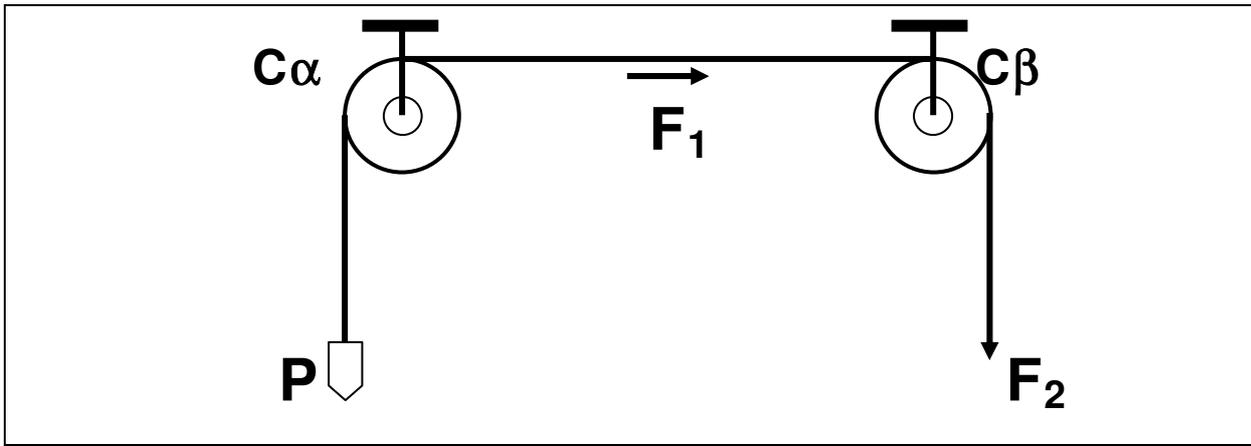
All'altro capo della corda, quello fissato all'armo, si genererà una forza, sempre a causa degli attriti, pari a  $F_{WM} = 100 - 67,0 = 33,0 \text{ kg}$  (il 66% della forza teorica « $F_t$ »).

Parimenti, seguendo l'altra via, si otterrebbe:  $F_{Mo} = 66,7 \text{ kg}$  e  $F_{WM} = 33,3 \text{ kg}$ ; anche in questo caso con una leggera differenza fra i due risultati.

**Utilizzare carrucole ad alto rendimento significa sì applicare una forza inferiore ma, per contro, significa anche sollecitare maggiormente gli armi anche se, riducendo il coefficiente d'attrito della carrucola, fino al suo valore teorico « $\mu = 1$ », il carico nell'armo tenderà al valore limite di: « $F = P / 2$ », senza però mai superarlo.**

### Carrucole fisse in serie

Analizziamo, innanzi tutto, cosa avviene se abbiamo due carrucole fisse in serie, come illustrato in [tab 02a].



[tab. 02a]

Ipotizziamo che sia la carrucola «Cα» sia la carrucola «Cβ» abbiano il medesimo *coefficiente d'attrito* « $\mu$ » (sarà pertanto:  $\mu = \mu\alpha = \mu\beta$ ), pari a  $\mu = 1,4$  (stiamo usando due carrucole, per noi di tipo «T2», ad esempio o due **Fixe** o una **Tandem**, della **Petzl**); ipotizziamo inoltre che il peso «P» sia di  $P = 100 \text{ kg}$ .

Ogni carrucola aggiunge al carico il 40% di esso, nel senso che la forza che dovremmo applicare, per alzare il carico è, ogni volta (per ogni carrucola), il 40% in più.

Avremmo pertanto:

$$F_1 = P \cdot \mu\alpha = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ kg}$$

$$F_2 = F_1 \cdot \mu\beta = 140 \cdot 1,4 = 196 \text{ kg}$$

Il *coefficiente d'attrito* « $\mu\alpha\beta$ » risultante dall'accoppiamento della due carrucole fisse e «Cα» e «Cβ», poste in serie, sarebbe pertanto:  $\mu\alpha\beta = 1,96$ .

Tale valore è semplicemente il prodotto dei *coefficienti d'attrito* delle singole carrucole:

$$\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96$$

Da cui si avrebbe, come già ottenuto:  $F_2 = \mu\alpha\beta \cdot P = 1,96 \cdot 100 = 196 \text{ kg}$ .

#### Curiosità

Il valore di  $\mu\alpha\beta$ , si può ottenere in modo differente, anche se più macchinoso:

$$0,4\% + 0,4\% = 0,8\%$$

$$0,4\% \cdot 0,4\% = 0,16\%$$

$$0,96 \text{ (da cui } \mu\alpha\beta = 1,96)$$

Se avessimo usato due carrucole, per noi di tipo «T1» (ad esempio due **Turbo**, della **Kong**), con  $\mu = 1,1$ , avremmo avuto:

$$0,1 + 0,1 = 0,2\%$$

$$0,1 \cdot 0,1 = 0,01\%$$

$$0,21 \text{ (da cui } \mu\alpha\beta = 1,21)$$

Pertanto avremmo:  $F_2 = (1 + \mu\alpha\beta) \cdot P = 1,21 \cdot 100 = 121 \text{ kg}$ .

Possiamo verificare, infatti, che:  $\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,1 \cdot 1,1 = 1,21$

Nel caso le due carrucole fossero differenti, con differenti *coefficienti d'attrito* (ad esempio e una **Fixe**, nella posizione della «C $\alpha$ », con « $\mu\alpha = 1,4$ », e una **Turbo**, nella posizione della «C $\beta$ », con  $\mu\beta = 1,1$ ), il procedimento resterebbe uguale.

Il quest'ultimo caso avremmo, infatti:

$$\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,4 \cdot 1,1 = 1,54$$

Da cui si avrebbe:

$$F_1 = P \cdot \mu\alpha = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ kg}$$

$$F_2 = F_1 \cdot \mu\beta = 140 \cdot 1,1 = 154 \text{ kg}$$

#### Curiosità

Il valore di  $\mu\alpha\beta$ , lo si può anche ottenere nel modo differente, più macchinoso:

$$0,4\% + 0,1\% = 0,5\%$$

$$0,4\% \cdot 0,1\% = 0,04\%$$

$$0,54\% \text{ (da cui } \mu\alpha\beta = 1,54)$$

Se scambiassimo la posizione delle due carrucole, avremmo:

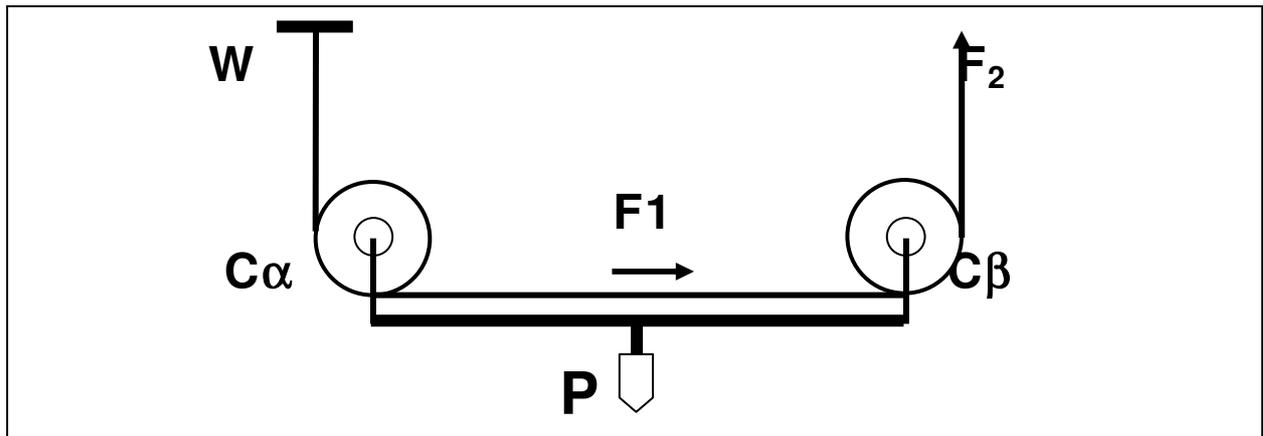
$$F_1 = P \cdot \mu\alpha = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{ kg}$$

$$F_2 = F_1 \cdot \mu\beta = 110 \cdot 1,4 = 154 \text{ kg}$$

Dalla constatazione che il *coefficiente d'attrito* « $\mu\alpha\beta$ », risultante dall'accoppiamento di due carrucole fisse in serie, altro non è che il prodotto dei *coefficienti d'attrito* delle singole carrucole e « $\mu\alpha$ », per la carrucola «C $\alpha$ », e « $\mu\beta$ », per la carrucola «C $\beta$ », ne deriva che la posizione delle carrucole, per quanto riguarda « $\mu\alpha\beta$ » e quindi anche per quanto riguarda « $F_2$ », è indifferente; possiamo altresì constatare che, per contro, la « $F_1$ » dipende dalla posizione delle carrucole.

### Carrucole mobili in serie

Analizziamo, adesso, cosa avviene se abbiamo due carrucole mobili in serie, come illustrato in [tab. 02b].



[tab. 02b]

Ipotizziamo che sia la carrucola «C $\alpha$ » sia la carrucola «C $\beta$ » abbiano il medesimo *coefficiente d'attrito* « $\mu$ » (sarà anche:  $\mu = \mu\alpha = \mu\beta$ ), pari a  $\mu = 1,4$  (stiamo usando due carrucole, per noi di tipo «T2», ad esempio o due **Fixe** o una **Tandem**, della **Petzl**); ipotizziamo inoltre che il peso «P» sia di  $P = 100$  kg.

Anche in questo caso, il *coefficiente d'attrito* « $\mu\alpha\beta$ », risultante dall'accoppiamento di due carrucole mobili in serie, altro non è che il prodotto dei *coefficienti d'attrito* delle singole carrucole e « $\mu\alpha$ », per la carrucola «C $\alpha$ », e « $\mu\beta$ », per la carrucola «C $\beta$ »:

$$\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96$$

Da cui si ha:

$$F_2 = P \cdot \frac{\mu\alpha\beta}{1 + \mu\alpha\beta} = 100 \cdot \frac{1,96}{1 + 1,96} = 66,2 \text{ kg}$$

$$F_1 = \frac{F_2}{\mu\beta} = \frac{66,2}{1,4} = 47,3 \text{ kg}$$

Se avessimo utilizzato due **Turbo**, avremmo ottenuto:

$$\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,1 \cdot 1,1 = 1,21$$

E, pertanto, anche:

$$F_2 = 54,8 \text{ kg} \quad F_1 = 49,8 \text{ kg}$$

#### Osservazioni

Si può osservare che utilizzando carrucole più efficienti (le **Turbo** al posto delle **Fixe**), la « $F_2$ » diminuisce, e questo era prevedibile, ma la « $F_1$ » aumenta e questo, forse, non era prevedibile.

Nel caso le due carrucole fossero differenti, con differenti *coefficienti d'attrito* (ad esempio e una **Fixe**, nella posizione della « $C\alpha$ », con  $\mu\alpha = 1,4$ , e una **Turbo**, nella posizione della « $C\beta$ », con  $\mu\beta = 1,1$ ), il procedimento resterebbe uguale.

Il quest'ultimo caso avremmo, infatti:

$$\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,4 \cdot 1,1 = 1,54$$

Da cui si avrebbe:

$$F_2 = 60,6 \text{ kg} \quad F_1 = 55,1 \text{ kg}$$

Se scambiassimo la posizione delle due carrucole, avremmo:

$$\mu\alpha\beta = \mu\alpha \cdot \mu\beta = 1,1 \cdot 1,4 = 1,54$$

Da cui di avrebbe:

$$F_2 = 60,6 \text{ kg} \quad F_1 = 43,3 \text{ kg}$$

Anche in questo caso, dalla constatazione che il *coefficiente d'attrito* « $\mu\alpha\beta$ », risultante dall'accoppiamento di due carrucole mobili in serie, altro non è che il prodotto dei *coefficienti d'attrito* delle singole carrucole e « $\mu\alpha$ », per la carrucola « $C\alpha$ », e « $\mu\beta$ », per la carrucola « $C\beta$ », ne deriva che la posizione delle carrucole, per quanto riguarda « $\mu\alpha\beta$ » e quindi anche per quanto riguarda « $F_2$ », è indifferente; la « $F_1$ », per contro, dipende dalla posizione delle carrucole.

### Riflessioni

Non ne abbiamo mai parlato o, forse, non è stato ancora messo sufficientemente in rilievo il fatto che:

Il *coefficiente d'attrito* delle carrucole è praticamente indipendente (o quasi), dall'angolo formato sia dalla corda entrante, nella carrucola, sia dalla corda uscente.

Questo perché qualsiasi sia l'angolo considerato, la resistenza che si registra a causa o della frizione della bronzina auto-lubrificante o dell'effetto volvente dei cuscinetti a sfera, è praticamente la stessa; vedi figura a destra.

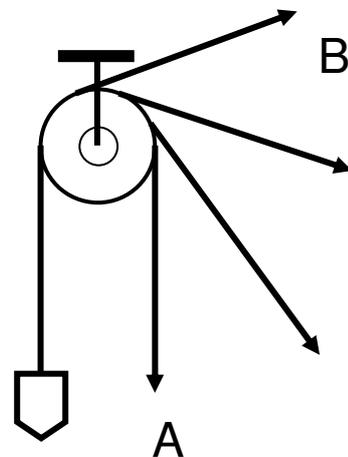
Nel caso di una carrucola, sulla puleggia mobile (ruotante attorno al perno), le superfici di contatto, fra puleggia e perno, sono, infatti, sempre le stesse.

Nei moschettoni, per contro, il discorso è, anche praticamente, alquanto differente.

Possiamo assimilare il moschettone (per semplificare il ragionamento) ad una puleggia fissa (come quelle, ad esempio, del discensore **Simple**, della **Petzl**).

La superficie di contatto fra corda e moschettone (quella su cui avviene lo sfregamento) varia a seconda di quanto la corda si avvolge sul moschettone e, pertanto, non è indipendente dall'angolo formato sia dalla corda entrante, nel moschettone, sia dalla corda uscente.

Il valore di  $\mu = 2$ , riportato nella [tab. 01a], è stato ottenuto considerando il tiro lungo e la direzione ed il verso indicati da «**A**»; il valore di « $\mu$ » diminuisce spostando il tiro lungo e la direzione ed il verso indicati da «**B**».



# I Paranchi

## Definizione

Il paranco può essere definito «**una macchina semplice, atta o al sollevamento od allo spostamento di carichi, costituita, nella sua forma più elementare, da due carrucole una delle quali è fissa e l'altra, mobile, è resa solidale con il carico**».

I paranchi servono a ridurre la forza necessaria a sollevare un certo carico permettendo di operare con pesi altrimenti troppo elevati; è vero, per contro, che il loro impiego implica sempre alcuni problemi in genere non trascurabili.

Il loro allestimento richiede un certo tempo e le manovre, per le quali è indispensabile l'intervento di più operatori, richiedono particolare attenzione e molta esperienza (soltanto in casi particolari e di reale urgenza si può tentare, da soli, di manovrare un paranco).

Deve esserci sufficiente spazio, in senso verticale, fra l'armo ed il bordo del pozzo (in caso contrario il normale recupero sarà molto rallentato ed alcune operazioni, particolari, diverranno più complesse).

Il carico su qualche bloccante potrebbe, in alcune situazioni, risultare troppo elevato; con pesi eccessivi prestare attenzione soprattutto nel rilasciare la corda di traino per consentire al peso di gravare sull'*autobloccante* (vedi oltre: «**Le manovre basilari**»).

Durante la manovra di recupero, la risalita, del carico, avviene con una progressione lenta, discontinua ed, in genere, ad intervalli.

L'Autore ha adottato un particolare procedimento di calcolo mediante il quale si può esprimere la forza «F» (forza motrice) in funzione della resistenza «P» (peso applicato) e dei coefficienti d'attrito «μ» delle singole *carrucole*, o *rinvii su moschettone*, che compongono il paranco in esame, per calcolare velocemente il valore della forza «F» necessaria a sollevare un certo peso «P».

## Paranco semplice

È il più elementare e presenta alcuni vantaggi, rispetto ad altri paranchi più efficienti (ma più complessi), proprio per la sua linearità [fig. 02], [tab. 03].

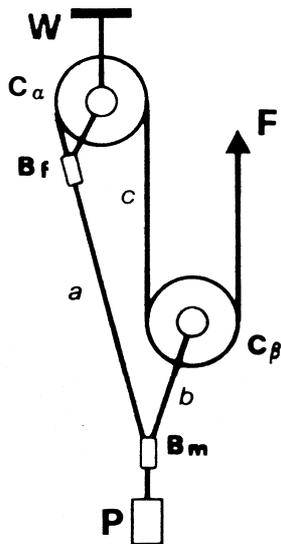


fig. 02

Richiede poca corda, è costituito da due sole carrucole (è facile, in una squadra di speleologi, avere almeno due carrucole, eventualmente solo quelle di plastica da utilizzare su moschettone), presenta un «VMR» accettabile.

Per funzionare correttamente necessita di due *autobloccanti* (uno fisso «B<sub>f</sub>», l'altro *mobile* «B<sub>m</sub>») sia meccanici, tipo «*basic*» (o «*croll*» o «*ascension*» o «*cam clean*» o . . .) sia eseguiti con l'ausilio di un cordino, tipo nodo «*Marchad*» (o «*prusik*» o «*bachmann*» o . . .).

Applicando il procedimento risolutivo si ha:

$$F_c = \frac{F}{\beta} \quad F_b = F_c + F = \frac{F}{\beta} + F \quad F_a = \frac{F_c}{\alpha} = \frac{F}{\beta} \cdot \frac{1}{\alpha} = \frac{F}{\alpha \cdot \beta}$$

$$P = F_a + F_b = \frac{F}{\alpha \cdot \beta} + \frac{F}{\beta} + F = \frac{F + F \cdot \alpha + F \cdot \alpha \cdot \beta}{\alpha \cdot \beta} = F \cdot \frac{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta}{\alpha \cdot \beta}$$

**In cui:** F<sub>a</sub>, F<sub>b</sub>, F<sub>c</sub> = forze reali che si generano rispettivamente sui rami «a», «b», «c» (del Paranco) - α, β = coefficienti d'attrito rispettivamente delle carrucole «Cα» e «Cβ» - F = forza reale necessaria a sollevare (equilibrare) il peso «P» (seguire, il procedimento, sulla [fig. 02]).

Queste equazioni forniscono il valore delle *forze reali* che si generano su ogni singolo ramo (o tratta) di cui è composto il paranco (per gli altri *paranchi* sarà lasciato al lettore l'onere, o l'onore, di verificare, con questo procedimento, l'esattezza delle equazioni).

L'equazione risolutiva è pertanto:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \quad [02a]$$

### Esempio:

nel caso si utilizzasse: nel rinvio **Cα** una carrucola tipo **T1**  
nel rinvio **Cβ** una carrucola tipo **T2**

dalla tabella [tab. 01a] si avrebbe: α = 1,1, β = 1,4

Ponendo infine P = 100 kg e considerando l'equazione generica: **F = P • X / Y**

si avrebbe:

$$X = \alpha \cdot \beta = 1,1 \cdot 1,4 = 1,54$$

$$Y = 1 + \alpha + \alpha \cdot \beta = 1 + 1,1 + 1,1 \cdot 1,4 = 3,64$$

$$\text{da cui: } F = 100 \cdot 1,54 / 3,64 = 42,31 \text{ kg} \quad (F \approx 42 \text{ kg})$$

### Procedendo diversamente

Si potrebbe parimenti pervenire al medesimo risultato considerando, per tener conto della resistenza offerta dalla carrucola «C $\beta$ », non il suo *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », ma essendo la «C $\beta$ » una *carrucola mobile*, il suo *coefficiente correttivo* « $\lambda$ ».

Il procedimento risolutivo potrebbe pertanto svolgersi, conducendo a risultati praticamente equivalenti, in modo diverso e precisamente:

$$F_b = \frac{F}{\lambda}; \quad F_c = \frac{F}{\beta}; \quad F_a = \frac{F_c}{\alpha} = \frac{F}{\beta} \cdot \frac{1}{\alpha} = \frac{F}{\alpha \cdot \beta}$$

$$P = F_a + F_b = \frac{F}{\alpha \cdot \beta} + \frac{F}{\lambda} = \frac{F \cdot \lambda + F \cdot \alpha \cdot \beta}{\alpha \cdot \beta \cdot \lambda} = F \cdot \frac{\lambda + \alpha \cdot \beta}{\alpha \cdot \beta \cdot \lambda}$$

da cui si otterrebbe l'equazione:

$$F_\lambda = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{\lambda + \alpha \cdot \beta} \quad [02a\lambda]$$

#### Esempio:

nel caso si utilizzasse: nel rinvio **C $\alpha$**  una carrucola tipo **T1**  
nel rinvio **C $\beta$**  una carrucola tipo **T2**

dalla tabella [tab. 01a] e dalla [tab. 01b] si avrebbe:  $\alpha = 1,1$ ,  $\beta = 1,4$ ,  $\lambda = 0,58$

Ponendo infine  $P = 100$  kg e considerando l'equazione generica:  $F = P \cdot X / Y$

si avrebbe:

$$X = (1,1 \cdot 1,4 \cdot 0,58) = 0,89$$

$$Y = (0,58 + 1,1 \cdot 1,4) = 2,12$$

$$\text{da cui: } F = 100 \cdot 0,89 / 2,12 = 41,98 \text{ kg} \quad (F \approx 42 \text{ kg})$$

Il motivo della leggera differenza, fra quest'ultimo risultato ed il precedente, è già noto.

### Le manovre basilari col *Paranco semplice*

L'esecuzione, oltremodo intuitiva, consiste nel tirare la *corda di carico*, che esce dalla carrucola «C $\beta$ », in modo da portare verso l'alto, oltre la stessa carrucola, il bloccante «B $_m$ » e con esso anche il peso «P» ad esso collegato.

In questa fase è facile che l'*autobloccante fisso* «B $_f$ », a valle della carrucola fissa «C $\alpha$ », tenda a risalire lungo il proprio moschettone trascinato dal leggero attrito che la corda, passando attraverso la carrucola «C $\alpha$ », incontra nello scorrervi all'interno.

Per questa ragione è necessario che uno degli operatori rimanga presso l'*autobloccante fisso* «B $_f$ », a valle della *carrucola fissa* «C $\alpha$ », per controllarne la corretta posizione ed eventualmente intervenire.

#### Osservazioni

Per evitare che l'*autobloccante* «B $_f$ » sia trascinato verso l'alto, dal movimento della *corda di traino*, è sufficiente appendervi o un «*grappolo*» di moschettoni o una sacchetta d'armo (un operatore che trattiene l'*autobloccante* mi sembra, per contro, la soluzione migliore).

Quando la «C $\beta$ » è giunta presso la «C $\alpha$ » (praticamente a fine corsa) si allenta la tensione, sulla *corda di carico*, in modo che il peso gravi completamente sul «B $_f$ » il quale, entrando in tensione, trattiene «P».

Si abbassa infine il «B $_m$ » (e con esso anche la «C $\beta$ »), lungo la corda tesa fra il «B $_f$ » e «P», e si riprende la sequenza.

#### Osservazioni

Per rendere più agevole, e più rapido, il recupero si dovrebbe sia cercare di permettere, all'*autobloccante mobile*, un'escursione di almeno un paio di metri sia curare che tutti gli elementi del sistema siano facilmente raggiungibili.

***E' evidente, come si evince sia dalla [tab. 03] sia dall'equazione [02a], che disponendo di due carrucole, di differenti caratteristiche, la miglior disposizione (maggiore riduzione della forza) è quella in cui la carrucola più efficiente (minore coefficiente d'attrito) sia sistemata nella posizione contrassegnata con «C $\beta$ » (confrontare per esempio la nona e la tredicesima riga della su indicata tabella).***

Per sollevare il «B $_m$ », e con esso il peso «P», di un metro (1 m) si devono recuperare tre metri (3 m) di corda (questa constatazione c'informa subito che il *vantaggio meccanico teorico* è:  $VMT = 3$ ); quando si riabbassa il «B $_m$ » di un metro (e con esso anche la «C $\beta$ ») si ri-

chiamano due metri (2 m) di corda (ci resta, in mano, un metro di corda; lunghezza pari all'altezza di cui è stato sollevato il peso).

#### Curiosità

Nel sempre attuale libro di **C. W. Ashley** si legge:

C'è una regola empirica per determinare il guadagno di potenza dei paranchi: si dispone il paranco disteso in coperta o sul pavimento, si fissa il bozzello superiore, si mette un segno sul tirante, si misura la distanza che il segno deve percorrere perché il bozzello mobile si sollevi di un metro.

La distanza in metri percorsa dal segno è il numero cercato: se deve percorrere sei metri perché il bozzello mobile si sollevi di un metro, il rapporto fra la potenza e resistenza è di 1/6 (paranco a sei fili). Alcuni autori consigliano di mettere in calcolo una perdita variabile dal cinque all'otto per cento per ogni puleggia del bozzello mobile.

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \alpha}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \quad [02aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o *tutti rinvii su moschettone*) con *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », si avrebbe:

$$F = P \cdot \frac{\mu^2}{1 + \mu + \mu^2} \quad [02b] \qquad F_W = P \cdot \frac{1 + \mu}{1 + \mu + \mu^2} \quad [02bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 3 = P \cdot 0,33$  (come si può notare la regola empirica, presentata nel libro di **Ashley**, è teoricamente verificata); nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 0,67$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole tipo* «T1», si avrebbe  $F = P \cdot 0,37$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,63$ .

In un sistema, composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo», si avrebbe  $F = P \cdot 0,57$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,43$ .

Il *Paranco semplice* è il più conosciuto ed il più utilizzato, nelle comuni manovre in grotta, anche per la relativa semplicità con cui si può gestire il passaggio di un eventuale *nodo di giunzione*, attraverso i suoi bloccanti e le sue carrucole (vedi oltre: [**Passaggio, del nodo di giunzione, col paranco**]).

#### Osservazioni

Se si volesse tener conto anche del *coefficiente d'attrito* « $\psi$ » dell'*autobloccante fisso* « $B_f$ », l'equazione [02a] diverrebbe:

$$F = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \psi}{1 + \alpha \cdot \psi + \alpha \cdot \beta \cdot \psi}$$

In pratica è come se il *coefficiente d'attrito* « $\alpha$ », della carrucola fissa « $C_\alpha$ », fosse uguale al suo prodotto col coefficiente d'attrito dell'*autobloccante fisso* « $\psi$ » risultando pari a: « $\alpha \cdot \psi$ ».

Ciò è valido anche per tutti i Paranchi in cui è presente l'*autobloccante fisso*; il problema non riguarda gli altri *autobloccanti*, presenti nelle varie tipologie, poiché, durante il sollevamento, la corda non scorre entro questi ultimi.

L'Autore, purtroppo, non è a conoscenza di alcun dato certo sui valori dei *coefficienti d'attrito* dei vari bloccanti; si è riportata, per ora, la sola equazione rimandando la sua soluzione numerica al momento in cui saranno disponibili determinazioni quantitative attendibili.

### Paranco semplice con corda ausiliaria

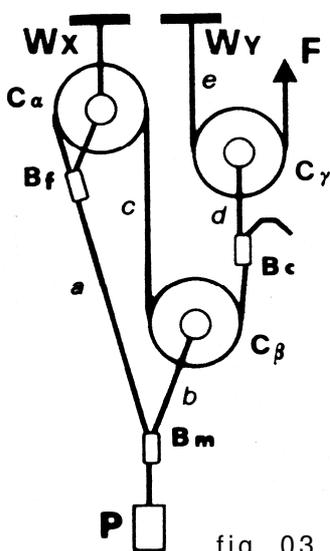


fig. 03

È più complesso del precedente e meno pratico (in genere si rende necessario predisporre un secondo armo), ma l'aumento del «VMR» è significativo; si deve necessariamente utilizzare più corda e il numero delle carrucole aumenta a tre [fig. 03], [tab. 03].

La tipologia è simile a quella del *Paranco semplice* con la variante che la *corda di carico* è tirata tramite il *bloccante complementare* « $B_c$ » collegato alla carrucola mobile « $C_\gamma$ » che, in una situazione *teorica* priva d'attriti, dimezzerebbe lo sforzo.

Per funzionare correttamente ha bisogno di tre *autobloccanti* (uno *fisso* « $B_f$ », uno *mobile* « $B_m$ », uno *complementare* « $B_c$ ») e di uno spezzone di *corda ausiliaria* o *corda di traino*.

Come si vede chiaramente, dalla [fig. 03], la *corda di carico* (quella su cui grava il peso « $P$ ») è indipendente dalla *corda di traino* (quella usata dagli operatori).

La manovra consiste nel tirare la *corda di traino*, che esce dalla carrucola « $C_\gamma$ », in modo da portare verso l'alto, oltre la

stessa carrucola, sia il bloccante «B<sub>c</sub>» sia la carrucola «C<sub>β</sub>» sia il bloccante «B<sub>m</sub>» e con essi anche il peso «P» collegato a quest'ultimo bloccante.

Quando la «C<sub>γ</sub>» è giunta presso l'armo «W<sub>γ</sub>» (in pratica a fine corsa) si allenta la tensione, sulla *corda di traino*, in modo che il carico gravi completamente sul «B<sub>f</sub>» il quale, entrando in trazione, trattiene «P».

Si abbassa ora l'*autobloccante complementare* «B<sub>c</sub>», e con esso la carrucola «C<sub>γ</sub>», recuperando la *corda di carico* che esce da «C<sub>β</sub>» (facendola scorrere dentro il «B<sub>c</sub>») fino a quando l'*autobloccante* «B<sub>c</sub>» non è giunto presso la carrucola «C<sub>β</sub>».

Si abbassa infine il «B<sub>m</sub>» (e con esso anche la «C<sub>β</sub>», il «B<sub>c</sub>» e la «C<sub>γ</sub>»), lungo la *corda di carico* tesa fra il «B<sub>f</sub>» e «P», e si riprende la sequenza.

Nel caso l'*autobloccante* «B<sub>c</sub>» dovesse tranciare la *corda di carico*, il tratto rimanente si sfilerebbe, senza incontrare alcuna resistenza, dalla carrucola «C<sub>β</sub>», provocando la caduta di quest'ultima, verso il del peso «P»; il peso rimarrebbe comunque sospeso al «B<sub>f</sub>» (lo stesso discorso vale sia per il *Paranco doppio con corda ausiliaria* sia per il *Paranco doppio con doppia corda ausiliaria*).

#### Osservazioni

Possibilità comunque assai remota se si tiene conto che la forza che agisce sull'*autobloccante* «B<sub>c</sub>» è, teoricamente, un terzo del peso sollevato (nella realtà è ovviamente maggiore senza mai superare però, neanche considerando solo *rinvii su moschettone*, il 60% del peso «P»).

Applicando il procedimento risolutivo si ottiene:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \alpha + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [03a]$$

Nell'armo «W<sub>X</sub>» si genera un carico pari a:

$$F_{WX} = P \cdot \frac{1 + \alpha + \gamma + \alpha \cdot \gamma}{1 + \alpha + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [03awx]$$

Nell'armo «W<sub>Y</sub>» si genera un carico pari a:

$$F_{WY} = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [03awy]$$

Nel caso i due armi coincidessero in «W» si avrebbe:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \alpha + \gamma + 2 \cdot \alpha \cdot \gamma}{1 + \alpha + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [03aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o *tutti rinvii su moschettone*) con *coefficiente d'attrito* «μ», le [03a], [03awx], [03awy], [03aw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [03b] \quad F_{WX} = P \cdot \frac{1 + 2 \cdot \mu + \mu^2}{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [03bwx]$$

$$F_{WY} = P \cdot \frac{\mu^2}{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [03bwy] \quad F_{WXY} = P \cdot \frac{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2}{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [03bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe:  $F_t = P / 6 = P \cdot 0,17$

Sul primo armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe un carico pari a  $F_{tWX} = P \cdot 0,67$  mentre, sull'armo «W<sub>Y</sub>», si genererebbe un carico pari a  $F_{tWY} = P \cdot 0,17$ ; nel caso i due armi coincidessero, in un unico armo «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{tW} = P \cdot 0,83$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T1», si avrebbe  $F = P \cdot 0,19$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe un carico pari a  $F_{WX} = P \cdot 0,63$  mentre, nell'armo «W<sub>Y</sub>», si genererebbe un carico pari a  $F_{WY} = P \cdot 0,17$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe  $F_{WXY} = P \cdot 0,81$ .

In un sistema, composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo», si avrebbe  $F = P \cdot 0,38$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe un carico pari a  $F_{WX} = P \cdot 0,43$  mentre, nell'armo «W<sub>Y</sub>», si genererebbe un carico pari a  $F_{WY} = P \cdot 0,19$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe  $F_{WXY} = P \cdot 0,62$ .

**In questo caso la miglior posizione (maggiore «VMR») per la carrucola più efficiente è, come si può desumere dall'equazione [03a], quella in cui essa sia sistemata nella posizione contrassegnata con «C<sub>β</sub>»; la carrucola meno efficiente (maggiore coefficiente d'attrito) deve essere sistemata in «C<sub>α</sub>».**

## Una precauzione

Se il tranciamento della *corda di carico* da parte dell'*autobloccante* «B<sub>c</sub>» è un evento rarissimo e non prevedibile, la caduta della matassa di *corda di carico* in fondo al pozzo, per contro, è evento possibile ed in molte circostanze, persino probabile.

E' buona norma pertanto recuperare, la *corda di carico*, tramite o un mezzo barcaio od un discensore ad otto (ancorato su di un armo indipendente) in modo da evitare il rischio di trovarsi in una situazione la quale, per bene si risolve, procurerà un'inutile perdita di tempo; potrebbe però creare anche una situazione di potenziale pericolo.

### Osservazioni

Si è detto di «*armo indipendente*», ed in seguito sarà ripetuto varie volte, con l'intento di porre l'attenzione sul fatto che l'armo, di cui si parla, deve essere concettualmente *indipendente* poiché adibito a funzioni differenti.

Ovviamente è lecito, in molte occasioni, servirsi di un armo già predisposto ad altri scopi purché si faccia in maniera avveduta.

## Paranco doppio

E' una tipologia poco conosciuta e raramente usata; vi si ricorre, in genere, quando avendo allestito un *Paranco semplice*, si ha la necessità, durante la manovra, di passare velocemente ad un paranco più efficiente [fig. 04], [tab. 05].

E' sufficiente, infatti, inserire, fra la *carrucola* «C<sub>α</sub>» e quella «C<sub>β</sub>», un ulteriore *autobloccante* (indicato in [fig. 04] come *autobloccante di supporto* «B<sub>s</sub>») e collegare un'altra *carrucola* (indicata, in figura, come la *carrucola* «C<sub>γ</sub>») all'*autobloccante* appena inserito nella *corda di traino*.

E' composto da tre carrucole e, per funzionare correttamente, ha bisogno di tre *autobloccanti* (uno *fisso* «B<sub>f</sub>», uno *mobile* «B<sub>m</sub>» ed uno *di supporto* «B<sub>s</sub>»).

Nel *Paranco doppio*, come si vede chiaramente, il verso della trazione è invertito (è diretta verso il basso) e questo provoca sempre un carico, nell'armo «W» del paranco, superiore al peso «P» che si sta sollevando.

### Osservazioni

Passando dal *Paranco semplice*, in cui il senso della trazione è verso l'alto, al *Paranco doppio*, in cui il senso della trazione è verso il basso, si ha, generalmente, la necessità di modificare la posizione della *carrucola ausiliaria* predisponendo un altro armo (vedi oltre: **La carrucola ausiliaria** in [Considerazioni generali]).

La manovra consiste nel tirare la *corda di carico*, che esce dalla *carrucola* «C<sub>γ</sub>», in modo da portare, contemporaneamente, sia verso l'alto la *carrucola* «C<sub>β</sub>» sia verso il basso l'*autobloccante* «B<sub>s</sub>» e sollevare così il peso «P».

Quando la «C<sub>β</sub>» è giunta presso la «C<sub>γ</sub>» si allenta la tensione sulla *corda di carico* in modo che il peso gravi tutto sull'*autobloccante* «B<sub>f</sub>».

Si abbassa in fine il «B<sub>m</sub>» (e con esso anche la «C<sub>β</sub>») lungo la *corda di carico* (fra il «B<sub>f</sub>» ed il «P»), si porta in alto il «B<sub>s</sub>» (verso la «C<sub>α</sub>») e si riprende la sequenza.

Applicando il procedimento risolutivo si ottiene:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta + \beta \cdot \gamma} \quad [04a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta + \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta + \beta \cdot \gamma} \quad [04aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o tutti *rinvii su moschetto*) con *coefficiente d'attrito* «μ», le [04a], [04aw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2} \quad [04b]$$

$$F_W = P \cdot \frac{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3}{1 + 2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2} \quad [04bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 5 = P \cdot 0,20$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_t = P \cdot 1,20$  (carico superiore al peso).

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T1», si avrebbe  $F = P \cdot 0,24$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,24$ .

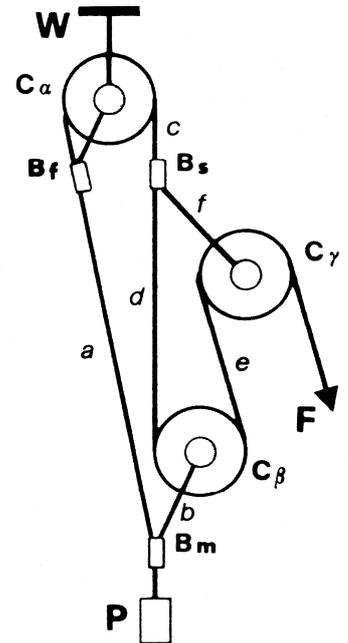


fig.04

In un sistema, composto esclusivamente da tutti *rinvii su moschettone* «Mo», si avrebbe  $F = P \cdot 0,62$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_w = P \cdot 1,62$ .

**Dall'esame dell'equazione [04a] si può notare che, per una disposizione più vantaggiosa, la carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione contrassegnata con «C $\gamma$ »; la meno efficiente, per contro, deve essere sempre sistemata in «C $\beta$ ».**

### Prime valutazioni

Confrontiamo la forza teorica «Ft», e le forze reali «F» (ottenute variando il coefficiente d'attrito delle carrucole), sia del *Paranco semplice* sia del *Paranco semplice con corda ausiliaria* sia del *Paranco Doppio*; elaborati i dati costruiamo il seguente schema:

C.a.	P.s.	P.a.	P.d.	$\eta^1 = Fa / Fs$	$\eta^2 = Fd / Fs$	$\eta^3 = Fa / Fd$
$\mu = 1,00$	Fts = 33,33	Fta = 16,66	Ftd = 20,00	$\eta^1 t = 0,50$	$\eta^2 t = 0,60$	$\eta^3 t = 0,83$
$\mu = 1,05$	Fs = 34,97	Fa = 17,91	Fd = 21,82	$\eta^1 = 0,51$	$\eta^2 = 0,62$	$\eta^3 = 0,82$
$\mu = 1,10$	Fs = 36,56	Fa = 19,15	Fd = 23,68	$\eta^1 = 0,52$	$\eta^2 = 0,65$	$\eta^3 = 0,81$
$\mu = 1,40$	Fs = 44,95	Fa = 26,22	Fd = 35,54	$\eta^1 = 0,58$	$\eta^2 = 0,79$	$\eta^3 = 0,74$
$\mu = 1,70$	Fs = 51,69	Fa = 32,55	Fd = 48,26	$\eta^1 = 0,63$	$\eta^2 = 0,93$	$\eta^3 = 0,67$
$\mu = 2,00$	Fs = 57,14	Fa = 38,10	Fd = 61,53	$\eta^1 = 0,67$	$\eta^2 = 1,08$	$\eta^3 = 0,62$

[Sch. 01]

In cui: C.a. = coefficiente d'attrito delle carrucole - P.s. = paranco semplice - P.a. = paranco semplice con corda ausiliaria - P.d. = paranco doppio -  $\eta^j$  = rapporto fra il «VMT» dei paranchi presi in esame.

Dall'analisi dello schema [Sch. 01] possiamo renderci conto che le sole prestazioni teoriche, dei paranchi, non forniscono un corretto metro di paragone per quanto concerne la scelta della tipologia più idonea per una data situazione.

Notiamo, infatti, che, nella situazione teorica « $\mu = 1$ », usando il *Paranco semplice con corda ausiliaria* dovremmo applicare, per sollevare un peso «P», una forza «Fta» la cui intensità è pari al 50% di quella della forza «Fts» necessaria per sollevare lo stesso peso «P» usando il *Paranco semplice*.

Se, per contro, si utilizzassero solo *rinvii su moschettone*, la forza «Fa» che dovremmo applicare, usando il *Paranco semplice con corda ausiliaria*, sarebbe circa il 67% di quella necessaria «Fs» usando il *Paranco semplice*; il *vantaggio meccanico reale*, del primo paranco rispetto al secondo, è sceso da «2,00» a circa «1,49».

Più rilevante è la differenza se prendiamo, come esempio, il confronto fra il *Paranco doppio* ed il *Paranco semplice*.

Notiamo, infatti, che, nella situazione teorica « $\mu = 1$ », usando il *Paranco doppio* dovremmo applicare, per sollevare un peso «P», una forza «Ftd» la cui intensità è pari al 60% di quella della forza «Fts» necessaria per sollevare lo stesso peso «P» usando il *Paranco semplice*.

Se, per contro, si utilizzassero solo *rinvii su moschettone*, la forza «Fa» che dovremmo applicare, usando il *Paranco doppio*, sarebbe circa il 108% di quella necessaria «Fs» usando il *Paranco semplice*; il *vantaggio meccanico reale*, del primo paranco rispetto al secondo, è sceso drasticamente da circa «1,67» a circa «0,93».

In quest'ultimo caso, usando solo *rinvii su moschettone*, il *Paranco doppio* sarebbe meno efficiente del *Paranco semplice* nonostante un *Vantaggio Meccanico teorico* decisamente superiore: «VMT = 3» il primo, «VMT = 5» il secondo.

**Nell'allestire un paranco, utilizzando solo rinvii su moschettone, si devono evitare quelle tipologie più complesse che teoricamente forniscono prestazioni migliori, ma che perdono tutto, o in parte, il loro «vantaggio» a causa dell'incidenza degli attriti che si generano in corrispondenza dei rinvii su moschettone.**

### Paranco doppio con carrucola aggiunta

E' un paranco utilizzato poco di frequente forse perché, nel suo allestimento classico, richiede di una *carrucola fissa* a due attacchi (in alpinismo è conosciuto anche come *sistema di recupero* «Mariner» con *cordino ausiliario*) [fig. 05], [tab. 05].

#### Osservazioni

In mancanza della *carrucola a due attacchi contrapposti*, la corda che attraversa la carrucola «C $\beta$ » può essere ancorata direttamente al moschettone che regge la carrucola «C $\alpha$ ».

E' composto da tre carrucole e, per funzionare correttamente, necessita soltanto di due *autobloccanti* (uno *fisso* «B $_f$ », uno *mobile* «B $_m$ »).

La manovra consiste nel tirare la corda di carico, che esce dalla carrucola «C $\gamma$ », in modo da portare verso l'arto, oltre la stessa carrucola, anche sia la carrucola «C $\beta$ » sia il bloccante «B $_m$ » e con essi anche il peso «P» ad esso collegato.

Quando la carrucola « $C_\gamma$ » è giunta presso la « $C_\alpha$ », praticamente a fine corsa, si allenta la tensione, sulla *corda di carico*, in modo che il peso gravi interamente sul *bloccante fisso* « $B_f$ », il quale, entrando in trazione, trattiene « $P$ ».

Si abbassa in fine il « $B_m$ » (e con esso anche la « $C_\beta$ » e la « $C_\gamma$ »), lungo la *corda di carico* (fra il « $B_f$ » ed il « $P$ »), e si riprende la sequenza.

Applicando il procedimento risolutivo si ottiene:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{\alpha + \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [05a]$$

Nell'armo « $W$ » si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\alpha + \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma}{\alpha + \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [04aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o tutti *rinvii su moschettone*) con *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », le [05a], [05aw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [05b]$$

$$F_W = P \cdot \frac{2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2}{2 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [05bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 5 = P \cdot 0,20$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_t W = P \cdot 0,80$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T1», si avrebbe  $F = P \cdot 0,22$ ; nell'armo « $W$ » si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,78$ .

In un sistema, composto esclusivamente da tutti *rinvii su moschettone* «Mo», si avrebbe  $F = P \cdot 0,40$ ; nell'armo « $W$ » si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,60$ .

**Dall'esame dell'equazione [05a] si può notare che, per una disposizione più vantaggiosa, la carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione contrassegnata con « $C_\gamma$ »; la meno efficiente, per contro, deve essere sempre sistemata in « $C_\alpha$ ».**

### Paranco doppio con corda ausiliaria

È una variante ottimizzata del *Paranco semplice con corda ausiliaria* ma richiede una tipologia concettualmente meno intuitiva e necessita, inoltre, di una manovra più attenta e complessa; è costituito da tre carrucole [fig. 06], [tab. 07].

Per funzionare correttamente ha bisogno di ben quattro *autobloccanti* (uno *fisso* « $B_f$ », uno *mobile* « $B_m$ », uno di supporto « $B_s$ » ed uno *complementare* « $B_c$ »); necessita, inoltre, di uno spezzone di *corda ausiliaria*.

La manovra è simile a quella da eseguire per il «**Paranco semplice con corda ausiliaria**» con «l'aggravante» di dover manovrare anche l'*autobloccante complementare* « $B_c$ »; operazione, questa, non sempre molto fluida (con quest'ultimo ci stiamo ormai inoltrando fra quei paranchi forse troppo complessi per essere impiegati proficuamente in manovre da compiere in ambienti ipogei).

Se è vero che spesso la semplicità si rivela la carta vincente; non sembra comunque il caso di ignorare completamente ciò che, a prima vista, sembra troppo complesso.

Per quanto riguarda la corda di carico, valgono ovviamente le stesse considerazioni esposte per il «**Paranco semplice con corda ausiliaria**» (vedi: «Una precauzione» **Paranco semplice con corda ausiliaria** in [I paranchi]).

Applicando il procedimento risolutivo si ottiene:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \alpha + \beta + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [06a]$$

Nell'armo « $W$ » si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \alpha + \beta + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma}{1 + \alpha + \beta + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [06aw]$$

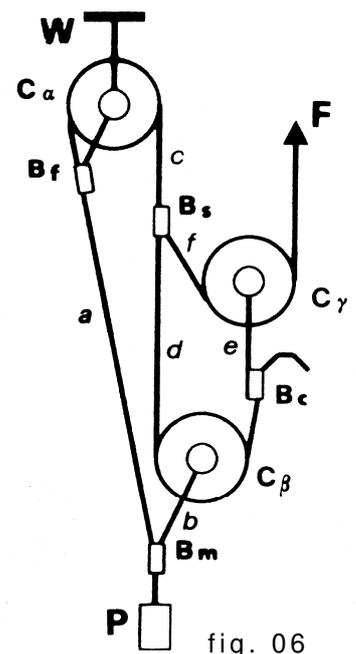


fig. 06

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o tutti *rinvii su moschettone*) con *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », le [06a], [06aw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{1 + 3 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [06b]$$

$$F_W = P \cdot \frac{1 + 3 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2}{1 + 3 \cdot \mu + 2 \cdot \mu^2 + \mu^3} \quad [06bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 7 = P \cdot 0,14$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 0,86$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo «T1»*, si avrebbe  $F = P \cdot 0,17$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,83$ .

In un sistema, composto da tutti *rinvii su moschettone «Mo»*, si avrebbe  $F = P \cdot 0,35$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,65$ .

**Dall'esame dell'equazione [05a] si può notare che, per una disposizione più vantaggiosa, la carrucola più efficiente può essere posta, indifferentemente, o nella posizione contrassegnata con «C $\beta$ » o in quella «C $\gamma$ »; la meno efficiente, per contro, deve essere sempre sistemata in «C $\alpha$ ».**

### Paranco doppio con doppia corda ausiliaria

E' un paranco utilizzato in rare occasioni e molto difficilmente, a causa della sua estrema complessità, in ambiente ipogeo [fig. 07], [tab. 08].

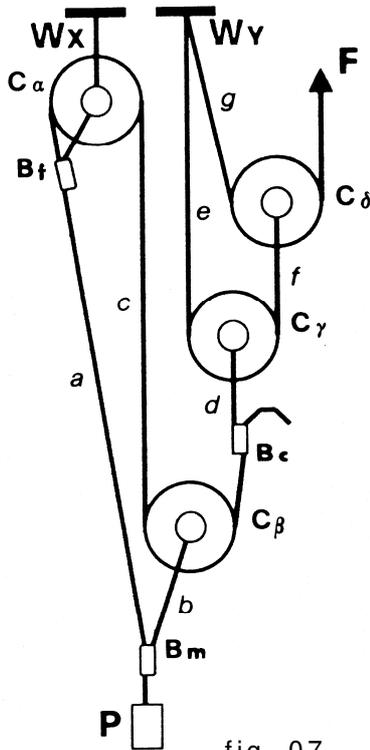


fig. 07

Lo presentiamo ugualmente essendo sicuramente uno dei pochi paranchi col quale sia possibile recuperare, da soli, un compagno caduto in un crepaccio (situazione che potrebbe verificarsi, praticando la speleologia, in periodo invernale ed in zone d'alta quota).

Per funzionare correttamente, in condizioni reali, necessita di molta corda, di quattro carrucole, di tre *autobloccanti* (uno *fisso* «B<sub>f</sub>», uno *mobile* «B<sub>m</sub>», uno *complementare* «B<sub>c</sub>») e di due spezzoni di *corda ausiliaria* (in pratica può essere un unico spezzone di *corda* annodato nel suo punto intermedio e fissato all'armo «WY» tramite la gassa di quel nodo).

Ha un *Vantaggio Meccanico teorico* «VMT» straordinariamente elevato: VMT = 12; anche utilizzando soltanto *rinvii su moschettone*, mantiene ancora un *Vantaggio Meccanico Reale* molto alto: VMR = 4.

La manovra risulta esasperatamente lenta e decisamente poco invitante ma, in poche rarissime occasioni, si potrebbe rilevare insostituibile.

Sulle distese ghiacciate, presso i crepacci (situazione per cui è stato ideato) si allestisce orizzontalmente sfruttando gli ampi spazi che generalmente sono a disposizione.

Per quanto riguarda la corda di carico, valgono ovviamente le stesse considerazioni esposte per il «**Paranco semplice con corda ausiliaria**» (vedi: «**Una precauzione**» **Paranco semplice con corda ausiliaria** in [I paranchi]).

Applicando il procedimento risolutivo si ottiene:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta}{1 + \alpha + \gamma + \delta + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \delta + \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \delta + \alpha \cdot \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta} \quad [07a]$$

Nell'armo «WX» si genera un carico pari a:

$$F_{Wx} = P \cdot \frac{1 + \alpha + \gamma + \delta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \delta + \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \gamma \cdot \delta}{1 + \alpha + \beta + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \delta + \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \delta + \alpha \cdot \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta} \quad [07awx]$$

Nell'armo «WY» si genera un carico pari a:

$$F_{Wy} = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \delta}{1 + \alpha + \beta + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \delta + \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \delta + \alpha \cdot \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta} \quad [07awy]$$

Nel casi i due armi coincidessero in «W» si avrebbe:

$$F_{W_X} = P \cdot \frac{1 + \alpha + \gamma + \delta + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \delta + \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \delta + \alpha \cdot \gamma \cdot \delta}{1 + \alpha + \beta + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \delta + \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \delta + \alpha \cdot \gamma \cdot \delta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta} \quad [07aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o tutti *rinvii su moschetto-ne*) con *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », le [07a], [07awx], [07awy], [07aw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^4}{1 + 3 \cdot \mu + 4 \cdot \mu^2 + 3 \cdot \mu^3 + \mu^4} \quad [07b] \quad F_{W_X} = P \cdot \frac{1 + 3 \cdot \mu + 3 \cdot \mu^2 + \mu^3}{1 + 3 \cdot \mu + 4 \cdot \mu^2 + 3 \cdot \mu^3 + \mu^4} \quad [07bwx]$$

$$F_{W_Y} = P \cdot \frac{\mu^2 + 2 \cdot \mu^3}{1 + 3 \cdot \mu + 4 \cdot \mu^2 + 3 \cdot \mu^3 + \mu^4} \quad [07bwy] \quad F_{W_{XY}} = P \cdot \frac{1 + 3 \cdot \mu + 4 \cdot \mu^2 + 3 \cdot \mu^3}{1 + 3 \cdot \mu + 4 \cdot \mu^2 + 3 \cdot \mu^3 + \mu^4} \quad [07bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe:  $F_t = P / 12 = P \cdot 0,08$ .

Nell'armo « $W_X$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{t_{W_X}} = P \cdot 0,67$  mentre, nell'armo « $W_Y$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{t_{W_Y}} = P \cdot 0,25$ ; nel caso i due attacchi coincidesse- ro, in « $W_{XY}$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{t_{W_{XY}}} = P \cdot 0,92$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T1», si avrebbe,  $F = P \cdot 0,10$ .

Nell'armo « $W_X$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{W_X} = P \cdot 0,63$  mentre, nell'armo « $W_Y$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{W_Y} = P \cdot 0,27$ ; nel caso i due armi coincidesse- ro, in « $W_{XY}$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = P \cdot 0,90$ .

In un sistema, composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo», si avrebbe  $F = P \cdot 0,25$ .

Nell'armo « $W_X$ » si genererebbe un carico pari a  $F_{W_X} = P \cdot 0,43$  mentre, nell'armo « $W_Y$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{W_Y} = P \cdot 0,32$ ; nel caso i due armi coincidesse- ro, in « $W_{XY}$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = P \cdot 0,75$ .

***Dall'esame dell'equazione [06a] si può notare che, per una disposizione più vantag- giosa, la carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione «C $\beta$ »; la meno effi- ciente, per contro, deve essere sempre sistemata in «C $\alpha$ ».***

## Una dimenticanza

Presentando il **Paranco semplice** si è fornita una dimostrazione del procedi- mento utilizzato dall'Autore per ricavare l'intensità delle forze che si generano su ogni tratta del paranco, ed in particolare, l'intensità della forza «F» necessaria a sollevare un certo peso «P», tenendo conto di coefficienti d'attrito delle due car- rucole.

Ho trascurato, per contro, di fornire una dimostrazione del procedimento per ricavare l'intensità della forza che si genera sull'ancoraggio «W».

Ora voglio ovviare a questa mancanza.

Facendo riferimento alla [fig. 02], possiamo scrivere:

$$F_c = \frac{F}{\beta} \quad F_a = \frac{c}{\alpha} + \frac{F}{\alpha \cdot \beta} \quad F_w = \frac{F}{\beta} + \frac{F}{\alpha \cdot \beta} = \frac{F \cdot \alpha + F}{\alpha \cdot \beta} \quad F_w = F \cdot \frac{1 + \alpha}{\alpha \cdot \beta} \quad [02c]$$

Dall'equazione [02a], in **Paranco semplice**, si a:  $F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta}$

Per cui, sostituendo nella [02c], si a:  $F_w = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \cdot \frac{1 + \alpha}{\alpha \cdot \beta}$

Ottenendo, infine:

$$F_w = P \cdot \frac{1 + \alpha}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \quad [02d]$$

Come indicato nell'equazione [02aw]

# Altre tipologie per i paranchi

## Paranco capovolto con carrucola doppia

Utilizzando, ad esempio, una carrucola tipo Petzl: *Tandem-P21*, in combinazione con un'altra *carrucola*, o *rinvio su moschettone*, si può allestire, molto facilmente, un'altro tipo di paranco; l'uso della *Tandem* al posto di due carrucole a *puleggia singola* facilita di molto l'allestimento.

Questo sistema è, dal punto di vista meccanico, equivalente al *Paranco semplice* con l'aggiunta di una terza carrucola atta ad invertire la direzione della forza la quale è diretta verso il basso [fig. 08].

In pratica è come se fosse già presente un'ulteriore carrucola (vedi oltre: **La carrucola ausiliaria** in [Considerazioni generali]).

Per funzionare correttamente ha bisogno di due *auto-bloccanti* (uno *fisso* «B<sub>f</sub>», l'altro *mobile* «B<sub>m</sub>»).

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \quad [08a]$$

Nel caso specifico le carrucole «C<sub>α</sub>» ed «C<sub>γ</sub>» sono uguali (in verità sono le due pulegge che costituiscono, in pratica, un'unica carrucola) per cui, ponendo «ξ = α = γ» la [07a] diviene:

$$F = P \cdot \frac{\xi^2 \cdot \beta}{1 + \xi + \xi \cdot \beta} \quad [08b]$$

Nell'armo «W» si genera, pertanto, un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \xi + \xi \cdot \beta + \xi^2 \cdot \beta}{1 + \xi + \xi \cdot \beta} \quad [08bw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [08b], [08bw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{1 + \mu + \mu^2} \quad [08c] \quad F_W = P \cdot \frac{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3}{1 + \mu + \mu^2} \quad [08cw]$$

In un sistema teorico, con μ = 1, si avrebbe: Ft = (P / 3) = P • 0,33, come d'altronde era ovvio; nell'armo si genererebbe una forza pari a Ft<sub>w</sub> = P • 1,33.

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T1», si avrebbe F = P • 0,40; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a F<sub>w</sub> = P • 1,40.

In un sistema composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo» si avrebbe F = P • 1,14; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a F<sub>w</sub> = P • 2,14.

Ed ecco una seconda sorpresa spiacevole, utilizzando solo rinvii su moschettone si avrebbe: F = P • 1,14! in questo esempio si dovrebbe applicare una forza reale «F», superiore al peso «P» che si vuole sollevare, nonostante si sia ricorso ad un paranco.

### Riflessioni

Attenzione a quelli che potremmo definire «*Falsi Paranchi*» (in verità sono sempre dei paranchi anche se alquanto *idioti*); la resistenza imputabile agli attriti potrebbe, anche se non proprio superare (come in questo particolare caso), quasi annullare il «*guadagno*» dovuto al paranco sì da renderne inutile il suo impiego.

Attenzione inoltre all'impiego di eccessive deviazioni, specie se con l'ausilio di moschettoni, ed all'impiego di quest'ultimi come o *carrucola di rinvio* o *carrucola ausiliaria*; la loro presenza raddoppia, in pratica, la forza «F» da applicare al sistema.

**Come si può notare, anche in questa tipologia, l'armo «W» è particolarmente solleccitato; la forza applicata in esso è sempre superiore al peso «P».**

**La carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione «Cα - Cγ»; la meno efficiente, per contro, deve essere quella «Cβ».**

### Osservazioni

In pratica, le carrucole «C<sub>α</sub>-C<sub>γ</sub>» sono un'unica carrucola costituita da due pulegge e, pertanto, non è intercambiabile con la «C<sub>β</sub>»; avendo una carrucola *Tandem* e un'altra carrucola, e volendo allestire il Paranco in esame, la posizione, delle due carrucole, è, in effetti, vincolata.

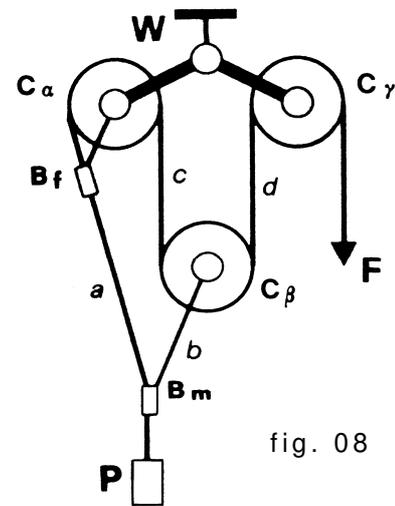


fig. 08

### Paranco capovolto con corda ausiliaria

Una variante, forse meno conosciuta, è rappresentata dal paranco di [fig. 09]; anche in questa tipologia, come si vede chiaramente, il verso della forza è diretto verso il basso.

Per funzionare correttamente necessita di due carrucole, di tre *autobloccanti* (uno *fisso* «B<sub>f</sub>», uno *mobile* «B<sub>m</sub>», uno *complementare* «B<sub>c</sub>») e di uno spezzone di *corda ausiliaria*.

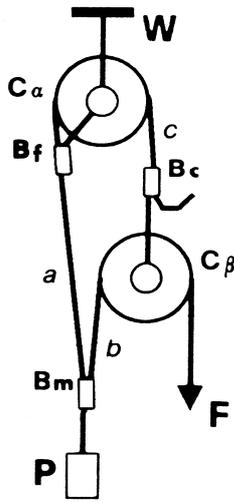


fig. 09

E' un sistema poco pratico poiché, come risulterà più evidente in seguito, la *carrucola mobile* «C<sub>β</sub>» si sposta, durante le operazioni di sollevamento, verso l'*autobloccante* «B<sub>m</sub>» riducendo, di fatto, l'*escursione* utile per la manovra.

Con due soli *autobloccanti* (eliminando il *bloccante* indicato in figura con «B<sub>c</sub>») le sue caratteristiche fisiche rimangono invariate, ma seguendo il principio adottato dall'Autore dovrebbe essere relegato, più propriamente, fra i paranchi definiti come *tendicorda* (vedi oltre: [Paranchi come tendicorda]).

Per quanto riguarda la corda di carico, valgono ovviamente le stesse considerazioni esposte per il «Paranco semplice con corda ausiliaria» (vedi: «Una precauzione» Paranco semplice con corda ausiliaria in [I paranchi]).

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta} \quad [09a]$$

Rispetto al *Paranco semplice*, il «VMT» non cambia (in un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe sempre  $F = P / 3$ , ma il «VMR», in condizioni reali, è sempre, a causa della diversa incidenza degli attriti, leggermente superiore).

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta} \quad [09aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza (o *tutti rinvii su moschettone*) con *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », le [09a], [09aw] diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^2}{1 + 2 \cdot \mu} \quad [09b] \quad F_W = P \cdot \frac{1 + 2 \cdot \mu + \mu^2}{1 + 2 \cdot \mu} \quad [09bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 3 = P \cdot 0,33$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 1,33$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T0», si avrebbe  $F = P \cdot 0,36$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,36$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T1», si avrebbe  $F = P \cdot 0,38$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,38$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «T2», si avrebbe  $F = P \cdot 0,52$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,52$ .

In un sistema, composto da tutte *carrucole di tipo* «Pa», si avrebbe  $F = P \cdot 0,66$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,66$ .

In un sistema composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo» si avrebbe  $F = P \cdot 0,80$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,80$ .

**Anche in questa tipologia la forza che si genera, nell'armo «W», è sempre superiore al peso «P» applicato.**

**E' indifferente la posizione, in cui sistemare le carrucole, in funzione dell'efficienza.**

# Impieghi particolari e dei Paranchi e delle Carrucole

## Un miglioramento

Disponendo di una corda più lunga del doppio del pozzo, con cui dobbiamo sollevare un carico, si può ottenere un'ulteriore, *significativa*, riduzione della *forza reale* «F», necessaria a sollevare un peso «P», collegando «P» non direttamente alla *corda di carico*, ma ad una *carrucola* in essa inserita [Sc. 01].

La corda di carico pertanto scenderà fino alla base del pozzo, passerà dentro la *carrucola mobile supplementare* «C<sub>ms</sub>» (alla quale è agganciato il peso «P») e risalirà fino ad un armo «R» previsto in prossimità dell'armo «W» del paranco (i due armi dovrebbero essere sempre distinti l'uno dall'altro).

Con questo espediente è come se noi dovessimo sollevare, invece del peso «P», un *peso modificato* «P<sub>m</sub>» senza l'uso della carrucola «C<sub>ms</sub>» (vedi: «**Tipologia a carrucola mobile**» **Caratteristiche** in [Le Carrucole]); il «P<sub>m</sub>» risulterà pari a:

$$P_m = \frac{P \cdot \mu}{1 + \mu} = P \cdot \lambda$$

In cui: P<sub>m</sub> = *Peso modificato* da sollevare (quello che grava sulla corda di carico) – P = peso effettivamente agganciato alla *carrucola mobile ausiliaria* – μ = *coefficiente d'attrito* della *carrucola mobile supplementare* – λ = *coefficiente correttivo* della *carrucola mobile supplementare*.

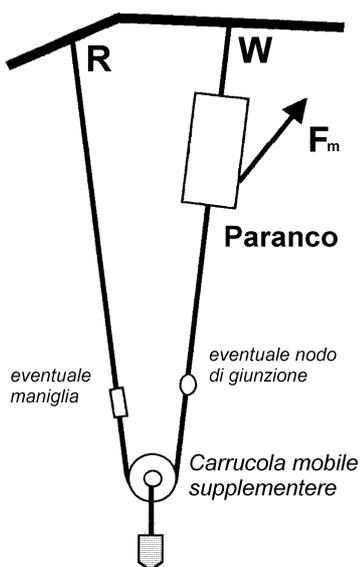
La *forza teorica modificata* (di traino) «F<sub>m</sub>», in un sistema teorico privo di attriti, sarebbe, rispetto alla *forza teorica* (di traino) «F<sub>t</sub>» (necessaria a sollevare un peso «P» senza l'uso della *carrucola mobile supplementare* «C<sub>ms</sub>»), inferiore del 50%; la riduzione reale, per contro, è fornita dai valori dei coefficienti correttivi «λ» presenti nella tabella [tab. 01b].

Nel caso non avessimo una corda sufficientemente lunga, ma volessimo ugualmente utilizzare questo sistema, dovremmo annodare assieme due corde (vedi oltre: [Passaggio del nodo di giunzione]); attenti a non confondervi!, il *nodo di giunzione* deve stare, *tassativamente*, fra la «C<sub>ms</sub>» ed il paranco.

In caso contrario il nodo, raggiunta la carrucola, la trascinerrebbe con se sia creando una situazione di pericolo grave (il nodo potrebbe, ad un certo punto, passare attraverso la carrucola, che preme sopra d'esso, provocando la caduta del peso fino al termine dell'ansa) sia eliminando, in pratica, il vantaggio dato dalla *carrucola mobile supplementare*.

Il carico sull'armo «W» dipenderà dal tipo di paranco utilizzato mentre sull'armo «R» si genererà un carico pari a:

$$F_{mR} = \frac{P}{1 + \mu}$$



Sc. 01

## Con un carico umano

Dovendo sollevare, con la tecnica appena descritta, una persona (ovviamente: non traumatizzata, cosciente, tranquilla, consenziente, cooperante, . . .) è sufficiente che lo speleologo (o la speleologa), che deve essere issato tramite questo espediente, si sostituisca l'*autobloccante ventrale* (od il «*croll*» od il «*cam clean*» od il . . .) con una carrucola nella quale far passare la *corda di carico* prima ch'essa risalga verso l'armo indipendente «R».

Per maggiore sicurezza il «*fortunato*» dovrebbe inserire la propria maniglia (munita, come sempre, di cordino di sicura) nel tratto di corda compreso fra la *carrucola mobile supplementare* «C<sub>ms</sub>» e l'armo «R»; la maniglia deve essere portata in alto (in modo da evitare un eventuale strappo dovuto al cedimento della «C<sub>ms</sub>» inserita al posto del *ventrale*) e fatta scorrere in salita, chiusa, sulla corda.

Attenzione a non sbagliare nell'inserire la maniglia; se quest'ultima fosse posta nel tratto di corda compreso fra la *carrucola mobile supplementare* «C<sub>ms</sub>» ed il Paranco la situazione sarebbe estremamente critica.

il «*fortunato*» (ma dovremmo definirlo più correttamente lo «*sfortunato*») sarebbe trascinato verso l'alto appeso soltanto al cordino di sicura della propria maniglia.

In questo frangente non gli resterebbe altro da fare che montarsi, in tutta fretta, il «*croll*» (od il «*cam clean*» od il . . .), inserirlo a sua volta sullo stesso tratto di corda (sotto la maniglia) e sperare che i due punti di ancoraggio reggano il peso delle maledizioni che gli pioverebbero dall'alto; la *carrucola mobile supplementare*, infatti, non potrebbe più svolgere la sua funzione principale (di ridurre lo sforzo necessario) ed i compagni lassù starebbero faticando come bestie.

# Paranchi come tendicorda

## Presentazione

Nei *paranchi come tendicorda* si sono raggruppati alcuni di quei paranchi che, pur possedendo caratteristiche interessanti, hanno il «difetto», dovendoli utilizzare per il sollevamento di carichi, di richiedere, nella loro tipologia classica, una lunghezza di corda superiore, di alcune volte, la profondità del pozzo in cui deve essere sollevato il carico (o, parimenti, superiore, di alcune volte, l'escursione che, i paranchi, devono compiere nel caso siano utilizzati per porre in tensione una corda).

Sono stati pertanto relegati, forse *ingiustamente*, a sistemi adatti a tendere una corda nell'allestimento, ad esempio, di teleferiche.

Nulla vieta, per contro, di utilizzarli normalmente (anche nella loro tipologia classica), magari in pozzi non eccessivamente profondi o di utilizzare, se possibile, l'espedito dell'autobloccante di supporto, presentato a pagina 29 in «Un utile espedito»; la loro affidabilità è sempre paragonabile a quella dei *cugini* a torto più *titolati*.

## Tipologia n° 1

Il primo sistema, rappresentato dal *tendicorda* di [fig. 10], è praticamente il *Paranco capovolto con corda ausiliaria* di [fig. 09], privo però dell'*autobloccante complementare* «B<sub>c</sub>» (con la corda di carico ancorata direttamente alla *carrucola* «C<sub>β</sub>»).

È il più classico dei *Tendicorda* non potendo essere utilizzato, *ragionevolmente*, per il sollevamento di carichi (come invece è possibile per le altre due tipologie).

Si può notare, infatti, che eseguendo, ad esempio, l'operazione di recupero dal basso (la lunghezza della corda utilizzata deve essere più di tre volte la profondità del pozzo) la *carrucola* «C<sub>β</sub>» si abbasserebbe dello stesso tanto di quanto si alzerebbe il carico; la *carrucola* ed il peso si incontrerebbero pertanto a metà pozzo bloccando la manovra.

Eseguendo l'operazione di recupero dall'alto (la lunghezza della corda utilizzata deve essere più del doppio della profondità del pozzo) vedremo la *carrucola* «C<sub>β</sub>» abbassarsi sempre più fino ad impedire completamente la manovra allontanandosi progressivamente dalla scena delle operazioni.

Questa tipologia può pertanto essere utilizzata, *esclusivamente*, per escursioni molto brevi come appunto si riscontrano nelle operazioni da eseguite per tendere od una teleferica od un traverso.

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta} \quad [10a]$$

$$F_w = P \cdot \frac{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta} \quad [10b]$$

Come d'altronde appare ovvio, le sue caratteristiche restano invariate, rispetto al *Paranco capovolto con corda ausiliaria* (vedi: **Paranco capovolto con corda ausiliaria** in [Altre tipologie per i paranchi]), come parimenti restano invariate sia tutte le equazioni ad esso associate; si ha pertanto: [10a] = [09a], [10aw] = [09aw], [10b] = [09b], [10bw] = [09bw] sia i valori delle forze: «F<sub>t</sub>», «F» sia i valori dei carichi sugli armi: «W<sub>t</sub>» «W».

**È indifferente la posizione, in cui sistemare le due carrucole, in funzione dell'efficienza dell'intero sistema.**

**La forza che si genera, nell'armo «W», è sempre superiore al peso «P» applicato.**

## Tipologia n° 2

Il secondo sistema, rappresentato dal *tendicorda* di [fig. 11], è una variante molto simile al *Paranco semplice* (l'equazione [11a] coincide, infatti, con l'equazione [02a]); le differenze sono poche, ma importanti.

Si può utilizzare, per un corretto funzionamento, un solo *autobloccante fisso*, indicato con «B<sub>f</sub>» in figura, ma vi è la necessità di usare una *carrucola mobile* con doppio attacco, uno superiore e l'altro inferiore (tipo Petz: *Gemini*, *Twin*) e la lunghezza della corda, sempre nella

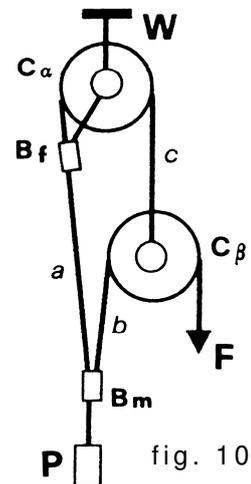


fig. 10

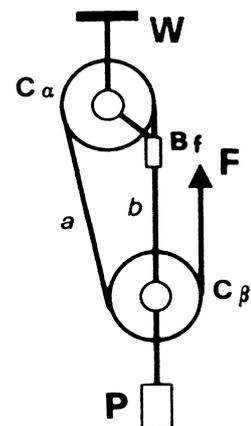


fig. 11

tipologia classica, deve essere maggiore del *triplo* della profondità del pozzo.

l'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \quad [11a]$$

$$F_w = P \cdot \frac{1 + \alpha}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta} \quad [11b]$$

Nonostante la tipologia di questo Paranco appaia, a prima vista, alquanto differente da quella del *Paranco semplice*, i due sistemi sono meccanicamente equivalenti.

Le sue caratteristiche restano pertanto invariate, rispetto al *Paranco semplice* (vedi: **Paranco semplice** in [I Paranchi]), come parimenti restano invariate tutte le equazioni ad esso associate: si ha pertanto: [11a] = [02a], [11aw] = [02aw], [11b] = [02b], [11bw] = [02bw] ed i rispettivi valori.

**La carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione «Cβ»; la meno efficiente, per contro, deve essere sistemata in «Cα».**

#### Osservazioni

Le carrucole: «Cα», «Cβ» non sono intercambiabili (la «Cα» è una normale carrucola mentre la «Cβ» è una carrucola a due attacchi; anche in questo caso, pertanto, avendo a disposizione solo quelle due carrucole, la loro posizione resta vincolata.

### Tipologia n° 3

Il terzo sistema, rappresentato dal *tendicorda* di figura [fig. 12], è uno dei più semplici da allestire ed anche quello che richiede meno materiale, essendo composto da solo due carrucole senza alcun bloccante fisso; possiede, inoltre, un elevato VMR.

Uno svantaggio, da tenere in considerazione, è l'impossibilità di utilizzare appunto un autobloccante fisso per fermare la caduta del grava nel caso cessasse la trazione in «F»; la corda di trazione deve, pertanto, essere fissata, in qualche parte ed in qualche modo, una volta raggiunta la trazione desiderata.

In questo *tendicorda*, contrariamente a quanto si è fatto per gli altri, si è visualizzato meglio il collegamento usuale fra esso e la corda che si deve porre in tensione, interponendovi l'autobloccante mobile «Bm».

Per contro però, collegando la corda direttamente al tendi corda, tramite un moschettone inserito direttamente nella carrucola «Cα», si potrebbe applicare una trazione maggiore poiché non ci sarebbe la limitazione introdotta dall'autobloccante «Bm».

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta} \quad [12a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_w = P \cdot \frac{1 + \alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta} \quad F_w = P \cdot \frac{1 + \alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \beta + \alpha \cdot \beta} \quad [12aw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [12a], [12aw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^2}{1 + 2 \cdot \mu + \mu^2} \quad [12b]$$

$$F_w = P \cdot \frac{1 + 2 \cdot \mu}{1 + 2 \cdot \mu + \mu^2} \quad [12bw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe:  $F_t = P / 4 = P \cdot 0,25$ ; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a  $F_{t_w} = P \cdot 3 / 4 = P \cdot 0,75$ .

In un sistema composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo» (al posto delle carrucole) si avrebbe  $F = P \cdot 4 / 9 = P \cdot 0,44$ ; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a  $F_w = P \cdot 5 / 9 = P \cdot 0,56$ .

**La posizione, dove deve essere posta la carrucola più efficiente, è indifferente, almeno dal punto di vista del VMR del tendicorda.**

Prendiamo in esame anche gli altri tipi di carrucole considerando, per praticità, un carico di 100 kg ( $P = 100$  kg).

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T0» si avrebbe  $F = 26$  kg; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a  $F_w = 74$  kg.

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T1» si avrebbe  $F = 27$  kg; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a  $F_w = 72$  kg.

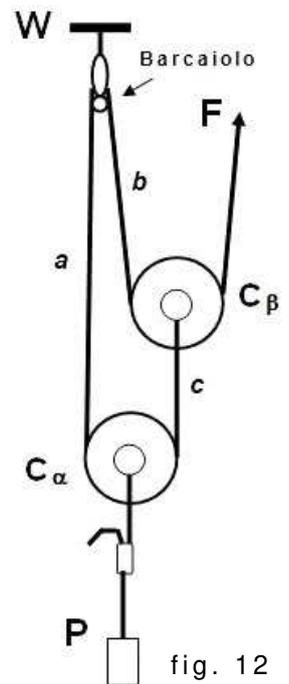


fig. 12

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T2» si avrebbe  $F = 34 \text{ kg}$ ; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a  $F_W = 66 \text{ kg}$ .

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «Pa» si avrebbe  $F = 40 \text{ kg}$ ; nell'armo «W» si genererebbe una forza pari a  $F_W = 60 \text{ kg}$ .

Questi dati ci serviranno in seguito.

### Tipologia n° 4

Il quarto sistema, composto da tre carrucole e un bloccante fisso, è leggermente più efficiente del *Paranco semplice*, di cui mantiene la direzione della forza, ma meno efficiente del *Paranco semplice con corda ausiliaria*, pur utilizzando lo stesso numero e di carrucole e di bloccanti fissi [fig. 13].

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [13a]$$

Nell'armo «W<sub>X</sub>» si genera un carico pari a:

$$F_{W_X} = P \cdot \frac{1 + \alpha \cdot \beta}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [13awx]$$

Nell'armo «M<sub>Y</sub>» si genera un carico pari a:

$$F_{M_Y} = \frac{1}{1 + \alpha + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [13awy]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte di uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [13awx], [13awy], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [13b]$$

$$F_{W_X} = P \cdot \frac{1 + \mu + \mu^2}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [13bwx]$$

$$F_{M_Y} = P \cdot \frac{1}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [13bwy]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe:  $F_t = P / 4 = P \cdot 0,25$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{t_{W_X}} = P \cdot 3 / 4 = P \cdot 0,75$  mentre, nell'armo «W<sub>Y</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{t_{W_Y}} = P / 4 = P \cdot 0,25$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = P \cdot 1,00$ .

In un sistema composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo» (al posto delle carrucole) si avrebbe una forza pari a  $F = P \cdot 8 / 15 = P \cdot 0,53$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{W_X} = P \cdot 7 / 15 = P \cdot 0,37$  mentre, nell'armo «M<sub>Y</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{M_Y} = P / 15 = P \cdot 0,07$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = P \cdot 0,44$ .

**La carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione «C<sub>γ</sub>»; la meno efficiente, per contro, deve essere quella posta nella posizione «C<sub>α</sub>».**

Prendiamo in esame, come parimenti abbiamo fatto per la *tendicorda* precedente, altri tipi di carrucole, considerando, sempre per praticità, un carico di 100 kg ( $P = 100 \text{ kg}$ ).

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T0» si avrebbe  $F = 27 \text{ kg}$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{W_X} = 73 \text{ kg}$  mentre, nell'armo «W<sub>Y</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{W_Y} = 23 \text{ kg}$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = 96 \text{ kg}$ .

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T1» si avrebbe  $F = 29 \text{ kg}$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{W_X} = 71 \text{ kg}$  mentre, nell'armo «W<sub>Y</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{W_Y} = 22 \text{ kg}$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_W = 93 \text{ kg}$ .

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T2» si avrebbe  $F = 39 \text{ kg}$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>» si genererebbe una forza pari a  $F_{W_X} = 61 \text{ kg}$  mentre nell'armo «W<sub>Y</sub>» si genererebbe una forza pari a  $F_{W_Y} = 14 \text{ kg}$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = 75 \text{ kg}$ .

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «Pa» si avrebbe  $F = 47 \text{ kg}$ .

Nell'armo «W<sub>X</sub>» si genererebbe una forza pari a  $F_{W_X} = 53 \text{ kg}$  mentre nell'armo «W<sub>Y</sub>» si genererebbe una forza pari a  $F_{W_Y} = 10 \text{ kg}$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>XY</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W_{XY}} = 63 \text{ kg}$ .

Anche questi dati ci serviranno in seguito.

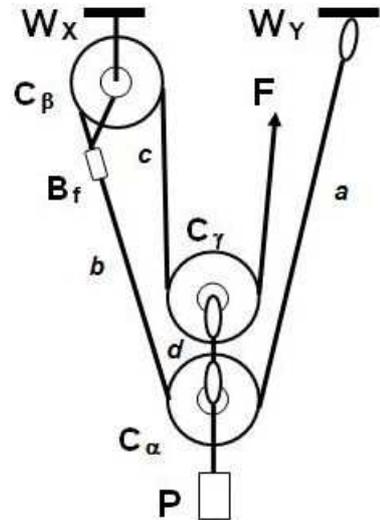


fig. 13

### Tipologia n° 5

Il quinto sistema (composto, ad esempio, da una carrucola tipo Petzl: *Tandem-P21* in combinazione con un'altra carrucola o rinvio su moschettone) anche questo è leggermente più efficiente del *Paranco semplice*, di cui mantiene la direzione della forza, ma meno efficiente del *Paranco semplice con corda ausiliaria*, pur utilizzando lo stesso numero di carrucole [fig. 14].

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad [14a]$$

In questo caso le due carrucole «C $\alpha$ » ed «C $\gamma$ » sono pulegge della stessa carrucola e pertanto hanno uguali i coefficienti d'attrito ( $\xi = \alpha = \gamma$ ) per cui la [11a] diviene:

$$F = P \cdot \frac{\xi^2 \cdot \beta}{1 + \xi + \xi \cdot \beta + \xi^2 \cdot \beta} \quad [14b]$$

Nell'armo «W $\chi$ » si genera un carico pari a:

$$F_{W\chi} = P \cdot \frac{1}{1 + \xi + \xi \cdot \beta + \xi^2 \cdot \beta} \quad [14bwx]$$

Nell'armo «W $\gamma$ » si genera un carico pari a:

$$F_{W\gamma} = P \cdot \frac{\xi + \xi \cdot \beta}{1 + \xi + \xi \cdot \beta + \xi^2 \cdot \beta} \quad [14bwy]$$

Nel caso i due armi coincidessero in «W» si avrebbe:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \xi + \xi \cdot \beta}{1 + \xi + \xi \cdot \beta + \xi^2 \cdot \beta} \quad [14bw]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con coefficiente d'attrito « $\mu$ », le: [14b], [14bwx], [14bwy], [14bw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [14c] \quad F_{W\chi} = P \cdot \frac{1}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [14cwx]$$

$$F_{W\gamma} = P \cdot \frac{\mu + \mu^2}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [14cwy] \quad F_W = P \cdot \frac{1 + \mu + \mu^2}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3} \quad [14cw]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe:  $F_t = P / 4 = P \cdot 0,25$ .

Nell'armo «W $\chi$ », si genererebbe una forza pari a  $F_{W\chi} = P \cdot 0,25$  mentre, nell'armo «W $\gamma$ », si genererebbe una forza pari a  $F_{W\gamma} = P \cdot 0,50$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W $\chi\gamma$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W\chi\gamma} = P \cdot 0,75$ .

In un sistema composto da tutti *rinvii su moschettone* «Mo» si avrebbe  $F = P \cdot 0,53$ .

Nell'armo «W $\chi$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{W\chi} = P \cdot 0,07$  mentre, sull'armo «W $\gamma$ », si genererebbe un carico pari a  $F_{W\gamma} = P \cdot 0,40$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W $\chi\gamma$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W\chi\gamma} = P \cdot 0,47$ .

**La carrucola più efficiente deve essere posta nella posizione «C $\alpha$  - C $\gamma$ »; la meno efficiente, per contro, deve essere quella doppia «C $\beta$ ».**

Anche qui, per la posizione delle carrucole, vale lo stesso discorso fatto, in «Osservazioni», per il «Paranco capovolto con carrucola doppia».

Prendiamo in esame, come parimenti abbiamo fatto per il *tendicorda* precedente, altri tipi di carrucole, considerando, sempre per praticità, un carico di 100 kg ( $P = 100$  kg).

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T0» si avrebbe  $F = 27$  kg.

Nell'armo «W $\chi$ », si genererebbe una forza pari a  $F_{W\chi} = 23$  kg mentre, nell'armo «W $\gamma$ », si genererebbe una forza pari a  $F_{W\gamma} = 50$  kg; nel caso i due armi coincidessero, in «W $\chi\gamma$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W\chi\gamma} = 73$  kg.

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T1» si avrebbe  $F = 29$  kg.

Nell'armo «W $\chi$ » si genererebbe una forza pari a  $F_{W\chi} = 22$  kg mentre, nell'armo «W $\gamma$ » si genererebbe una forza pari a  $F_{W\gamma} = 50$  kg (il valore è uguale al corrispondente del sistema precedente, ma solo per l'approssimazione qui adottata); nel caso i due armi coincidessero, in «W $\chi\gamma$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W\chi\gamma} = 72$  kg.

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «T2» si avrebbe  $F = 39$  kg.

Nell'armo «W $\chi$ », si genererebbe una forza pari a  $F_{W\chi} = 14$  kg mentre, nell'armo «W $\gamma$ », si genererebbe una forza pari a  $F_{W\gamma} = 47$  kg; nel caso i due armi coincidessero, in «W $\chi\gamma$ », il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{W\chi\gamma} = 61$  kg.

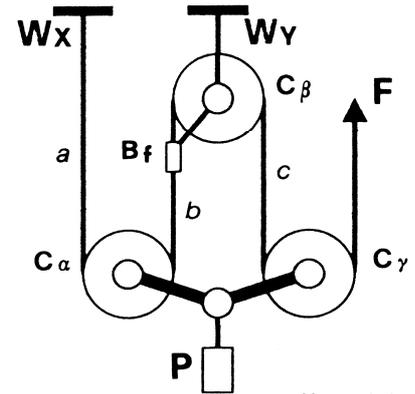


fig. 14

In un sistema composto da tutte carrucole tipo «Pa» si avrebbe  $F = 47 \text{ kg}$ .

Nell'armo «W<sub>x</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{wx} = 10 \text{ kg}$  mentre, nell'armo «W<sub>y</sub>», si genererebbe una forza pari a  $F_{wy} = 44 \text{ kg}$ ; nel caso i due armi coincidessero, in «W<sub>xy</sub>», il carico risultante sarebbe ovviamente  $F_{wxy} = 54 \text{ kg}$ .

#### Osservazioni

Quelli presentati sia in **Tipologia n° 1** sia in **Tipologia n° 2** sono due *tipologie* di **tendicorda** ambedue con un **VMT = 3**; sia il primo «n° 1» sia il secondo «n° 3» si avvalgono soltanto di due carrucole.

Quelli presentati sia in **Tipologia n° 3** sia in **Tipologia n° 4** sia in **Tipologia n° 5**, sono tre *tipologie* di **tendicorda** tutte e tre con un **VMT = 4**: il primo «n° 3» utilizza però due carrucole, mentre il secondo «n° 4» ed il terzo «n° 5» si avvalgono di ben tre carrucole.

Considerando il peso del grave  $P = 100 \text{ kg}$ , si ha:

Caratteristiche	Forza	Tipologia n° 1	Tipologia n° 2	Tipologia n° 3	Tipologia n° 4	Tipologia n° 5
carrucole	n°	2	2	2	3	3
autobloccanti fissi	n°	1	1	0	1	1
autobloccanti mobili	n°	1	1	0	0	0
$\mu = 1$ situazione teorica	<b>F</b>	<b>33 kg</b>	<b>33 kg</b>	<b>25 kg</b>	<b>25 kg</b>	<b>25 kg</b>
	Fwx	-	-	-	75 kg	25 kg
	Fwy	-	-	-	25 kg	50 kg
	Fwxy	133 kg	67 kg	75 kg	100 kg	75 kg
$\mu = 1,05$ carrucola tipo (T0)	<b>F</b>	<b>36 kg</b>	<b>35 kg</b>	<b>26 kg</b>	<b>27 kg</b>	<b>27 kg</b>
	Fwx	-	-	-	73 kg	23 kg
	Fwy	-	-	-	23 kg	50 kg
	Fwxy	136 kg	65 kg	74 kg	96 kg	73 kg
$\mu = 1,1$ carrucola tipo (T1)	<b>F</b>	<b>38 kg</b>	<b>37 kg</b>	<b>27 kg</b>	<b>29 kg</b>	<b>29 kg</b>
	Fwx	-	-	-	71 kg	22 kg
	Fwy	-	-	-	22 kg	50 kg
	Fwxy	138 kg	63 kg	72 kg	93 kg	72 kg
$\mu = 1,4$ carrucola tipo (T2)	<b>F</b>	<b>52 kg</b>	<b>45 kg</b>	<b>34 kg</b>	<b>39 kg</b>	<b>39 kg</b>
	Fwx	-	-	-	61 kg	14 kg
	Fwy	-	-	-	14 kg	47 kg
	Fwxy	152 kg	55 kg	66 kg	75 kg	61 kg
$\mu = 1,7$ carrucola tipo (Pa)	<b>F</b>	<b>66 kg</b>	<b>52 kg</b>	<b>40 kg</b>	<b>47 kg</b>	<b>47 kg</b>
	Fwx	-	-	-	53 kg	10 kg
	Fwy	-	-	-	10 kg	44 kg
	Fwxy	166 kg	48 kg	60 kg	63 kg	54 kg
$\mu = 2,0$ moschettone (Mo)	<b>F</b>	<b>80 kg</b>	<b>57 kg</b>	<b>44 kg</b>	<b>53 kg</b>	<b>53 kg</b>
	Fwx	-	-	-	37 kg	7 kg
	Fwy	-	-	-	7 kg	40 kg
	Fwxy	180 kg	43 kg	56 kg	44 kg	47 kg

Dalla precedente tabella si evince chiaramente che, a causa degli attriti presenti nelle carrucole il VMR varia per i diversi **tendicorda** a seconda della tipologia utilizzata; parimenti variano gli sforzi che si generano sugli ancoraggi.

# Le Taglie

## Presentazione

Le **Taglie** sono particolari *Paranchi* che utilizzando due *carrucole contrapposte* (una *fissa* o *superiore* l'altra *mobile* od *inferiore*); le carrucole possono essere o *singole* (composte da un'unica puleggia) o *multiple* (composte da due o più pulegge indipendenti).

Con questa linea guida si può allestire tutta una serie di «*paranchi*» che potremmo considerare come appartenenti ad una stessa «*famiglia*».

Nella loro *tipologia classica*, anche questi sistemi richiedono, come quelli presentati nel capitolo precedente (vedi: [**Paranchi come tendicorda**]), una lunghezza di *corda* diverse volte superiore alla profondità del pozzo e pertanto dovrebbero essere annoverati, seguendo lo schema fin qui adottato dell'Autore, nei *tendicorda*; raggrupparli tutti in un capitolo a parte è sembrato, per contro, la soluzione migliore.

Un «*neo*» importante, delle *Taglie*, può essere rilevato nella difficoltà di inserire, nel sistema, un *autobloccante fisso* «*B<sub>f</sub>*» che impedisca la ricaduta del peso e sollevi gli operatori dall'incombenza di dover costantemente trattenere il carico anche se con uno sforzo ridotto.

Si può supplire, a questo inconveniente, utilizzando un *autobloccante ausiliario* «*B<sub>a</sub>*» ancorato, tramite o una *fettuccia* o una catena di *moschettoni*, su un armo «*R*» indipendente da quello su cui è montata la Taglia; il «*B<sub>a</sub>*» deve essere inserito, sulla *corda di carico*, fra la Taglia ed il peso (vedi oltre: [fig. 19] associata alla «**Calorna invertita**»; dell'*autobloccante* «*B<sub>s</sub>*», presente in figura, se ne parlerà fra poco).

Si è consigliato di usare un sistema statico per evitare un eccessivo, e fastidioso, allungamento del tratto di *corda*, compreso fra l'*autobloccante ausiliario* «*B<sub>a</sub>*» e l'armo «*R*», che comporterebbe una maggiore lentezza nell'operazione di recupero.

### Osservazioni

Si potrebbe obiettare sia che la catena di moschettoni è, in vero, pesante ed ingombrante sia che, oggi, si tende sempre più ad escludere l'uso della fettuccia dalla maggior parte delle operazioni (il suo utilizzo necessita una certa esperienza e di alcune conoscenze di base).

L'Autore voleva soltanto porre l'accento sulla necessità di allestire, per il *bloccante ausiliario* «*B<sub>a</sub>*», un sistema statico; è ovvio che, se la lunghezza del tratto necessario, a questo scopo, non è eccessiva, anche una semplice corda statica speleo da  $\varnothing = 10$  mm potrà svolgere efficacemente il suo compito.

E' necessario, per contro, porre particolare attenzione al fine di evitare, al sistema, qualsiasi *sollecitazione dinamica* che potrebbe generare delle forze di tensione particolarmente elevate, specialmente nei punti in cui la corda di carico attraversa gli autobloccanti (vedi oltre: **Nel caso di una sollecitazione dinamica** in [**Conclusioni**]).

Come vedremo, l'*espediente* utilizzato per inserire nel sistema l'*autobloccante fisso* «*B<sub>f</sub>*», servirà anche ad aiutarci ad eliminare il «*difetto*» dell'eccessiva lunghezza della *corda di carico* (vedi oltre: **Un utile espediente** in [**Le Taglie**]) facilitando inoltre il problema del passaggio di un eventuale *nodo di giunzione* attraverso il sistema (vedi oltre: **Terzo metodo con le Taglie o i «tendicorda»** in [**Passaggio del nodo di giunzione**]) che, nel caso delle *Taglie*, con *tipologia classica*, non potrebbe essere presente.

Le *Taglie* sono state, forse ingiustamente, trascurate, od addirittura ignorate, dalla maggior parte degli speleologi; la necessità di utilizzare carrucole a due pulegge indipendenti (eccetto che per le due tipologie più semplici) e munite di due attacchi (materiale molto difficilmente presente nell'attrezzatura di una normale squadra operativa) ha sicuramente giocato a loro sfavore.

L'Autore ritiene, per contro, che in *squadre organizzate*, come potrebbero essere quelle del *soccorso speleologico*, i vantaggi di tali tipologie non dovrebbero essere sottovalutati; con due carrucole doppie (ciascuna con due pulegge indipendenti) è, infatti, possibile allestire un «*Paranco*» con una tipologia veramente semplice e, con alcuni accorgimenti, anche molto pratico e sicuro.

In [tab. 09] è riportato un sunto in cui vi sono indicati i valori caratteristici, più importanti, dei vari paranchi.

Si è considerato, nelle equazioni riportate in seguito (solo e per tutte le *Taglie*), che le *pulegge delle carrucole fisse* «*C<sub>f</sub>*» abbiano tutte il medesimo *coefficiente d'attrito* « $\alpha$ » e che le *pulegge delle carrucole mobili* «*C<sub>m</sub>*» abbiano tutte il medesimo *coefficiente d'attrito* « $\beta$ ».

### Osservazioni

I nomi delle *Taglie* sono quelli, di origine marinara, riportati da **Ashley** [R. 01] il quale non utilizza mai il termine *Taglia* per indicare i *Paranchi a carrucole contrapposte*.

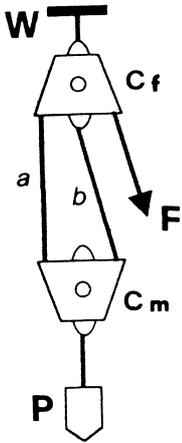
L'Autore ha ritenuto più opportuno indicare, questi ultimi, col loro termine corrente italiano «*Taglia*», ma per i nomi ha preferito mantenere quelli originali (le *Taglie* «n° 3» e «n° 5» sono

chiamate *rispettivamente* «Paranco semplice» e «Paranco doppio», attenti a non confonderli con i nomi utilizzati per indicare alcuni paranchi veri e propri).

Fra parentesi ha aggiunto la denominazione che, volendo, potrebbe essere usata al posto di quella indicata da Ashley.

**1° La Ghia doppia (Taglia semplice)**

E' costituita da due carrucole [fig. 15]: una *fissa* «C<sub>f</sub>», a due punti d'attacco, una *mobile* «C<sub>m</sub>», ad un punto d'attacco; ambedue le carrucole hanno *puleggia singola*.



Il numero totale «n», delle tratte di *corda di traino*, facenti capo alla *carrucola mobile* (quelle che entrano più quelle che escono più eventualmente quella agganciata al suo secondo punto d'attacco) è uguale a due «n = 2» (una entra, una esce); la *corda di traino* è fissata alla «C<sub>f</sub>» e fuoriesce dalla puleggia della «C<sub>f</sub>».

La forza «F» necessaria a sollevare un peso «P» è data dalla:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{\alpha + 1} \quad [15a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta + \alpha + 1}{\alpha + 1} \quad [15aW]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [15a], [15aw], diverrebbero:

fig. 15  $F = P \cdot \frac{\mu^2}{\mu + 1} \quad [15b]$

$$F_W = P \cdot \frac{\mu^2 + \mu + 1}{\mu + 1} \quad [15bW]$$

In un sistema teorico, con μ = 1, si avrebbe Ft = P / 2 = P • 0,50; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a Ft<sub>w</sub> = P • 1,50.

Utilizzando carrucole tipo *gemini* (μ = 1,4) si avrebbe F = P • 0,82; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a F<sub>w</sub> = P • 1,82.

**2° L'Amante doppio (Taglia semplice invertita)**

E' costituito da due carrucole [fig. 16] ambedue a *puleggia singola*; la «C<sub>f</sub>», con un punto d'attacco e la «C<sub>m</sub>», con due punti d'attacco.

Il numero totale «n» delle tratte, facenti capo alla *carrucola mobile*, è uguale a «n = 3» (una entra, una esce, una è agganciata al secondo punto d'attacco); la *corda di traino* è fissata alla «C<sub>m</sub>» e fuoriesce dalla puleggia della «C<sub>m</sub>».

La forza «F» necessaria a sollevare un peso «P» è data dalla:

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{\alpha \cdot \beta + \beta + 1} \quad [16a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\beta + 1}{\alpha \cdot \beta + \beta + 1} \quad [16aW]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [16a], [16aw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^2}{\mu^2 + \mu + 1} \quad [16b]$$

$$F_W = P \cdot \frac{\mu + 1}{\mu^2 + \mu + 1} \quad [16bW]$$

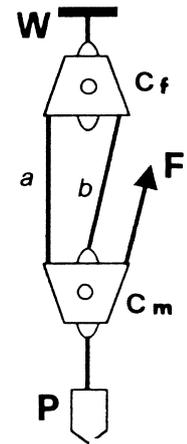


fig. 16

In un sistema teorico, con μ = 1, si avrebbe Ft = P / 3 = P • 0,33; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a Ft<sub>w</sub> = P • 0,67.

Utilizzando carrucole tipo *gemini* (μ = 1,4) si avrebbe F = P • 0,45; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a F<sub>w</sub> = P • 0,55.

**3° Il Paranco semplice (Taglia doppia)**

E' costituito da due carrucole [fig. 17]: la «C<sub>f</sub>» ad un punto d'attacco e *puleggia doppia*, la «C<sub>m</sub>» a due punti d'attacco e *puleggia singola*.

Il numero totale «n» delle tratte, facenti capo alla *carrucola mobile*, è uguale a «n = 3» (due entra, una esce, una è agganciata al secondo punto d'attacco); la corda è fissata alla «C<sub>m</sub>» e fuoriesce da una puleggia della «C<sub>f</sub>».

La forza «F» necessaria a sollevare un peso «P» è data dalla:

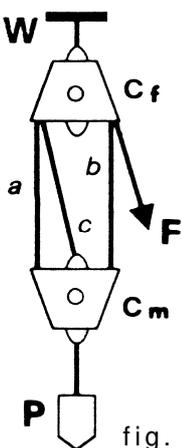


fig. 17

$$F = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta^2}{\alpha \cdot \beta + \beta + 1} \quad [17a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta + \beta + 1}{\alpha \cdot \beta + \beta + 1} \quad [17aW]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [17a], [17aw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{\mu^2 + \mu + 1} \quad [17b] \qquad F_W = \frac{\mu^3 + \mu^2 + \mu + 1}{\mu^2 + \mu + 1} \quad [17bW]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 3 = P \cdot 0,33$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 1,33$ .

Utilizzando carrucole tipo *gemini* ( $\mu = 1,4$ ) si avrebbe  $F = P \cdot 0,63$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,63$ .

**4° Il Paranco semplice invertito (Taglia doppia invertita)**

E' costituito da due carrucole [fig. 18]: la «C<sub>f</sub>» a due punti d'attacco e *puleggia singola*, la «C<sub>m</sub>» ad un punto d'attacco e *puleggia doppia*.

Il numero totale «n» delle tratte, facenti capo alla *carrucola mobile*, è uguale a «n = 4» (due entrano, due escono); la corda è fissata alla «C<sub>f</sub>» e fuoriesce da una puleggia della «C<sub>m</sub>».

La forza «F» necessaria a sollevare un peso «P» è data dalla:

$$F = P \cdot \frac{\alpha^2 \cdot \beta}{\alpha^2 \cdot \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha + 1} \quad [18a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta + \alpha + 1}{\alpha^2 \cdot \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha + 1} \quad [18aW]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [18b], [18bw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^3}{\mu^3 + \mu^2 + \mu + 1} \quad [18b] \qquad F = P \cdot \frac{\mu^2 + \mu + 1}{\mu^3 + \mu^2 + \mu + 1} \quad [18bW]$$

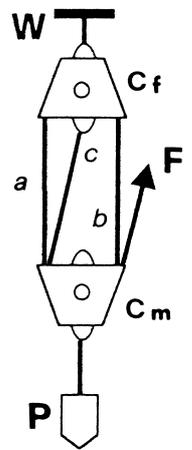


fig. 18

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 4 = P \cdot 0,25$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 0,75$ .

Utilizzando carrucole tipo *gemini* ( $\mu = 1,4$ ) si avrebbe  $F = P \cdot 0,38$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,61$ .

**5° Il Paranco doppio (Taglia tripla)**

E' costituito da due carrucole [fig. 19]: la «C<sub>f</sub>», a due punti d'attacco, e la «C<sub>m</sub>», ad un punto d'attacco; ambedue sono a *puleggia doppia*.

Il numero totale «n» delle tratte, facenti capo alla *carrucola mobile*, è uguale a «n = 4» (due entrano, due escono); la corda è fissata alla «C<sub>f</sub>» e fuoriesce da una puleggia della «C<sub>f</sub>».

La forza «F» necessaria a sollevare un peso «P» è data dalla:

$$F = P \cdot \frac{\alpha^2 \cdot \beta^2}{\alpha^2 \cdot \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha + 1} \quad [19a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\alpha^2 \cdot \beta^2 + \alpha^2 \cdot \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha + 1}{\alpha^2 \cdot \beta + \alpha \cdot \beta + \alpha + 1} \quad [19aW]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* «μ», le [19a], [19aw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^4}{\mu^3 + \mu^2 + \mu + 1} \quad [19b] \qquad F_W = P \cdot \frac{\mu^4 + \mu^3 + \mu^2 + \mu + 1}{\mu^3 + \mu^2 + \mu + 1} \quad [19bW]$$

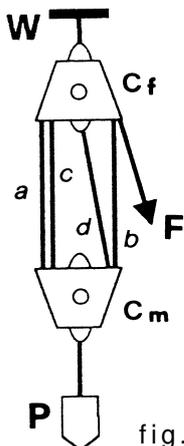


fig. 19

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 4 = P \cdot 0,25$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 1,25$ .

Utilizzando carrucole tipo *gemini* ( $\mu = 1,4$ ) si avrebbe  $F = P \cdot 0,54$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 1,54$ .

**6° Il Paranco doppio invertito (Taglia tripla invertita)**

E' costituito da due carrucole [fig. 20]: la «C<sub>f</sub>», ad un punto d'attacco, e la «C<sub>m</sub>», a due punti d'attacco; ambedue sono a *puleggia doppia*.

Il numero totale «n» delle tratte facenti capo alla *carrucola mobile* è uguale a «n = 5» (due entrano, due escono, una è agganciata al secondo punto d'attacco); la corda è fissata alla «C<sub>m</sub>» e fuoriesce da una puleggia della «C<sub>m</sub>».

La forza «F» necessaria a sollevare un peso «P» è data dalla:

$$F = P \cdot \frac{\alpha^2 \cdot \beta^2}{\alpha^2 \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta + \beta + 1} \quad [20a]$$

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta + \beta + 1}{\alpha^2 \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta + \beta + 1} \quad [20aW]$$

Nel caso si utilizzassero carrucole tutte d'uguale efficienza, con *coefficiente d'attrito* « $\mu$ », le [20a], [20aw], diverrebbero:

$$F = P \cdot \frac{\mu^4}{\mu^4 + \mu^3 + \mu^2 + \mu + 1} \quad [20b] \quad F_W = P \cdot \frac{\mu^3 + \mu^2 + \mu + 1}{\mu^4 + \mu^3 + \mu^2 + \mu + 1} \quad [20bW]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 5 = P \cdot 0,20$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 0,80$ .

Utilizzando carrucole tipo *gemini* ( $\mu = 1,4$ ) si avrebbe  $F = P \cdot 0,35$ ; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,65$ .

**Riassumendo**

Dall'analisi sia delle equazioni [15b], [16b], [17b], [18b], [19b], [20b], sia delle equazioni [15bW], [16bW], [17bW], [18bW], [19bW], [20bW], possiamo ricavare delle forme generali valide per **Taglie** costituite da carrucole con un numero qualsiasi di pulegge.

Se la *corda di carico* esce da una *puleggia* della *carrucola fissa* «C<sub>f</sub>» (superiore), si ha:

$$F = P \cdot \frac{\mu^n}{1 + \sum_{j=1}^n \mu^j} \quad [21a] \quad F_W = P \cdot \frac{1 + \sum_{j=1}^n \mu^j}{1 + \sum_{j=1}^n \mu^j} \quad [21b]$$

Se la *corda di carico* esce da una *puleggia* della *carrucola mobile* «C<sub>m</sub>» (inferiore) si ha:

$$F = P \cdot \frac{\mu^{n-1}}{1 + \sum_{j=1}^n \mu^j} \quad [22a] \quad F_W = P \cdot \frac{1 + \sum_{j=1}^{n-2} \mu^j}{1 + \sum_{j=1}^n \mu^j} \quad [22b]$$

E con queste quattro equazioni si è interrotta la «*tradizione*» che vedeva il numero della figura, di un *Paranco* o di una *Taglia*, uguale al numero che indicava la formula ad esso associata; d'ora in poi non sarà più così, tenetelo a mente.

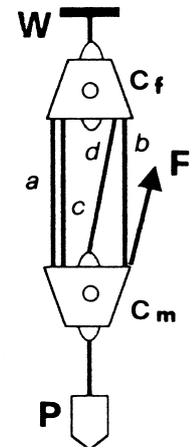


fig. 20

**Se la corda di traino è fissata alla carrucola fissa (superiore), il numero che esprime il Vantaggio Meccanico teorico «VMT» è pari.**  
**Se la corda di traino passa per ultimo in una puleggia della carrucola fissa, il Vantaggio Meccanico teorico «VMT» è uguale al numero delle pulegge interessate.**

**Se la corda di traino è fissata alla carrucola mobile (inferiore), il numero che esprime il Vantaggio Meccanico teorico «VMT» è dispari.**  
**Se la corda di traino passa per ultimo in una puleggia della carrucola mobile, il Vantaggio Meccanico teorico «VMT» è uguale al numero delle pulegge interessate più uno.**

Dall'esame della [tab. 10], utilizzando una delle tipologie in cui la *corda di traino* fuoriesce da una puleggia della *carrucola mobile inferiore*: [fig. 16], [fig. 18], [fig. 20], possiamo avanzare un'altra considerazione.

**Le tipologie in cui la corda di traino fuoriesce dalla carrucola mobile (confrontando, in coppia, le Taglie con il «VMT» uguale) hanno un «VMR» sempre maggiore.**

#### Osservazioni

Si rende però, in pratica, sempre necessario l'uso di una carrucola che modifichi la direzione del «tiro» in modo che quest'ultimo possa avvenire sempre dal medesimo punto, scelto nella posizione migliore (vedi oltre: **La carrucola ausiliaria** in [Considerazioni generali]).

Utilizzando un'ulteriore carrucola, per contro, il Vantaggio Meccanico Reale, confrontando sempre le Taglie con il «VMT» uguale, si riduce divenendo, in pratica, molto simile al «VMR» delle tipologie in cui la corda di traino fuoriesce dalla carrucola fissa.

**Nelle tipologie in cui la corda di traino fuoriesce dalla carrucola fissa, la forza che si genera, nell'armo «W», è sempre maggiore del peso sollevato; gli armi, pertanto, risultano particolarmente sollecitati.**

### Un utile espediente

Anche le «Taglie», o quei paranchi *declassati* dall'Autore quali «tendicorda», possono, con un piccolo accorgimento, essere utilizzati, in modo efficace, superando quegli svantaggi che gli sono stati imputati (richiedere una lunghezza di *corda di carico* superiore di alcune volte la profondità del pozzo).

E' sufficiente non collegare la *corda di carico* direttamente alla taglia (od al *tendicorda*) ma inserirla in un *autobloccante di supporto* «B<sub>s</sub>» collegato, quest'ultimo, alla taglia che sarà allestita utilizzando uno spezzone di corda come *corda di traino*.

In questo caso è indispensabile servirsi di un *autobloccante ausiliario* «B<sub>a</sub>» ancorato, tramite od una *fettuccia* od una catena di *moschettoni*, su un armo indipendente «R» da quello su cui è montata la taglia; (quest'ultimo è, in pratica, il metodo usato nelle taglie per supplire all'impossibilità di utilizzare un'*autobloccante fisso* «B<sub>f</sub>»).

Lo schema esplicativo [fig. 23] mostra la «**Calorna invertita**» o «**Calorna invertita**» (la tipologia della taglia può essere comunque differente) e l'*autobloccante di supporto* «B<sub>s</sub>», in cui è inserita la *corda di carico* (indipendente e poco più lunga della profondità del pozzo); mostra inoltre l'*autobloccante ausiliario* «B<sub>a</sub>» atto a trattenere il peso, scaricando la taglia, la quale permette di riabbassare il «B<sub>s</sub>» e riprendere la sequenza.

Dopo aver tirato, verso l'alto, il peso «P» o parimenti, quando le due carrucole, quella *mobile* e quella *fissa*, sono arrivate quasi a contatto, si allenta la presa in modo che il peso gravi completamente sul «B<sub>a</sub>» scaricando l'*autobloccante* «B<sub>s</sub>».

Si abbassa quindi il «B<sub>s</sub>» recuperando, nel frattempo, la *corda di carico* che attraversa quest'ultimo.

Per quanto riguarda la *corda di carico*, valgono ovviamente le stesse *considerazioni* esposte per il «**Paranco semplice con corda ausiliaria**» (vedi: «Una precauzione» **Paranco semplice con corda ausiliaria** in [I paranchi]).

La **Calorna invertita** (costituita da tre carrucole) è, alla luce delle equazioni [20a], [20b], meccanicamente equivalente ad una *taglia* costituita da due carrucole, una *fissa*, a due *pulegge indipendenti*, e l'altra *mobile*, a tre *pulegge indipendenti* (6°); la corda è fissata alla «C<sub>f</sub>» e fuoriesce da una *puleggia* della «C<sub>m</sub>».

In pratica, per contro, si utilizzano due carrucole, ambedue a due pulegge indipendenti, più una terza che chiameremo *carrucola aggiunta* «C<sub>g</sub>»; le carrucole a tre pulegge indipendenti, oltre ad essere quasi irreperibili, sono oltremodo e costose e pesanti ed ingombranti.

Considerando «μ» il *coefficiente d'attrito* di tutte le pulegge, dall'*equazione generale* [20a] si dovrebbe ottenere:

$$F = P \cdot \frac{\mu^{n-1}}{\sum_{j=1}^n \mu^j} = P \cdot \frac{\mu^{6-1}}{\sum_{j=1}^6 \mu^j} = P \cdot \frac{\mu^5}{\sum_{j=1}^5 \mu^j} = P \cdot \frac{\mu^5}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3 + \mu^4 + \mu^5}$$

Come in effetti risulta dalla sua equazione risolutiva (considerando «γ» il coefficiente d'attrito della *carrucola aggiunta* «C<sub>g</sub>»):

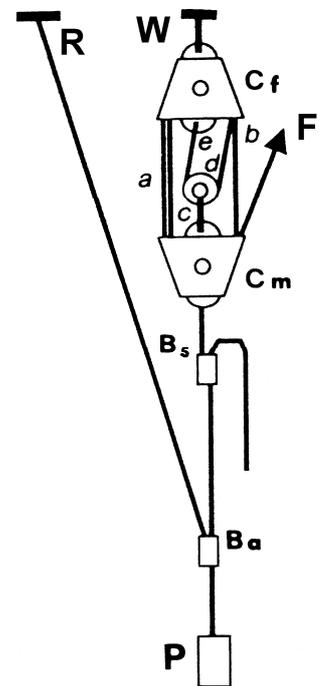


Fig. 23

$$F = P \cdot \frac{\alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot \gamma}{1 + \gamma + \alpha \cdot \beta + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha^2 \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot \gamma} \quad [23a]$$

Dall'equazione generale [20b] si dovrebbe ottenere:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \sum_{j=1}^{j=n-2} \mu^j}{1 + \sum_{j=1}^{j=n-1} \mu^j} = P \cdot \frac{1 + \sum_{j=1}^{j=6-2} \mu^j}{1 + \sum_{j=1}^{j=6-1} \mu^j} = P \cdot \frac{1 + \sum_{j=1}^{j=4} \mu^j}{1 + \sum_{j=1}^{j=5} \mu^j} = P \cdot \frac{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3 + \mu^4}{1 + \mu + \mu^2 + \mu^3 + \mu^4 + \mu^5}$$

Come parimenti risulta dalla:

$$F_W = P \cdot \frac{1 + \gamma + \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha^2 \cdot \beta \cdot \gamma}{1 + \gamma + \alpha \cdot \gamma + \alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha^2 \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot \gamma} \quad [23aW]$$

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe:  $F_t = P / 6 = P \cdot 0,17$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_{tW} = P \cdot 0,83$ .

Utilizzando carrucole tipo *gemini* ( $\mu = 1,4$ ) si avrebbe  $F = P \cdot 0,33$ ; nell'armo si genererebbe un carico pari a  $F_W = P \cdot 0,67$ .

### Altre valutazioni

Il **Paranco semplice** [fig. 02] è il più classico ed è, sicuramente, il più conosciuto; può essere allestito molto celermente e richiede pochissimo materiale *sicuramente* reperibile all'interno di una normale squadra operativa.

Anche utilizzando carrucole di efficienza non elevata (*coefficiente d'attrito*  $\mu = 1,4$ ) mantiene un Vantaggio Meccanico Reale di «VMR = 2,2», a fronte di un «VMT = 3», e pertanto con un rendimento di « $\eta\% = 74$ »).

Per ottenere prestazioni migliori, per contro, si dovrebbe passare a tipologie più complesse, più lente e, forse, più sconosciute; il **Paranco semplice con corda ausiliaria**, con un «VMR = 3,9», un «VMT = 6» ed un « $\eta\% = 63$ », ne è la dimostrazione).

Con la **Taglia tripla invertita** (denominata anche **Paranco doppio invertito**) si ottengono prestazioni intermedie («VMR = 2,9», «VMT = 5» e « $\eta\% = 58$ ») con una tipologia estremamente più compatta e più semplice sia da approntare sia da gestire.

Come si può notare dal confronto fra il **Paranco semplice** e la **Taglia tripla invertita** un'efficienza migliore non è sempre indice di prestazioni migliori.

Differente è la valutazione per quanto riguarda sia il **Passaggio del nodo** sia l'**Inversione di manovra** nei quali la tipologia adottata sia per i *tendicorda* sia per le *Taglie* si rivela nettamente superiore sia per velocità sia per semplicità d'esecuzione.

#### Osservazioni

Utilizzando, nel **Paranco semplice**, carrucole ad altissima efficienza (la casa produttrice indica, per alcune di esse:  $\mu = 1,05$ ) anche questi raggiunge un VMR uguale a quello ottenibile con il **Paranco doppio invertito** «VMR = 2,9» annullando lo *svantaggio*.

Se in futuro fossero reperibili, sul mercato, carrucole, a due pulegge indipendenti, con un *coefficiente d'attrito* di « $\mu = 1,05$ » il discorso cambierebbe.

### Una riflessione

Si potrebbe essere tentati, alcune volte, di utilizzare paranchi molto efficienti (con un VMR altissimo) nell'errata convinzione di poter sollevare, in sicurezza, pesi enormi.

Teniamo sempre presente che il peso «P» grava o sull'*autobloccante mobile* «B<sub>m</sub>», durante la fase di trazione, o sull'*autobloccante fisso* «B<sub>f</sub>», ogni volta che allentiamo la tensione sulla *corda* o di *carico* o di *traino* (secondo i paranchi).

Teniamo altresì presente che gli *autobloccanti* sono il punto debole di tutto il sistema (l'anello che ne limita la resistenza) e pertanto saranno, a meno di eventi particolari, i primi a cedere sotto un carico eccessivo.

#### Osservazioni

Per gli *autobloccanti meccanici* possiamo considerare come limite del carico di rottura (*autobloccante su corda*)  $Cr = 5,5 \text{ kN} + 6,0 \text{ kN} \approx (560 \text{ kg} + 610 \text{ kg})$ ; considerando un margine di sicurezza, *doveroso*, possiamo affermare che la sollecitazione dinamica non dovrebbe generare una forza superiore a  $F_s = 5 \text{ kN} \approx 510 \text{ kg}$ .

**Si deve ricercare un sistema con una notevole «demoltiplicazione» solo nel caso si abbia la necessità di sollevare un peso «P» applicando uno sforzo il più possibile ridotto e non per riuscire ad alzare pesi sproporzionatamente elevati che potrebbero mettere in serio pericolo l'integrità degli autobloccanti.**

# Il paranco di «Poldo»

## Presentazione

È un paranco molto interessante sia perché riduce lo sforzo teorico (in assenza di attriti) ad un quarto ( $F_t = P \cdot 1/4$ ) sia perché è «*auto equilibrante*» (il circuito chiuso che compie la corda, infatti, lo rende *stabile* in tutte le posizioni) [fig. 20], [tab. 10].

Facile da eseguire è il classico «*tendicorda*» che permette, ad esempio, di regolare la tensione di un traverso con estrema precisione e semplicità senza dover, infine, eseguire un'asola, od un nodo, che lo blocchi in quella posizione.

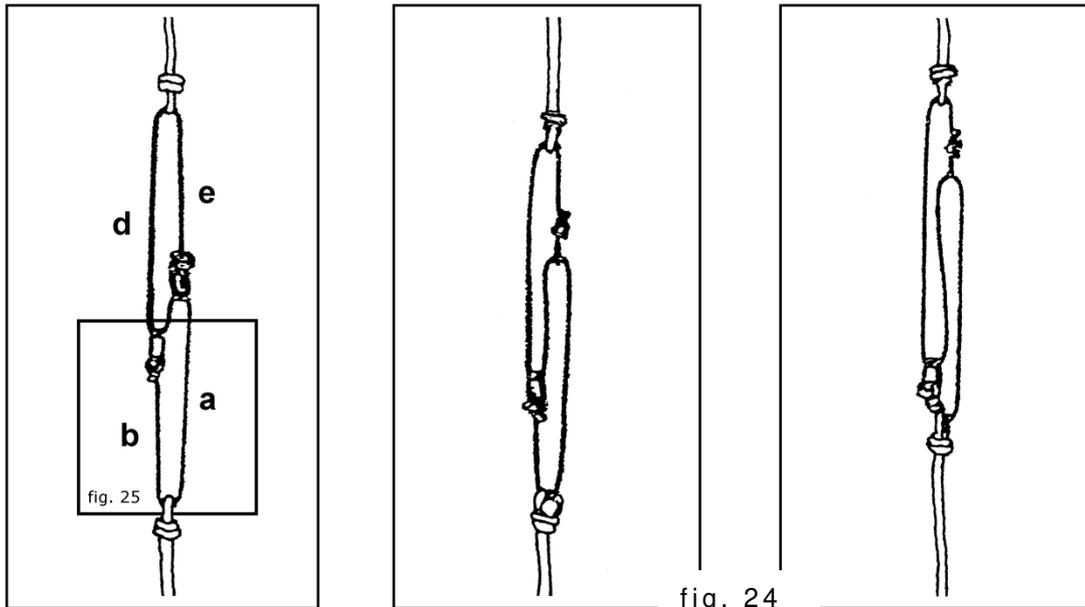
L'escursione è circa un terzo della sua lunghezza massima; se completamente disteso misura *un metro e mezzo* (1,5 m), completamente contratto misurerà circa *un metro* (1 m).

Il procedimento risolutivo è complesso ma istruttivo; lo presentiamo (seguendo un percorso che potrebbe apparire *strano*), con qualche commento, nell'ipotesi, peraltro improbabile, che tutte le carrucole abbiano un *coefficiente d'attrito* « $\mu$ » differente.

### Osservazioni

Se si usano carrucole diverse, il paranco potrebbe non essere più *autobloccante*; perché possa conservare la sua caratteristica, le carrucole devono avere lo stesso *coefficiente d'attrito*, almeno a coppie, quella fissa con quella a cui è agganciato il peso e le altre due restanti.

Dall'esame della [fig. 24] ci possiamo rendere conto che il **Paranco di Poldo** è costituito da due parti che possono essere separate concettualmente; esso, infatti, può funzionare sia tirando verso l'alto il ramo «a» sia tirando verso il basso il ramo «d» (ovviamente queste due operazioni possono essere eseguite contemporaneamente).



Ipotizziamo, per comodità, di utilizzare il *Paranco di Poldo* per sollevare un peso «P»; nel caso esso fosse usato per tendere un traverso è sufficiente sostituire, al peso «P», la forza di tensione «T» (ciò è valido anche sia tutti gli altri Paranchi sia per tutte le Taglie).

Consideriamo la [fig. 21] nella quale è rappresentato lo schema di funzionamento semplificato, del *Paranco di Poldo*, che ne raffigura la sola parte inferiore; l'altra parte sarà esaminata separatamente, in un secondo tempo.

La semplificazione è lecita poiché quando si agisce sul ramo «a» (tirandolo verso l'alto) si coinvolgono, in pratica, solo i rami «b» e «c» e le carrucole «C $\alpha$ », «C $\beta$ », «C $\gamma$ »; i due rami «d» ed «e» non scorrono rispetto alla carrucola «C $\delta$ » (non visibile in figura), od ad un eventuale moschettone, entro cui sono inseriti (non influenzando il fenomeno) e l'analisi può pertanto essere ristretta, esclusivamente, alla parte posta in evidenza.

La forza «F $_a$ » che, in *prima ipotesi*, deve essere applicata, al ramo «a», per sollevare il peso «P», si ricava dalla:

$$F_a = \frac{P \cdot \alpha}{\alpha + 1}$$

Sul ramo «b» agirà pertanto una tensione «F $_b$ » pari alla forza «F $_a$ » ridotta dal *coefficiente d'attrito* « $\alpha$ » della carrucola «C $\alpha$ »:

$$F_b = \frac{F_a}{\alpha} = \frac{P \cdot \alpha}{\alpha \cdot (\alpha + 1)} = \frac{P}{\alpha + 1}$$

Il ramo «b», a sua volta, tende a trascinare verso il basso la carrucola «C<sub>β</sub>» agendo, sul ramo «c», con una tensione pari a:

$$F_c = \frac{F_b}{\beta + 1} = \frac{P}{(\alpha + 1) \cdot (\beta + 1)}$$

Il ramo «c» non è altro che il ramo «a» (dopo aver attraversato la carrucola «C<sub>γ</sub>») e pertanto la tensione generata su «c» tende, ridotta degli attriti incontrati in «C<sub>γ</sub>», a coadiuvare la forza necessaria «F<sub>X</sub>», da applicare in «a», per sollevare il peso «P».

La forza risultante «F<sub>X</sub>» (quella che realmente si deve applicare per sollevare il peso «P») è data pertanto dalla differenza fra la forza ipotetica «F<sub>a</sub>» e la tensione prodotta sul ramo «a», dalla «F<sub>c</sub>», che si genera nel ramo «c», dopo aver attraversato la «C<sub>γ</sub>»:

$$F_X = F_a - \frac{F_c}{\gamma} = \frac{P \cdot \alpha}{\alpha + 1} - \frac{P}{\gamma \cdot (\alpha + 1) \cdot (\beta + 1)}$$

da cui si ha:

$$F_X = P \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma + \alpha \cdot \gamma - 1}{\gamma \cdot (\alpha + 1) \cdot (\beta + 1)} \quad [25a]$$

Nell'ipotesi, molto più realistica, che «C<sub>β</sub>» sia uguale a «C<sub>γ</sub>» e, di conseguenza, anche il coefficienti d'attrito «β» sia uguale al coefficiente d'attrito «γ» (ζ = β = γ) l'equazione [22a] diverrebbe:

$$F_X = P \cdot \frac{\alpha \cdot \zeta^2 + \alpha \cdot \zeta - 1}{\zeta \cdot (\alpha \cdot \zeta + \alpha + \zeta + 1)} \quad [25b]$$

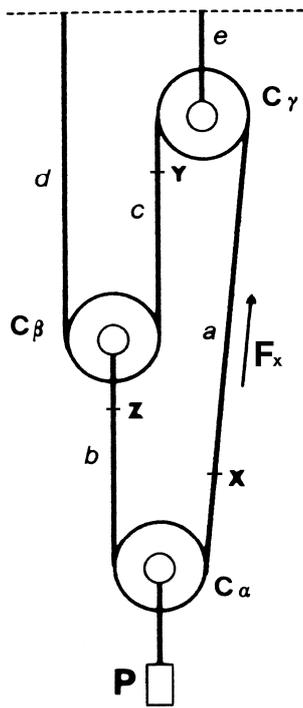


fig. 25

Nell'ipotesi o che tutte le carrucole siano identiche (o che siano tutti rinvii su moschettone) la [25a] diverrebbe:

$$F_X = P \cdot \frac{\mu^3 + \mu^2 - 1}{\mu^3 + 2 \cdot \mu^2 + 1} \quad \text{o l'equivalente} \quad F_X = P \cdot \frac{\mu^3 + \mu^2 - 1}{\mu \cdot (\mu + 1)^2} \quad [22c]$$

In un sistema teorico, con μ = 1, si avrebbe F<sub>Xt</sub> = P / 4 = P • 0,25.

**Curiosità**

Seguiamo, come semplice ma non banale metodo di verifica, il classico *ragionamento del contadino* (scarpe grosse e cervello fino): anche se elementare, può essere applicato alla situazione teorica appena presa in esame poiché ugualmente efficace.

Se solleviamo il punto «x» [fig. 21] di 40 cm la carrucola mobile «C<sub>α</sub>» si dovrebbe alzare di 20 cm (il condizionale è d'obbligo; il motivo lo si vedrà in seguito).

Il punto «y», di conseguenza, si abbasserà di 40 cm (lo stesso valore di cui abbiamo sollevato il punto «x») mentre la carrucola mobile «C<sub>β</sub>», e parimenti il punto «z», si abbasseranno di 20 cm; la carrucola «C<sub>α</sub>» si dovrebbe pertanto abbassare di 10 cm.

Se la carrucola «C<sub>α</sub>» si «dovrebbe» alzare di 20 cm e, contemporaneamente, si «dovrebbe abbassare» di 10 cm significa che si alzerà di 10 cm.

Il vantaggio meccanico teorico sarà pertanto: «VMT = 40 / 10 = 4»: la forza teorica «F<sub>t</sub>» necessaria a sollevare il peso «P» sarà uguale a: «F<sub>t</sub> = P / 4», come dimostrato teoricamente.

Nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_{XW} = P \cdot \frac{\beta \cdot \gamma + \gamma + 1}{\gamma \cdot (\alpha + 1) \cdot (\beta + 1)} \quad [25d]$$

Nell'ipotesi o che tutte le carrucole siano identiche (o che siano tutti rinvii su moschettone) la [22d] diverrebbe:

$$F_{XW} = P \cdot \frac{\mu^2 + \mu + 1}{\mu \cdot (\mu + 1)^2} \quad [25e]$$

In un sistema teorico, con μ = 1, si avrebbe F<sub>XtW</sub> = P • 3 / 4 = P • 0,75.

In un sistema, composto solo da carrucole di tipo «T1», si avrebbe F<sub>X</sub> = P • 0,32; nell'armo «W» si genererebbe un carico pari a F<sub>XW</sub> = P • 0,68.

# Una divagazione

## Paranco differenziale

Il *Paranco differenziale*, conosciuto anche come «*Puleggia differenziale*», non sarà mai utilizzato in grotta e nessuno, credo, avrà il coraggio di proporlo quale alternativa ad uno dei diversi paranchi esaminati in precedenza, tanto meno l'Autore [fig. 26].

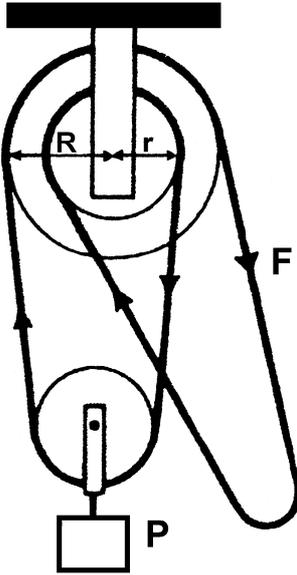


fig. 26

Le difficoltà che s'incontrerebbero se si tentasse una sua applicazione in ambito speleologico, o peggio in un'operazione di soccorso, sono non solo innumerevoli e smisurate ma anche indiscutibilmente ovvie (almeno per gli speleologi).

Il principio di funzionamento si basa sulla differenza tra i diametri (nelle equazioni si utilizzeranno i raggi) di due ruote ad *alveoli* (dentate), coassiali e solidali fra loro; in esse passa la *catena di carico* che si richiude ad anello.

### Osservazioni

Al lettore attento non sarà certo sfuggito il drastico cambiamento di termini; si è sempre parlato sia di *corde*, o di *carico* o di *traino*, sia di *carrucole*, o ad una o a più *pulegge*, mentre ora s'introducono termini come *ruote ad alveoli* e poi ancora *catena di carico*; le corde speleologiche pertanto, quelle che si portano in grotta non potrebbero, in questo Paranco, essere utilizzate.

Anche chi non è speleologo, e non può contare sull'esperienza, inizia ora ad intravedere le prime serie difficoltà.

E', per contro, un paranco delle connotazioni spiccatamente didattiche si da essere presente praticamente in tutti i testi di *fisica tecnica*; lo presentiamo pertanto anche noi aggiungendo, nelle equazioni, quel *coefficiente d'attrito* che, troppo spesso, è latitante altrove.

L'equazione risolutiva è:

$$F = P \cdot \frac{\beta \cdot (R \cdot \alpha - r)}{R \cdot (1 + \alpha)} \quad [26a]$$

In cui: F = forza reale necessaria a sollevare il peso «P» - P = peso del grave - R = raggio della ruota dentata su cui agisce la forza «F» (quella di raggio maggiore delle due) - r = raggio della ruota dentata (di raggio minore) -  $\alpha$  = coefficiente d'attrito della carrucola mobile -  $\beta$  = coefficiente d'attrito della carrucola fissa costituita dalle pulegge di raggio «R» ed «r».

Considerando la forza reale «F» verticale (diretta verso il basso), nell'armo «W» si genera un carico pari a:

$$F_W = P \cdot \left( 1 + \frac{\beta \cdot (R \cdot \alpha - r)}{R \cdot (1 + \alpha)} \right) = P + F \quad [26b]$$

Lo spostamento «s» del peso «P», ad ogni giro delle pulegge, è uguale a:

$$s = \frac{2 \cdot \pi \cdot R - 2 \cdot \pi \cdot r}{2} \quad [26c]$$

Il Vantaggio Meccanico teorico «VMT» è uguale a:

$$VMI = \frac{2 \cdot R}{R - r} \quad [26d]$$

**Esempio 1:** nel caso fosse:  $R = 8 \text{ cm}$   $r = 6 \text{ cm}$   
 $\alpha = 1,4$   $\beta = 1,1$   
 $P = 100 \text{ kg}$

Si avrebbe:  $F_t = 12,5 \text{ kg}$  -  $F = 29,8$  -  $F_W = 129,8$  -  $VMT = 8,00$  -  $VMR = 3,36$

**Esempio 2:** nel caso fosse:  $R = 8 \text{ cm}$   $r = 4 \text{ cm}$   
 $\alpha = 1,4$   $\beta = 1,1$   
 $P = 100 \text{ kg}$

Si avrebbe:  $F_t = 25,0 \text{ kg}$  -  $F = 41,3$  -  $F_W = 141,3$  -  $VMT = 4,00$  -  $VMR = 2,42$

**Il Paranco differenziale è tanto più efficiente (tanto maggiore è il suo «VMR») quanto minore è la differenza fra il raggio delle due ruote (nel caso i loro raggi coincidessero si avrebbe «VMR = ∞»; il peso però non si muoverebbe).**

**Lo spostamento «s» è tanto maggiore quanto maggiore è la differenza fra il raggio delle due ruote ed è indipendente dai coefficienti d'attrito delle carrucole.**

**Il carico, che si genera sull'armo «W», è sempre maggiore del peso «P».**

# Il Paranco!

## Presentazione

Ed ecco un sistema «*mostruoso*» che potremmo chiamare semplicemente **Il Paranco!**; oltre vi è soltanto il «*Nirvana*» (in considerazione della sua evidente «*importanza*» è stato ignominiosamente relegato alla fine, anche dopo l'«**Indice analitico**» [fig. 39]).

Non meravigliatevi, pertanto, di non vederne lo schema comparire in questa pagina; ciò che cercate lo troverete, solitario, a pagina 58.

Costituito da ben otto carrucole necessiterebbe, per essere utilizzato in condizioni reali, di sei *autobloccanti* (uno *fisso* « $B_f$ », tre *mobili* « $B_m$ », e due *complementari* « $B_c$ »), di un vasto spazio su cui operare e di una sproporzionata quantità di corda.

In un sistema composto da tutte *carrucole tipo* «T1», si avrebbe  $F = P / 111$  (un solo uomo potrebbe alzare nientemeno che *quattro Rolls Royce* con tutti i passeggeri comodamente seduti ai propri posti . . . *ad avercele le Rolls*).

In un sistema composto esclusivamente da *rinvii su moschettone* «Mo» (compresa quella che è stata definita *carrucola mobile supplementare*) si avrebbe  $F = P / 18$  (Un solo uomo potrebbe alzare ancora ben *due Fiat Punto* (con i soli autisti però).

A cosa serve? a niente! se si pensa che necessiterebbe inoltre di una squadra d'operatori *esperti, affiatati e perfettamente coordinati*, che agissero *freneticamente all'unisono*, per l'intera operazione, come l'equipaggio di **Luna Rossa** durante una *strambata*.

In un sistema teorico, con  $\mu = 1$ , si avrebbe  $F_t = P / 168$  (ogni volta che si recupera un metro di *corda di carico* il peso si alza *meno* di *sei millimetri*); immaginatevi mentre state recuperando un traumatizzato dalla profondità di cento metri.

In verità, il motivo «*serio*» per cui è stato presentato questo Paranco, sarà oggetto di approfondito studio da parte dello *psichiatra* da cui dovrebbe, presto, recarsi l'Autore.

# Considerazioni generali

## La carrucola di rinvio (a valle del paranco)

In molti allestimenti non è possibile posizionare il paranco in modo che la *corda di carico* cada subito verticalmente lungo il pozzo (senza sfregare sulla roccia); in queste circostanze è necessario inserire, sulla *corda di carico* a valle del paranco, una *carrucola di rinvio* «C<sub>r</sub>» che risolva il problema [Sc. 02].

A meno che l'angolo convesso di deviazione «α<sub>r</sub>» sia molto prossimo ad un *angolo piatto* (180°) o parimenti che la forza risultante, agente sulla carrucola, sia trascurabile, possiamo considerare, senza scostarci dal vero più di quanto abbiamo fatto fin d'ora, il *coefficiente d'attrito* «ε<sub>r</sub>», della carrucola «C<sub>r</sub>», invariato rispetto ai valori presenti nella tabella [tab. 01a].

In questo caso la *forza reale* «F<sub>r</sub>» necessaria a controbilanciare il carico «P», tenendo conto degli attriti della *carrucola* «C<sub>r</sub>», diviene:

$$F_r = F \cdot \varepsilon_r \quad [27a]$$

**In cui:** F<sub>r</sub> = forza da applicare, al sistema, in presenza della carrucola di rinvio - F = forza che dovrebbe essere applicata, al sistema, se non si considerasse la *carrucola di rinvio* - ε<sub>r</sub> = *coefficiente d'attrito* della *carrucola di rinvio* «C<sub>r</sub>».

Nell'armo «W», del paranco, si genera pertanto, a causa dell'influenza della *carrucola di rinvio*, un carico pari a:

$$F_{rW} = F_W \cdot \varepsilon_r \quad [27b]$$

**In cui:** F<sub>rW</sub> = forza reale che si genera sull'armo «W» - F<sub>W</sub> = forza reale che si genererebbe, sull'armo «W», se non si considerasse la *carrucola di rinvio* - ε<sub>r</sub> = *coefficiente d'attrito* della *carrucola di rinvio* «C<sub>r</sub>».

Come si può notare, sia la forza «F<sub>r</sub>» sia la forza «F<sub>rW</sub>» vengono ambedue ottenute moltiplicando il *coefficiente d'attrito* della *carrucola di rinvio* per le rispettive forze «F» ed «F<sub>W</sub>» che si otterrebbero in mancanza della «C<sub>r</sub>».

Nell'armo «R» di quest'ultima carrucola, posta a valle del paranco (che deve essere sempre indipendente dal resto del sistema), si genererà una forza pari a:

$$F_{rR} = \sqrt{(P \cdot \sin \alpha_d)^2 + (P \cdot \varepsilon_r + P \cdot \cos \alpha_d)^2} \quad [27c]$$

**In cui:** F<sub>rR</sub> = carico che si genera nell'armo «R» - P = peso sollevato - α<sub>r</sub> = angolo acuto compreso fra le due tratte di corda uscenti dalla «C<sub>r</sub>» - ε<sub>r</sub> = *coefficiente d'attrito* della «C<sub>r</sub>».

Utilizzando tutte carrucole tipo «T1» (μ = 1,1) la *forza reale* «F», necessaria per alzare un peso «P» di cento chilogrammi (100 kg), aumenterebbe dai «F = 37 kg» (del *paranco semplice*) a «F<sub>r</sub> = 41 kg» (del *paranco semplice* più *carrucola di rinvio*) mentre, nella stessa situazione, il «VMR» diminuirebbe da «VMR = 2,7» a «VMR = 2,5».

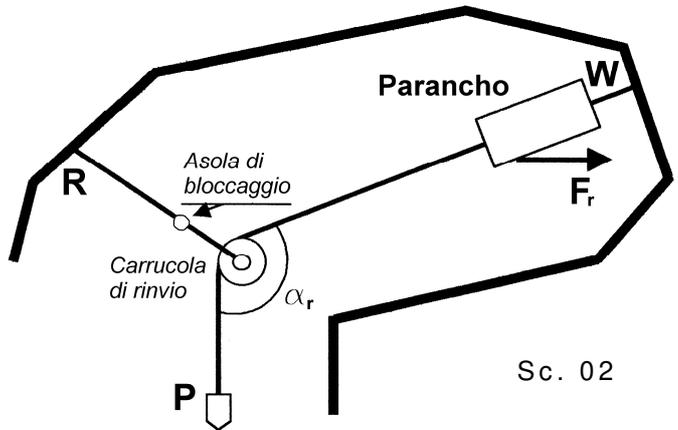
### osservazioni

Anche se, forse, esula del presente argomento, è bene sottolineare che la *carrucola di rinvio* «C<sub>r</sub>» deve essere sempre fissata, all'ancoraggio, tramite uno spezzone di *corda ausiliaria* fermata con un mezzo barcaiolo più *asola di bloccaggio* in modo da rendere il sistema facilmente regolabile in lunghezza.

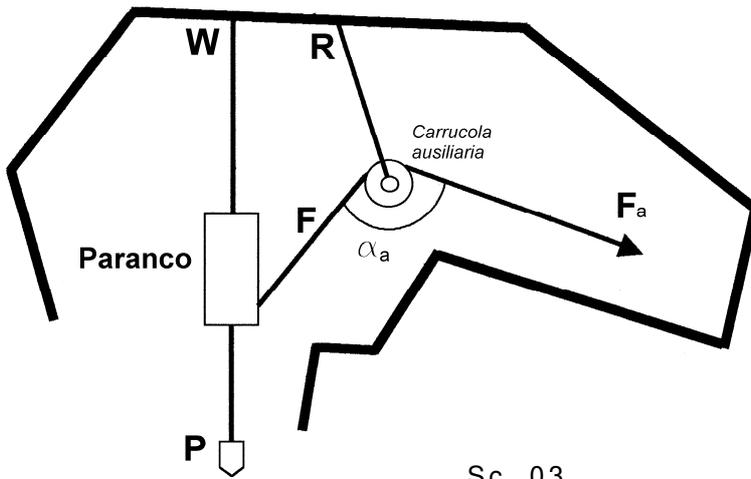
Questo sia per permettere un più accurato posizionamento della «C<sub>r</sub>» sia per facilitare l'uscita del carico il quale, troppo spesso, è un delicato carico umano (talvolta con gravi traumi).

## La carrucola ausiliaria (a monte del paranco)

In molti casi, per motivi di praticità, si affianca, ai paranchi veri e propri, un'ulteriore carrucola fissa, posta a monte del paranco, atta a favorire la manovra variando la direzione della trazione e semplificando le varie operazioni [Sc. 03].



Con questo accorgimento si ha, è vero, una riduzione del *Vantaggio Meccanico Reale* ( $P / F_a$ ) ma si può assumere, per contro, una posizione migliore e più efficace per permettere l'intervento anche di più d'un operatore; la direzione da cui proviene la *corda di traino*, inoltre, rimane sempre costante e questo favorisce lo svolgersi delle operazioni di recupero.



coefficiente d'attrito della carrucola ausiliaria «C<sub>a</sub>».

Nell'armo «W», del paranco, si genera pertanto, a causa dell'influenza della *carrucola ausiliaria*, un carico pari a:

$$F_{aW} = F_W \cdot \varepsilon \quad [27b]$$

**In cui:**  $F_{aW}$  = forza reale che si genera sull'armo «W» -  $F_W$  = forza reale che si genererebbe, sull'armo «W», se non si considerasse la *carrucola di rinvio* -  $\varepsilon_a$  = coefficiente d'attrito della *carrucola di rinvio* «C<sub>a</sub>».

La forza che si genera sull'armo «R», della carrucola ausiliaria (posta a monte del paranco), è fornita dall'equazione:

$$F_{aR} = \sqrt{(F \cdot \sin \alpha_a)^2 + (F_a + F \cdot \cos \alpha_a)^2} \quad [27c]$$

**In cui:**  $F_{aR}$  = carico che si genera sull'armo «R» -  $P$  = peso sollevato -  $F$  = forza che dovrebbe essere applicata, al sistema, se non si considerasse la *carrucola ausiliaria* «C<sub>a</sub>» -  $\alpha_a$  = angolo acuto compreso fra le due tratte di corda uscenti dalla *carrucola ausiliaria* «C<sub>a</sub>».

Utilizzando tutte carrucole tipo «T1» ( $\mu = 1,1$ ) la *forza reale* «F», necessaria a sollevare un carico «P», del peso di cento chilogrammi (100 kg), aumenterebbe da «F = 37 kg» (del *paranco semplice*) a «F<sub>a</sub> = 41 kg» (del *paranco semplice + carrucola ausiliaria*) mentre, il «VMR» diminuirebbe da «VMR = 2,7» a «VMR = 2,2».

Gli effetti prodotti dalla *carrucola ausiliaria* «C<sub>a</sub>» sono equivalenti a quelli prodotti dalla *carrucola di rinvio* «C<sub>r</sub>» (vedi: **La carrucola di rinvio** in [**Considerazioni generali**]) e si sommano a quest'ultimi nel caso siano presenti ambedue le carrucole.

In quest'ultimo caso (presenza sia della *carrucola di rinvio* sia della *carrucola ausiliaria*), la *forza reale* «F» aumenterebbe da «F = 37 kg» (del *paranco semplice*) a «F<sub>ra</sub> = 45 kg» (del *paranco semplice + carrucola di rinvio + carrucola ausiliaria*); nella stessa situazione, il «VMR» diminuirebbe da «VMR = 2,7» (del *paranco semplice*) a «VMR<sub>ra</sub> = 2,2» (del *paranco semplice + carrucola di rinvio + carrucola ausiliaria*).

### Sulla posizione dell'*autobloccante fisso*

Si è discusso parecchio (in passato), e si continua a farlo (attualmente), se sia più opportuno disporre l'*autobloccante fisso* «B<sub>f</sub>», del paranco, in modo che lavori «*in compressione*» (posizionandolo a monte della *carrucola fissa* «C<sub>f</sub>») [fig. 28] o «*in trazione*» (posizionandolo a valle della «C<sub>f</sub>») [fig. 29].

La Petzl ha, da *sempre*, proposto il sistema «*in compressione*» mentre la *Commissione Tecnica del Soccorso Speleologico* propendeva per il sistema «*in trazione*».

Le innumerevoli prove pratiche eseguite dall'Autore hanno contribuito, più di alcune dissquisizioni teoriche, a confermare la sua preferenza per l'allestimento, del paranco, con il «B<sub>f</sub>» posto *in trazione*.

L'uso di questa carrucola si rende sempre praticamente necessario nelle Taglie in cui la *corda di traino* fuoriesce dalla carrucola mobile «C<sub>m</sub>» (quella inferiore).

In questo caso la *forza reale* «F<sub>a</sub>» necessaria a controbilanciare il carico «P», tenendo conto degli attriti della carrucola «C<sub>a</sub>», diviene:

$$F_a = F \cdot \varepsilon_a \quad [27a]$$

**In cui:**  $F_a$  = forza da applicare, al sistema, in presenza della carrucola ausiliaria -  $F$  = forza da applicare, al sistema, se non si considera la *carrucola ausiliaria* «C<sub>r</sub>» -  $\varepsilon_r$  =

### Osservazioni

Gli innumerevoli «*corsi e ricorsi storici*» hanno insegnato, per contro, ad essere molto cauti nel ritenere le nuove tecniche immuni da ripensamenti.

La *Commissione Tecnica del Soccorso Speleologico* propende ora per i Paranchi allestiti con la *carrucola fissa* posta *in compressione*; ora! Ma in un prossimo futuro chissà.

## Autobloccante a monte della carrucola fissa

### vantaggi

Durante l'azione di sollevamento l'*autobloccante*, per il leggero attrito che la corda incontra nello scorrervi dentro, tende spontaneamente a disporsi nella posizione più congeniale, in trazione, col suo moschettone ben disteso (inconvenienti a parte) [fig. 28].

### svantaggi

Escludiamo a priori, *ovviamente*, la possibilità di utilizzare uno solo dei vari *autobloccanti*, eseguiti con l'ausilio di un cordino, per i quali il problema neanche si pone (possono lavorare unicamente a trazione e pertanto devono essere inseriti solo ed esclusivamente a valle della carrucola fissa).

Per gli altri *autobloccanti*, che teoricamente potrebbero essere utilizzati sistemandoli a monte della *corda di carico*, sorgono altri problemi non trascurabili.

Il « $B_f$ » è compresso contro il proprio moschettone con una forza pari al peso sostenuto dal sistema e considerando che si è dovuto allestire un paranco è presumibile che il carico sia piuttosto elevato.

In questa situazione il « $B_f$ » può sia risalire lungo il moschettone generando forze di torsione indesiderate sia forzare il moschettone in una posizione poco confortevole; in entrambi i casi vi è sia una reale situazione di pericolo sia la possibilità che il « $B_f$ » si pianti.

Utilizzando *autobloccanti* tipo «*basic*» (o «*ascension*» o simili) il moschettone che li collega alla « $C_f$ » (od al moschettone della « $C_f$ », a secondo la tipologia usata) deve necessariamente passare attraverso ambedue i fori delle guance, dell'attrezzo, ripiegate ad «*U*».

La corda rimane pertanto *bloccata*, dal moschettone dell'attrezzo, e per liberarla non è sufficiente aprire l'*autobloccante* ma quest'ultimo deve essere anche separato dal proprio moschettone; questa necessità potrebbe creare dei problemi inattesi (anche se sempre superabili con un'appropriata tecnica) nell'eventualità di dover far passare, attraverso il paranco, un nodo di giunzione (vedi oltre: [Passaggio del nodo di giunzione]).

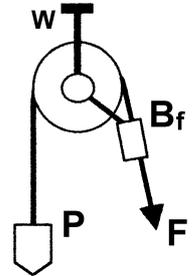


fig. 28

## Autobloccante a valle della carrucola fissa

### vantaggi

Possono essere utilizzati tutti gli *autobloccanti* anche quelli eseguiti con l'ausilio di un cordino (in grotta è comunque difficile essere costretti a ricorrere a *nodi autobloccanti* senza la possibilità di utilizzare *autobloccanti meccanici*).

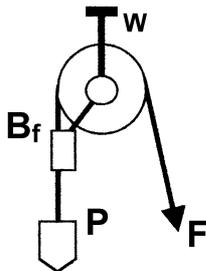


fig. 29

In caso di vera necessità può essere utilizzato anche uno «*shunt*» (il suo impiego necessita di alcuni accorgimenti) o, al limite, un «*tibloc*» (il suo impiego richiede maggiori accorgimenti) i quali non possono essere assolutamente posti a monte della « $C_f$ » [fig. 29].

In caso estremo potrebbe essere inserito persino un «*look*» (ma dovremmo essere veramente alla disperazione).

### svantaggi

Durante l'azione di sollevamento l'*autobloccante*, per il leggero attrito che la corda incontra nello scorrervi dentro, tende a risalire, trascinato dalla corda di carico, ed a scorrere entro in proprio moschettone.

## Considerazioni

L'autore preferisce utilizzare una maniglia (ad esempio o l'**Ascension New**, della **Petzl** o il **Sollevatore**, della **Kong**, o attrezzi equivalenti), al posto o del **Croll**, della **Petzl**, o del **Cam Clean**, della **Kong**, o attrezzi equivalenti; naturalmente, la maniglia, deve essere abbinata ad una carrucola.

In alternativa, alla maniglia con carrucola, si può utilizzare un **Micro Traxion**, della **Petzl**, o attrezzi equivalenti.

Sconsiglia, per contro, l'uso o del **Basic**, della **Petzl**, o del **Modular**, della **Kong**, o attrezzi equivalenti.

# Passaggio del nodo di giunzione

## Premessa

Anche se nelle manovre di soccorso non dovrebbe mai capitare di dover congiungere due corde, per ottenere una *corda di carico* sufficientemente lunga da utilizzare in un paranco, nelle normali esplorazioni, per contro, è facile essere costretti, in una situazione di emergenza non prevista, ad unire due corde con un *nodo di giunzione*.

In questa eventualità sorge il problema, durante il recupero mediante paranco, di far superare, al *nodo di giunzione*, i vari *autobloccanti* e le varie *carrucole*, di cui il paranco è costituito; il problema si pone anche durante semplice *carrucolamento*, utilizzando una sola carrucola, su sistema o *fisso* o *mobile* (vedi oltre: sia **Con carrucola mobile** sia **Con carrucola fissa** in [Con la sola carrucola]).

L'operazione del *superamento del nodo* è sicuramente semplificata dall'uso di carrucole a *flange oscillanti* le quali permettono di rimuovere la corda, dalla propria sede, senza doverle staccare dal moschettone che le collega all'armo.

Si evita inoltre di trattenere, in mano, degli oggetti «sfusi» i quali, sfuggendo, potrebbero andare a colpire il carico; se stiamo sollevando un pesante zaino, perderemo soltanto ciò che è volato di sotto (sarà da buttare), ma se stiamo tirando su un ferito il discorso cambia.

## Primo metodo (con i Paranchi)

È il più conosciuto ed ha il pregio di un'esecuzione semplice e rapida (non sempre si rivela però la scelta migliore).

Quando il *nodo di giunzione* «N<sub>g</sub>», presente nella *corda di carico*, è giunto a qualche centimetro dall'*autobloccante mobile* «B<sub>m</sub>» [fig. 30]:

Si recupera fino a portare il «B<sub>m</sub>» poco sotto il *bloccante fisso* «B<sub>f</sub>» e si allenta la tensione sulla *corda di carico*.

Si apre il «B<sub>m</sub>», e lo si sposta, sistemandolo sotto il «N<sub>g</sub>» ad almeno un metro di distanza da quest'ultimo (l'operazione di apertura del «B<sub>m</sub>» è possibile poiché, in questo momento, il peso «P» grava completamente sul «B<sub>f</sub>» e pertanto il «B<sub>m</sub>» è scarico).

Si allestisce un armo «R», indipendente da quello «W» del paranco, per una *longe di supporto* «L<sub>s</sub>» o eseguita in fettuccia o formata da una catena di moschettoni (la *longe di supporto*, col proprio moschettone, deve arrivare poco sotto il «B<sub>f</sub>» in modo tale da premettere di agganciarvi il «B<sub>m</sub>» senza che quest'ultimo venga ad interferire con l'*autobloccante fisso* «B<sub>f</sub>»).

Si recupera fino a agganciare l'*autobloccante* «B<sub>m</sub>» al moschettone della *longe* «L<sub>s</sub>» così predisposta; nel recupero il nodo di giunzione «N<sub>g</sub>» si blocca contro l'*autobloccante fisso* «B<sub>f</sub>» per cui una volta fissato il «B<sub>m</sub>», alla *longe*, ci si trova con un lasco di corda a monte di quest'ultimo.

Come si può constatare, la lunghezza del lasco di corda, che si viene a creare, dipende dall'escursione che l'*autobloccante mobile* può compiere; maggiore è l'escursione maggiore è la lunghezza di corda che può essere sfruttata.

Questo è un ulteriore motivo per cui si raccomanda di prestare particolare attenzione, nell'allestire un paranco, lasciando sufficiente spazio per l'*autobloccante mobile* «B<sub>m</sub>» il quale durante la manovra deve essere riportato verso il basso (o verso il peso).

### Osservazioni

Durante questa manovra, quando il *nodo di giunzione* «N<sub>g</sub>» urta contro la carrucola fissa «C<sub>α</sub>», il *Vantaggio Meccanico Teorico* (nel *Paranco semplice*) passa da «VMT = 3» a «VMT = 2» (il paranco diventa un sistema a carrucola mobile, la «C<sub>β</sub>»); lo sforzo da compiere è pertanto superiore anche se lo si deve applicare per sollevare il peso soltanto di circa un metro.

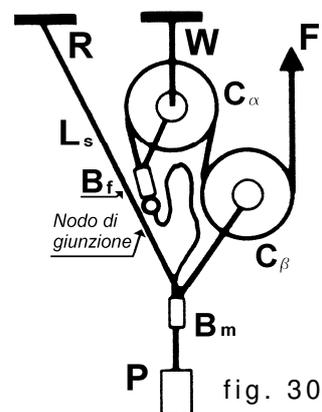
Utilizzando un *Paranco doppio con corda ausiliaria* il «VMT» passa, per contro, da «VMT = 7» a «VMT = 4»; differenza più significativa.

È pertanto necessario valutare, di volta in volta, il metodo migliore da adottare.

Si apre il «B<sub>f</sub>» (ormai scarico) e si fa passare il *nodo di giunzione* sia oltre il «B<sub>f</sub>» sia oltre le due carrucole «C<sub>α</sub>» e «C<sub>β</sub>» posizionandolo a monte di quest'ultima.

Si riposizionano le carrucole richiudendo il «B<sub>m</sub>», sulla *corda di carico*, e si tende quest'ultima in modo da sollevare il «B<sub>m</sub>» quel tanto che basta ad allentare la tensione della *longe di supporto* e poterla sganciare dal «B<sub>m</sub>»; si allenta quindi la tensione, sulla «L<sub>s</sub>», per mandare in carico il «B<sub>f</sub>».

Si abbassa infine l'*autobloccante mobile* «B<sub>m</sub>» e si riprende la sequenza, delle operazioni, continuando il recupero.



## Secondo metodo (con i Paranchi)

È un poco più complesso del precedente e necessita, da parte degli operatori, sia di più attenzione sia di migliore pratica; ha il pregio che il «VMT» non cambia durante tutta l'operazione [fig. 31].

Quando il *nodo di giunzione* «N<sub>g</sub>», presente nella *corda di carico*, è giunto a qualche centimetro dall'*autobloccante mobile* «B<sub>m</sub>»:

Si recupera corda fino a portare il «B<sub>m</sub>» poco sotto il *bloccante fisso* «B<sub>f</sub>» allentando poi la tensione; si apre il «B<sub>m</sub>», lo si sposta, e lo si sistema poco sotto il «N<sub>g</sub>».

Si recupera ancora fino a portare il «N<sub>g</sub>» presso il «B<sub>f</sub>» (si deve lasciare lo spazio sufficiente per scaricare, e poi aprire, il «B<sub>f</sub>»).

Si sistema, sotto il «B<sub>m</sub>», un *bloccante ausiliario* «B<sub>a</sub>» ancorato, tramite una *longe di supporto* «L<sub>s</sub>» o in fettuccia o formata da una catena di moschettoni, su un *armo* «R» indipendente da quello su cui è montato il paranco; il «B<sub>a</sub>» deve essere inserito, sulla corda, il più in basso possibile.

Si recupera il tanto sufficiente a scaricare, e poi ad aprire il «B<sub>f</sub>», e si rilascia lentamente, la *corda di carico*, in modo far entrare in trazione il «B<sub>a</sub>» (ora il peso grava soltanto sul «B<sub>a</sub>» e la corda a monte d'esso è completamente scarica).

Si abbassa il più possibile il «B<sub>m</sub>», portandolo poco sopra il «B<sub>a</sub>» (fra l'*autobloccante* «B<sub>m</sub>» ed il *nodo di giunzione* «N<sub>g</sub>» dovrebbe restare almeno un metro).

Utilizzando parte della corda ora lasca, si recupera a monte, e si annoda la corda, formando una grande gassa, con un *nodo ausiliario* «N<sub>a</sub>» (un *Guide con frizione* o *nodo ad*

*otto*), appena sopra il «B<sub>m</sub>» (il «N<sub>g</sub>» rimarrà all'interno della gassa).

Si recupera nuovamente fino a portare il «N<sub>a</sub>» appena sotto la *carrucola fissa* «C<sub>f</sub>» (durante quest'operazione si deve trattenere il «B<sub>a</sub>» in modo che rimanga in posizione e non sia trascinato verso l'alto dalla corda); si allenta la tensione in modo che il peso gravi nuovamente sul «B<sub>a</sub>» e si scioglie infine il nodo «N<sub>a</sub>» ottenendo così, dalla gassa precedentemente confezionata, un lungo tratto di corda lasca fra il «B<sub>m</sub>» ed il «N<sub>g</sub>».

Si apre il «B<sub>f</sub>», si fa passare il tratto di corda così guadagnato (contenente il «N<sub>g</sub>») prima nel «B<sub>f</sub>» (che si richiude) e poi lo si posiziona a monte sia oltre «C<sub>α</sub>» sia oltre «C<sub>β</sub>».

Si recupera il tanto sufficiente a scaricare e ad aprire il «B<sub>a</sub>» (togliendolo dalla *corda di carico*) e si prosegue il recupero.

## Con le Taglie ed i «tendicorda»

Col metodo presentato o per le «Taglie» o per quei paranchi classificati come «tendicorda» (vedi: **Un utile espediente** in [Le Taglie]), l'operazione diviene molto più semplice [fig. 32].

Quando il *nodo di giunzione* «N<sub>g</sub>», presente nella *corda di carico*, è giunto a qualche centimetro dall'*autobloccante ausiliario* «B<sub>a</sub>», si continua la trazione in modo che il «N<sub>g</sub>» trascini il «B<sub>a</sub>», ormai scarico, verso l'alto.

Si sospende il recupero e si stacca il «B<sub>a</sub>» (è consigliabile, prima di staccare il «B<sub>a</sub>», bloccare la corda di carico su un altro armo – vedi: **Una precauzione** in [I Paranchi]) e lo si reinserisce, a valle del «N<sub>g</sub>», tendendo la *longe* che lo collega all'armo «R».

Si continua il recupero portando l'*autobloccante di supporto* «B<sub>s</sub>» più in alto possibile e poi si rilascia lentamente, nel momento in cui le carrucole «C<sub>m</sub>» e «C<sub>f</sub>» sono quasi a contatto, in modo che il peso «P» gravi completamente sul «B<sub>a</sub>» che, nel frattempo, deve essere mantenuto in posizione corretta, con la sua *longe* completamente distesa; il leggero attrito che la *corda di carico* incontra nell'attraversare l'*autobloccante ausiliario* «B<sub>a</sub>» tende, infatti, a trascinarlo verso.

Si apre il «B<sub>s</sub>», lo si reinserisce a valle del «N<sub>g</sub>», e si prosegue il recupero.

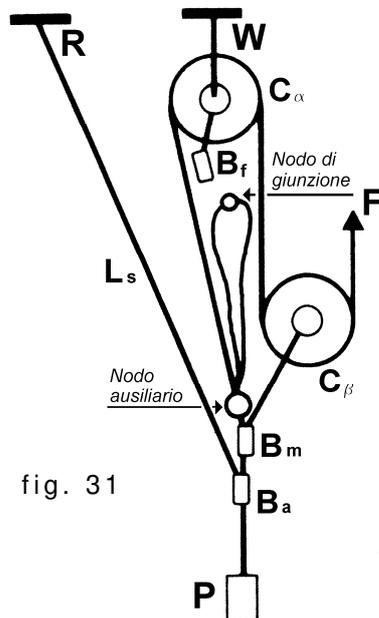


fig. 31

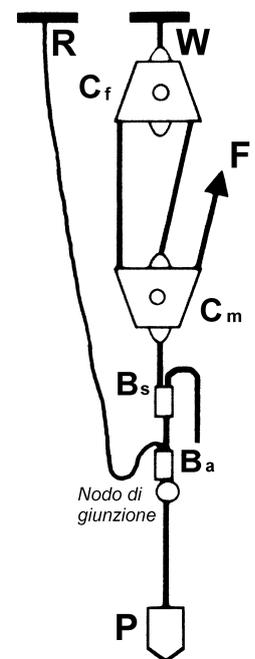


fig. 32

## Con la sola carrucola

### Con carrucola *mobile*

Nel caso si stia sollevando un carico inanimato «P», utilizzando il metodo descritto in precedenza (vedi: **Un miglioramento** in [Altre tipologie per i Paranchi]), il superamento del nodo, da parte della *carrucola mobile supplementare* «C<sub>ms</sub>», risulterebbe in pratica impossibile da eseguirsi (il nodo incontrerebbe la carrucola quando ancora si trova lungo il pozzo perciò, a meno di situazioni uniche, o rarissime, ci si trova impossibilitati ad intervenire con procedure idonee).

Il discorso cambia se si sta sollevando una persona, ovviamente, come già precisato, non traumatizzata, cosciente, ecc. (vedi: **Con un peso umano** in [Altre tipologie per i Paranchi]).

Il «fortunato» (continuiamo a chiamarlo così), quando il nodo arriva presso la maniglia, la stacca, dalla corda, e la reinserisce a monte del nodo richiudendola; durante questa fase invia un preavviso alla squadra che manovra il paranco.

Attende che il nodo giunga presso la carrucola e, segnalato ai compagni di interrompere il recupero, collega il proprio «*croll*», per mezzo di un moschettone (non può, ovviamente, aprire il *maillon* ventrale), alla *maglia rapida* ventrale dell'imbrago; successivamente, agendo sul pedale di staffa, si solleva ed inserisce l'*autobloccante* a monte del nodo, con l'accortezza di lasciare sufficiente spazio fra quest'ultimo ed il nodo.

Si carica sul «*croll*», stacca la carrucola dal ventrale e la rimonta posizionandola a monte del nodo ma a valle del «*croll*» (fra il *croll* ed il *nodo*).

Segnala ai compagni di riprendere il recupero e contemporaneamente, agendo sul pedale, sgancia il «*croll*» e si carica lentamente sulla carrucola che lo sta raggiungendo.

Si libera, infine, dall'ingombro dell'*autobloccante* (dal ventrale dell'imbrago) ed attende paziente di essere trasportato, lentamente, verso l'alto.

#### Osservazioni

Per eseguire queste manovre, la *carrucola mobile supplementare* non deve essere collegata direttamente alla *maglia rapida* ventrale dell'imbrago, come comunemente si predispone, ma tramite un moschettone che permetta di separarla, dal ventrale, e di reinserirla nel medesimo.

Questo implica che la presenza del nodo, e pertanto il suo superamento, sia previsto già dall'inizio; in caso contrario sarà molto difficile continuare a chiamarlo il «fortunato».

### Con carrucola *fissa*

Nel caso si stia sollevando, dall'alto, un carico «P», per mezzo di una semplice carrucola fissa (l'*autobloccante fisso* deve, in ogni caso, sempre essere utilizzato), le operazioni da eseguirsi sono quelle descritte per i paranchi (vedi: **Secondo metodo** «con i *paranchi*» in questo paragrafo).

Se le operazioni sono eseguite dal basso con un operatore presso la carrucola, la procedura non cambia; sarà solo più problematico, per le due squadre, comprendersi.

Nell'eventualità, per contro, che il sollevamento sia eseguito dal basso, e non vi sia possibilità, per un operatore, di sistemarsi presso la carrucola per eseguire le procedure idonee, il passaggio del nodo, attraverso la carrucola, risulterebbe praticamente impossibile (ma allora, si chiederà qualche scettico, chi ha potuto allestire l'armo? . . . ma!).



## 44

Si apre il «B<sub>s</sub>» (togliendolo quindi dalla corda), si scioglie la chiave di bloccaggio del discensore e s'inizia a far discendere il peso con la *corda di carico* che adesso diviene la *corda di calata*.

# Conclusioni

## Nel caso di una sollecitazione dinamica

Un qualsiasi paranco non dovrebbe mai essere allestito in modo tale da rischiare di subire una *sollecitazione dinamica*, ma l'inventiva umana, ormai si sa, non ha limiti!

Nel sistema utilizzato sia per i paranchi definiti come «*tendicorda*» sia per le «*taglie*», un'eventuale sollecitazione dinamica si ripercuoterebbe interamente sul bloccante ausiliario «*B<sub>a</sub>*» (utilizzato per trattenere il peso).

Nel caso l'*autobloccante* «*B<sub>a</sub>*» dovesse tranciare la *corda di carico*, il *peso* «*P*» fischierebbe, verso il basso, senza lasciare agli operatori alcuna possibilità d'intervento (se la corda fosse tranciata dal «*B<sub>m</sub>*», entrerebbe subito in azione il «*B<sub>a</sub>*»).

### Una chance che . . . potrebbe essere sfruttata

Durante il recupero, la longe su cui è montato l'*autobloccante ausiliario* «*B<sub>a</sub>*» dovrebbe non essere mantenuta tesa il modo che, un eventuale strappo, si scarichi sull'*autobloccante mobile* «*B<sub>m</sub>*» (situato a monte del precedente); nel caso il «*B<sub>f</sub>*» tranciasse la corda di carico vi sarebbe una concreta possibilità che quest'ultima sia trattenuta dal «*B<sub>a</sub>*» che interverrebbe subito dopo.

Nel sistema utilizzato nei paranchi (presentati come «*più propriamente detti*») possiamo considerare la resistenza opposta dall'operatore, o dagli operatori, che sono preposti al recupero effettivo (colui, o coloro, che tirano la corda di carico) praticamente trascurabile; tutta (o quasi) l'energia si scaricherebbe pertanto sul bloccante fisso «*B<sub>f</sub>*».

Nel caso l'*autobloccante* «*B<sub>f</sub>*» dovesse tranciare la *corda di carico*, il *peso* «*P*» fischierebbe, verso il basso, lasciando nelle mani dell'operatore uno spezzone di corda inservibile.

Se le guance dell'*autobloccante* dovessero *semplicemente* divaricarsi (permettendo la fuoriuscita, della corda, dall'attrezzo), la situazione sarebbe certamente più favorevole, ma qui gli innumerevoli scenari che si prospetterebbero, esaminando il fenomeno alla luce della «*teoria del caos*», sconsigliano di spingerci oltre, verso una più approfondita analisi.

## Miscellanea

Parliamo, per completezza, d'alcuni attrezzi che potrebbero essere utilizzati, in maniera proficua, in diversi allestimenti.

Al posto della *carrucola* «*C<sub>α</sub>*» e dell'*autobloccante fisso* «*B<sub>f</sub>*», per quanto riguarda i paranchi presentati dalla «*figura 02*» alla «*figura 11*» (al posto della «*C<sub>β</sub>*» e del «*B<sub>f</sub>*» per quello di «*figura 12*») si possono utilizzare dei sistemi, che potremmo definire «*integrati*», i quali comprendono, in un solo attrezzo, sia una carrucola, ad una puleggia, sia un *autobloccante* (sono sicuramente più leggeri, più compatti e più pratici della *carrucola* singola e dell'*autobloccante* singolo usati in coppia).

Solo ed esclusivamente per il sollevamento di pesi (escludendo *tassativamente* il loro uso per il recupero di persone) sono stati ideati sia il **Wallhauler** (della Petzl) sia il **Block Roll** (della Kong).

Per il recupero o di carichi o di persone è stata presentata, nell'ambito degli *integrati*, la **Mini traxion** (della Petzl) che, come afferma la casa produttrice «. . . *si utilizza come recupero sacchi, ma è concepita anche per il sollevamento di persone*» ed ancora «. . . *tuttavia, non possono sostituire completamente un bloccante o una carrucola per utilizzi molto specifici come certi recuperi.*».

La cautela con cui è proposta (che sconfinava con la *titubanza*) impone, per contro, accortezza ed avvedutezza nel suo impiego in situazioni critiche (in cui si possono generare delle sollecitazioni notevoli) come quelle che si riscontrano in manovre in cui è necessario servirsi di un paranco, specie se utilizzato per il recupero di un ferito.

La carrucola **Kootenay** (della Petzl) è, a parere dell'Autore, improponibile per l'uso speleologico; vero è che permette il *passaggio del nodo* senza doverla aprire, ma vero è anche che questa prerogativa è ottenuta a spese d'altre essenziali caratteristiche quali il peso e l'ingombro, ambedue sproporzionatamente elevati.

## Considerazioni finali

La sola conoscenza teorica sia delle caratteristiche peculiari dei paranchi sia del loro modo d'impiego è condizione necessaria ma non sufficiente per poterli utilizzare, in situazioni d'emergenza, con la dovuta sicurezza.

L'esperienza, maturata attraverso molte prove (eseguite nelle più svariate condizioni d'impiego), è requisito indispensabile per acquisire quella pratica, e quell'insieme di nozioni, le quali ci permetteranno di evitare errori che potrebbero rivelarsi fatali.

## Esempi

### Carrucole a puleggia singola

Coefficiente d'attrito $\Rightarrow$	$\mu = 1$	$\mu = 1,1$	$\mu = 1,4$	$\mu = 1,7$	$\mu = 2$
Tipi di carrucole	Carrucola teorica priva di attriti	 Rescue Petzl  Turbo Kong  Fixe Petzl  Ultra leggera Petzl  Heavy dirty Kong  Mini Petzl  Extra Roll Kong  Moschettone Petzl			

$\mu$  = Attrito che la puleggia incontra nel suo movimento rotatorio.

### Carrucole a due pulegge

Coefficiente d'attrito $\Rightarrow$	$\mu = 1$	$\mu = 1,1$	$\mu = 1,4$
Tipi di carrucole	Carrucola teorica priva di attriti	 Canyon Petzl  Tandem Petzl  Twin Petzl  Orbiter H CT  Gemini Petzl	

## *Alcuni parametri caratteristici dei diversi Paranchi*

Nelle: [tab. 03], [tab. 04], [tab. 05], [tab. 06], [tab. 07], [tab. 08], [tab. 09], [tab. 10], [tab. 11], è stato riportato uno schema riassuntivo riguardante le caratteristiche più importanti di alcuni dei paranchi esaminati.

I valori della *forza di trazione* «F», che compaiono nelle seguenti tabelle (come parimenti le forze applicate ad ogni singolo ramo dei vari paranchi), sono arrotondati al chilogrammo (qualche etto non ha mai provocato ernie ad alcuno) per cui si potrebbero riscontrare leggere discordanze sia con altri calcoli volutamente più precisi sia con risultati ottenuti per mezzo di differenti procedimenti.

### Paranco semplice

Posizione		F <sub>a</sub>	F <sub>b</sub>	F <sub>c</sub>	F	VMR	η %	F <sub>w</sub>
C <sub>α</sub>	C <sub>β</sub>	kg	kg	kg	kg	<sup>P</sup> / <sub>F</sub>	<sup>VMR</sup> / <sub>VMT</sub>	kg
Te	Te	33,33	66,67	33,33	33,33	3,0	100	66,7
T0	T0	32	68	33	35	2,86	95	65
T0	T1	31	69	33	36	2,77	93	64
T0	T2	28	72	30	42	2,39	80	58
T0	Pa	26	74	27	47	2,15	72	53
T0	Mo	24	76	25	51	1,98	66	49
T1	T0	31	69	34	35	2,82	94	65
T1	T1	30	70	33	37	2,74	91	63
⇒ T1	T2	27	73	30	42	2,36	79	58
T1	Pa	25	75	28	47	2,12	71	53
T1	Mo	23	77	26	51	1,95	65	49
⇒ T2	T0	26	74	36	38	2,63	88	62
T2	T1	25	75	36	39	2,56	85	61
T2	T2	23	77	32	45	2,22	74	55
T2	Pa	21	79	30	50	2,01	67	50
T2	Mo	19	81	27	54	1,86	62	46
Pa	T0	22	78	38	40	2,51	84	60
Pa	T1	22	78	37	41	2,44	82	59
Pa	T2	20	80	33	47	2,13	71	53
Pa	Pa	18	82	30	52	1,93	65	48
Pa	Mo	16	84	28	56	1,79	60	44
Mo	T0	20	80	39	41	2,43	81	59
Mo	T1	19	81	38	42	2,36	79	58
Mo	T2	17	83	34	48	2,07	69	52
Mo	Pa	16	84	31	53	1,88	63	47
Mo	Mo	14	86	29	57	1,75	58	43

[Tab. 03]

Le colonne: **C<sub>α</sub>**, **C<sub>β</sub>** – indicano la carrucola situata in quella posizione (i pedici «α» e «β» indicano i coefficienti d'attrito a loro associati).

Le colonne: **F<sub>a</sub>**, **F<sub>b</sub>**, **F<sub>c</sub>** – indicano la tensione a cui è sottoposto ogni singolo ramo, di corda, quando si applica la forza necessaria ad equilibrare il peso «P» assunto sempre uguale a 100 kg.

La colonna **F** – indica la forza necessaria «F» ad equilibrare il peso «P» (in corrispondenza della prima riga è sempre indicata la forza teorica necessaria «F<sub>0</sub>» immaginando le carrucole, tutte ideali, con  $\mu = 1$ ).

La colonna **VMR** – indica il valore del *Vantaggio Meccanico Reale* il quale specifica di quante volte, la «F», è inferiore a «P» o, in formula:  $F = P / \text{VMR}$  (in corrispondenza della prima riga è sempre indicato il VMT).

La colonna **η%** – indica il rendimento percentuale relativo alla situazione teorica « $\mu = 1$ » (la situazione teorica equivale pertanto ad « $\eta = 100\%$ »)

La colonna: **F<sub>w</sub>** – indica la forza che si genera nell'armo

### Paranco semplice con corda ausiliaria

Posizione			Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	F	VMR	$\eta$ %
C $\alpha$	C $\beta$	C $\gamma$	kg	kg	kg	kg	kg	kg	$\frac{P}{F}$	$\frac{VMR}{VMT}$
Te	Te	Te	33,33	66,66	33,33	33,33	16,67	16,67	6,0	100
T0	T0	T0	32	68	33	35	17	18	5,58	93
T1	T1	T1	30	70	33	37	17	19	5,22	87
T1	T1	T2	30	70	33	37	15	21	4,69	78
T1	T2	T1	27	73	30	42	20	22	4,51	75
T2	T1	T1	25	75	36	39	19	20	4,88	81
T2	T2	T2	23	77	32	45	19	26	3,81	64
Pa	Pa	Pa	18	82	30	52	19	33	3,07	51
Mo	Mo	Mo	14	86	29	57	19	38	2,63	44

[tab. 04]

Le colonne: **C $\alpha$** , **C $\beta$** , **C $\gamma$**  – indicano la carrucola situata in quella posizione (i pedici « $\alpha$ », « $\beta$ » e « $\gamma$ » indicano i coefficienti d'attrito a loro associati).

Le colonne: **Fa**, **Fb**, **Fc**, **Fd**, **Fe** – indicano la tensione a cui è sottoposto ogni singolo ramo, di corda, quando si applica la forza necessaria ad equilibrare il peso «P» assunto sempre uguale a 100 kg.

La colonna **F** – indica la forza necessaria «F» ad equilibrare il peso «P» (in corrispondenza della prima riga è sempre indicata la forza teorica necessaria «F<sub>0</sub>» immaginando le carrucole, tutte ideali, con  $\mu = 1$ ).

La colonna **VMR** – indica il valore del *Vantaggio Meccanico Reale* il quale specifica di quante volte, la «F», è inferiore a «P» o, in formula:  $F = P / VMR$  (in corrispondenza della prima riga è sempre indicato il VMT).

La colonna  **$\eta$  %** – indica il rendimento percentuale relativo alla situazione teorica « $\mu = 1$ » (la situazione teorica equivale pertanto ad « $\eta = 100\%$ »)

### Paranco doppio

Posizione			Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	Ff	F	VMR	$\eta$ %
C $\alpha$	C $\beta$	C $\gamma$	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	$\frac{P}{F}$	$\frac{VMR}{VMT}$
Te	Te	Te	60	40	60	20	20	40	20	5	100
T0	T0	T0	59	41	62	20	21	43	22	4,58	92
T1	T1	T1	59	41	65	20	22	45	24	4,22	84
T2	T2	T2	56	44	79	18	25	61	36	2,81	56
Pa	Pa	Pa	55	45	93	17	28	77	48	2,07	41
Mo	Mo	Mo	54	46	108	15	31	92	62	1,63	33

[tab. 05]

Le colonne: **C $\alpha$** , **C $\beta$** , **C $\gamma$**  – indicano la carrucola situata in quella posizione (i pedici « $\alpha$ », « $\beta$ » e « $\gamma$ » indicano i coefficienti d'attrito a loro associati).

Le colonne: **Fa**, **Fb**, **Fc**, **Fd**, **Fe**, **Ff** – indicano la tensione a cui è sottoposto ogni singolo ramo, di corda, quando si applica la forza necessaria ad equilibrare il peso «P» assunto sempre uguale a 100 kg.

Nota il significato degli altri simboli.

### Paranco doppio con carrucola aggiunta

Posizione			Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	F	VMR	$\eta$ %
C $\alpha$	C $\beta$	C $\gamma$	kg	kg	kg	kg	kg	kg	$\frac{P}{F}$	$\frac{VMR}{VMT}$
Te	Te	Te	20,00	80,00	40,00	40,00	20,00	20,00	5,00	100
T0	T0	T0	19	81	39	41	20	21	4,72	94
T1	T1	T1	18	82	39	43	20	22	4,47	89
T2	T2	T2	15	85	36	50	21	29	3,45	69
Pa	Pa	Pa	12	88	33	55	21	35	2,87	57
Mo	Mo	Mo	10	90	30	60	20	40	2,5	50

[Tab. 06]

Nota il significato di tutti i simboli.

### Paranco doppio con corda ausiliaria

Posizione			Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	Ff	F	VMR	$\eta$ %
C $\alpha$	C $\beta$	C $\gamma$	kg	$\frac{P}{F}$	$\frac{VMR}{VMT}$						
Te	Te	Te	42,86	57,14	42,86	28,57	28,57	14,29	14,29	7,0	100
T0	T0	T0	41	59	43	29	30	15	15	6,49	93
T1	T1	T1	40	60	44	29	32	15	17	6,05	86
T2	T2	T2	32	68	45	28	40	17	23	4,32	62
Pa	Pa	Pa	26	74	45	27	46	17	29	3,42	49
Mo	Mo	Mo	22	78	43	26	52	17	35	2,88	41

[tab. 07]

Le colonne: **C $\alpha$** , **C $\beta$** , **C $\gamma$**  – indicano la carrucola situata in quella posizione (i pedici « $\alpha$ », « $\beta$ » e « $\beta$ » indicano i coefficienti d'attrito a loro associati).

Le colonne: **Fa**, **Fb**, **Fc**, **Fd**, **Fe**, **Ff** – indicano la tensione a cui è sottoposto ogni singolo ramo, di corda, quando si applica la forza necessaria ad equilibrare il peso «P» assunto sempre uguale a 100 kg.

La colonna **F** – indica la forza necessaria «F» ad equilibrare il peso «P» (in corrispondenza della prima riga è sempre indicata la forza teorica necessaria «F<sub>0</sub>» immaginando le carrucole, tutte ideali, con  $\mu = 1$ ).

La colonna **VMR** – indica il valore del *Vantaggio Meccanico Reale* il quale specifica di quante volte, la «F», è inferiore a «P» o, in formula:  $F = P / VMR$  (in corrispondenza della prima riga è sempre indicato il VMT).

La colonna  **$\eta$  %** – indica il rendimento percentuale relativo alla situazione teorica « $\mu = 1$ » (la situazione teorica equivale pertanto ad « $\eta = 100\%$ »)

### Paranco doppio con doppia corda ausiliaria

Posizione				Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	Ff	Fg	F	VMR	$\eta$ %
C $\alpha$	C $\beta$	C $\gamma$	C $\delta$	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	$\frac{P}{F}$	$\frac{VMR}{VMT}$
Te	Te	Te	Te	33,33	66,67	33,33	33,33	16,67	16,67	8,33	8,33	12,0	100
T0	T0	T0	T0	32	68	33	35	17	18	9	9	10,90	91
T1	T1	T1	T1	30	70	33	37	17	19	9	10	9,97	83
T2	T2	T2	T2	23	77	32	45	19	26	11	15	6,54	55
Pa	Pa	Pa	Pa	18	82	30	52	19	33	12	21	4,88	41
Mo	Mo	Mo	Mo	14	86	29	57	19	38	13	25	3,94	33

[tab. 08]

Le colonne: **C $\alpha$** , **C $\beta$** , **C $\gamma$** , **C $\delta$**  – indicano la carrucola situata in quella posizione (i pedici « $\alpha$ », « $\beta$ », « $\beta$ » e « $\delta$ » indicano i coefficienti d'attrito a loro associati).

Le colonne: **Fa**, **Fb**, **Fc**, **Fd**, **Fe**, **Ff**, **fg** – indicano la tensione a cui è sottoposto ogni singolo ramo, di corda, quando si applica la forza necessaria ad equilibrare il peso «P» assunto sempre uguale a 100 kg.

Noto il significato di tutti gli altri simboli.

### Forze che si generano nell'armo «Fw» (considerando «wx» e «wy» coincidenti in «w»)

Tipo di paranco	Fw					
	Te	T0	T1	T2	Pa	Mo
Paranco semplice	67	65	63	55	48	43
Paranco semplice con corda ausiliaria	83	82	81	74	67	62
Paranco doppio	120	121	124	136	148	162
Paranco doppio con carrucola aggiunta	80	79	78	71	65	60
Paranco doppio con corda ausiliaria	86	85	83	77	71	65
Paranco doppio con doppia corda ausiliaria	92	91	90	85	80	75
Paranco capovolto con carrucola doppia	133	137	140	163	188	214
Paranco capovolto con corda ausiliaria	133	136	138	152	166	180

[tab. 09]

Le colonne: **Te**, **T0**, **T1**, **T2**, **Pa**, **Mo**, indicano di quale tipo sono tutte le carrucole (nella fattispecie le pulegge) di cui è costituito il paranco

## Le Taglie

Il *primo nome* è quello riportato da **Ashley** [R. 02]; il *secondo nome* (in corsivo) è quello utilizzato dall'Autore

I risultati sono stati ottenuti considerando le taglie allestite con carrucole, tipo *Gemini*, costituite da pulegge aventi un coefficiente d'attrito « $\mu = 1,4$ ».

I valori di: **Ft**, **F**, **Fw** sono stati calcolati considerando **P** = 100 kg.

Tipologia	Cf	Cm	A	Ft	VMT	F	VMR	$\eta$ %	Fw
	n° P.	n° P.	s - i	kg	P / Ft	kg	P/F	VMR/VMT	kg
Ghia doppia <i>Taglia semplice</i>	1	1	s	50,0	2	82	1,22	61	182
Amante doppio <i>Taglia semplice invertita</i>	1	1	i	33,3	3	45	2,22	74	55
Paranco semplice <i>Taglia doppia</i>	2	1	i	33,3	3	63	1,59	53	163
Paranco semplice invertito <i>Taglia doppia invertita</i>	1	2	s	25,0	4	38	2,59	65	61
Paranco doppio <i>Taglia tripla</i>	2	2	s	25,0	4	54	1,85	46	154
Paranco doppio invertito <i>Taglia tripla invertita</i>	2	2	i	20,0	5	35	2,9	57	65
<b>Calorna invertita</b>	2	3	s	16,7	6	33	3	51	67

[tab. 10]

La colonna: **Cf** – indica il numero di pulegge della carrucola fissa (superiore).

La colonna: **Cm** – indica il numero di pulegge della carrucola mobile (inferiore).

La colonna: **A** – indica se la corda è fissata alla carrucola fissa «s» (carrucola superiore) o a quella mobile «i» (carrucola inferiore).

La colonna: **Ft** – indica la forza teorica necessaria a sollevare (equilibrare) il peso «P» (non considerando gli attriti).

La colonna: **VMT** – indica il Vantaggio Meccanico teorico (riferito alla forza teorica).

La colonna: **F** – indica la forza reale necessaria a sollevare (equilibrare) il peso «P» (tenendo conto degli attriti).

La colonna: **VMR** – indica il Vantaggio Meccanico Reale (riferito alla forza reale).

La colonna  $\eta$  % – indica il rendimento percentuale relativo alla situazione teorica « $\mu = 1$ » (la situazione teorica equivale pertanto ad « $\eta = 100\%$ »).

La colonna: **Fw** – indica la forza che si genera nell'armo.

## Il Paranco di *Poldo*

tipo di carrucola	F kg	VMR P/F	$\eta$ % VMR/VMT
Te	25	4	100
T0	29	3,45	88
T1	32	3,12	78
T2	48	2,08	52
Pa	58	1,72	43
Mo	65	1,54	38
Gassa eseguita con la stessa corda	≈ 90	≈ 1,1	≈ 28

[tab. 11]

La colonna **F** – indica la forza necessaria «F» ad equilibrare il peso «P» (in corrispondenza della prima riga è sempre indicata la forza teorica necessaria «F<sub>0</sub>» immaginando le carrucole, tutte ideali, con  $\mu = 1$ ).

La colonna **VMR** – indica il valore del *Vantaggio Meccanico Reale* il quale specifica di quante volte, la «F», è inferiore a «P» o, in formula:  $F = P / \text{VMR}$  (in corrispondenza della prima riga è sempre indicato il VMT).

La colonna **R** – indica il rendimento percentuale « $\eta$  %» relativo alla situazione teorica « $\mu = 1$ » (la situazione teorica equivale pertanto ad « $\eta = 100\%$ »).

Oltre *al rinvio su moschettone* «Mo» si è considerato il caso in cui il Paranco sia allestito usando la sola corda; l'attrito corda su corda è molto variabile e dipende da svariati parametri quali il tipo di corda (la sua rigidità, l'orditura della calza, la sua elasticità) e l'intensità del carico.

# Caduta su rinvio di sicura

## Premessa

Spesso, anche nella progressione in grotta (come parimenti nella pratica alpinistica), si usano, specie nelle risalite, i rinvii sui quali, anche se non di frequente, qualche volta purtroppo si «vola».

## Teoria

In questa *sfortunata* situazione la caduta del grave «P» genera, sulla *corda di sicura*, una **forza di shock** che dipende: dal *peso* «P», dal *coefficiente d'elasticità* della corda «X», dall'*altezza di caduta* «H», dalla *lunghezza* della corda «L<sub>L</sub>» (fra il rinvio «D» ed il peso «P»), dalla *lunghezza* della corda «L<sub>R</sub>» (fra l'armo «W» ed il rinvio «D»), dal *coefficiente d'attrito* «μ» del rinvio «D» [fig. 35a], [fig. 35b].

Con buona approssimazione possiamo immaginare, semplificando non poco il complesso fenomeno in esame, che il tratto di corda «L<sub>R</sub>» collabori, col tratto «L<sub>L</sub>», come se la sua lunghezza fosse equivalente a:  $L_E = L_R / \mu$ .

Con un rinvio teorico «μ = 1» il *fattore di caduta* «Fc» sarebbe uguale a:

$$F_c = \frac{H}{L_L + L_R} = \frac{H}{L_T} \quad [35a]$$

**In cui:** F<sub>c</sub> = fattore di caduta - L<sub>L</sub> = lunghezza del tratto di corda compreso fra il carico «P» ed il rinvio «D» - L<sub>R</sub> = lunghezza del ramo compreso fra l'armo «W» ed il rinvio «D» - L<sub>T</sub> = lunghezza totale della corda (somma delle lunghezze dei due rami).

Nella stessa situazione la forza «F<sub>L</sub>» che si genererebbe sulla corda (e pertanto anche nell'armo «W»), a causa di una sollecitazione dinamica, sarebbe data dalla nota equazione:

$$F_L = P + \sqrt{P^2 + \frac{2 \cdot P}{X_d} \cdot F_c} \quad [35b]$$

**In cui:** F<sub>L</sub> = forza di shock che si genera sul tratto «L<sub>L</sub>» - P = peso del grave - X<sub>d</sub> = coefficiente d'elasticità dinamico - F<sub>c</sub> = fattore di caduta.

In una situazione reale, per contro, l'influenza del tratto di corda «L<sub>R</sub>» è diminuita, rispetto a quella posseduta nella situazione teorico, dalle forze d'attrito inevitabilmente presenti nel rinvio «D».

Possiamo pertanto definire un *fattore di caduta equivalente* «Fc<sub>E</sub>» fornito dalla:

$$F_{cE} = \frac{H}{L_L + \frac{L_R}{\mu}} = \frac{H}{L_L + L_E} \quad [35c]$$

Parimenti, sempre a causa degli attriti, saranno diverse le *forze di shock* che si genereranno nei due tratti di corda: «L<sub>L</sub>», «L<sub>R</sub>».

Consideriamo il *coefficiente d'elasticità dinamico* «X<sub>d</sub>» indipendente dall'intensità della sollecitazione e di valore uguale a:

$$X_d = \frac{2 \cdot P}{F_m \cdot (F_m - 2 \cdot P)} \cdot F_c \quad [35d]$$

**In cui:** X<sub>d</sub> = Coefficiente d'elasticità dinamico - P = peso del grave - F<sub>m</sub> = forza massima di shock - F<sub>c</sub> = fattore di caduta.

Utilizzare per il coefficiente d'elasticità il valore di «X<sub>d</sub>» è però una semplice approssimazione ed, a rigore, non è certo esatto.

La curva che descrive l'andamento del *coefficiente d'elasticità*, di una corda reale, non è una funzione lineare e pertanto il *coefficiente d'elasticità* del tratto «L<sub>R</sub>» è differente da quello del tratto «L<sub>L</sub>» poiché sono differenti anche le forze che rispettivamente agiscono sui due rami della corda: «L<sub>L</sub>» e «L<sub>R</sub>»; di ciò non se n'è tenuto conto.

Si è in oltre trascurato il ritardo (lo *sfasamento temporale*) con cui la sollecitazione (l'*onda di tensione*) si trasferisce dal tratto «L<sub>L</sub>» al tratto «L<sub>R</sub>» attraverso il rinvio; la velocità con cui la sollecitazione si trasmette, lungo la corda, è finita.

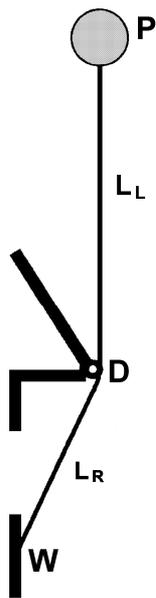


fig. 35a

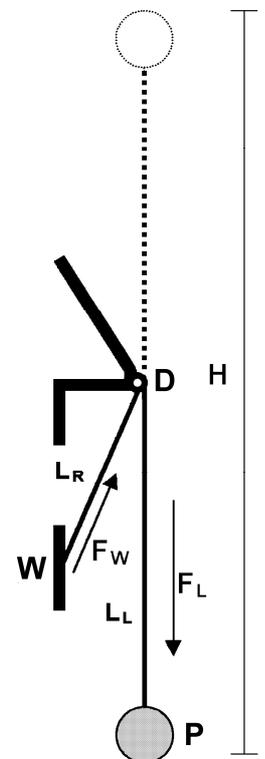


fig. 35b

Con queste premesse, la *forza di shock* « $F_L$ » che si genera, sul tratto di corda « $L_L$ », a causa della caduta del grave « $P$ » (tenendo conto anche dell'influenza del tratto « $L_R$ ») può essere espressa dall'equazione:

$$F_L = P + \sqrt{P^2 + \frac{2 \cdot P \cdot H}{X_d \cdot \left(L_L + \frac{L_R}{\mu}\right)}} \quad [35e]$$

La *forza di shock* « $F_W$ » che si registra nel tratto di corda « $L_R$ », e pertanto anche nell'armo « $W$ », sarà, a causa degli attriti inevitabilmente presenti sul rinvio « $D$ », inferiore alla « $F_L$ » ed uguale a:

$$F_W = \frac{F_L}{\mu} \quad [35f]$$

Nel punto d'armo « $D$ », del rinvio, si genererà pertanto una forza « $F_D$ », risultante dalla somma di « $F_L$ » e di « $F_W$ », pari a:

$$F_D = F_L + F_W = F_L + \frac{F_L}{\mu} = \frac{\mu \cdot F_L + F_L}{\mu}$$

da cui, infine, si ottiene:

$$F_D = F_L \cdot \frac{\mu + 1}{\mu} \quad [35g]$$

### Esempio:

Consideriamo i seguenti valori:	$P$	=	784	N	(80 kg)
	$H$	=	16	m	
	$X_d$	=	$7,4 \cdot 10^{-5}$	$K^{-1}$	$(s^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1})$
	$\mu$	=	2		
	$L_L$	=	8	m	
	$L_R$	=	5	m	

**In cui:**  $P$  = peso del grave –  $H$  = altezza di caduta –  $X_d$  = coefficiente d'elasticità dinamico –  $\mu$  = coefficiente d'attrito del rinvio « $D$ » –  $L_L$  lunghezza del tratto libero –  $L_R$  = lunghezze del tratto compreso fra « $W$ » e « $D$ ».

Per « $\mu = \infty$ » (attrito infinito coincidente con corda direttamente ancorata al rinvio « $D$ ») si avrebbe « $(L_R / \mu) = 0$ », e la [27e] diverrebbe:

$$F_{L(\infty)} = 784 + \sqrt{784^2 + \frac{2 \cdot 784 \cdot 16}{1,1 \cdot 10^{-5} \cdot (8 + 0)}} = 17\,687 \text{ N (1\,805 kg)}$$

$$\text{da cui: } F_W = \frac{17\,687}{\infty} = 0 \text{ N}$$

$$\text{ed infine: } F_D = 17\,687 + 0 = 17\,687 \text{ N (1\,806)}$$

$$\text{il fattore di caduta equivalente sarà: } F_{CE} = \frac{16}{8} = 2$$

Per « $\mu = 1$ » (attrito nullo coincidente con la situazione *teorica*) si avrebbe « $(L_R / \mu) = 5$ », e la [27e] diverrebbe:

$$F_{L(1)} = 784 + \sqrt{784^2 + \frac{2 \cdot 784 \cdot 16}{1,1 \cdot 10^{-5} \cdot (8 + 5)}} = 14\,053 \text{ N (1\,434 kg)}$$

$$\text{da cui: } F_W = \frac{14\,053}{1} = 14\,053 \text{ N (1\,434 kg)}$$

$$\text{ed infine: } F_D = 14\,053 + 14\,053 = 28\,106 \text{ N (2\,868 kg)}$$

$$\text{il fattore di caduta equivalente sarà: } F_{CE} = \frac{16}{8 + 5} = \frac{16}{13} = 1,23$$

La situazione più realistica la si ha considerando il *rinvio su moschettone*; per « $\mu = 2$ » (valore ricavato dalla tabella [tab. 01a]) si avrebbe « $(L_R / \mu) = 2,5$ », e la [27e] diverrebbe:

$$F_{L(2)} = 784 + \sqrt{784^2 + \frac{2 \cdot 784 \cdot 16}{1,1 \cdot 10^{-5} \cdot (8 + 2,5)}} = 15\,543 \text{ N (1\,586 kg)}$$

$$\text{da cui: } F_W = \frac{15\,543}{2} = 7\,771 \text{ N (793 kg)}$$

$$\text{ed infine: } F_D = 15\,543 + 7\,771 = 23\,314 \text{ N (2\,379 kg)}$$

$$\text{il fattore di caduta equivalente sar\`a: } F_{CE} = 16 / (8 + 2,5) = 1,52$$

**Dall'esempio precedente si evince chiaramente che maggiore \`e il coefficiente d'attrito « $\mu$ », sul rinvio, maggiore \`e il fattore di caduta equivalente « $F_{CE}$ » e, di conseguenza, maggiore \`e la forza di shock « $F_L$ » sul ramo libero della corda « $L_L$ ».**

**Nello stesso tempo diminuisce la forza di shock « $F_W$ » del ramo « $L_R$ » e pertanto minore \`e la forza risultante che si genera nel suo punto all'armo « $F_D$ ».**

Come si pu\`o notare, nella situazione pi\`u realistica (la caduta su moschettone), il carico « $F_D$ », che si genera sul rinvio «D» \`e al limite estremo (anche un poco oltre) la tenuta della maggior parte degli armi allestiti su singolo attacco (solo un'ottima infissione del tassello tipo «Spit Roc MF8» ed una placchetta d'acciaio tipo «Couer» potrebbero resistere ad una tale sollecitazione).

Il discorso cambia se si utilizza una corda dinamica.

### Esempio:

Consideriamo i seguenti valori:	P	= 784	N	(80 kg)
	H	= 16	m	
	$X_d$	= $7,4 \cdot 10^{-5}$	$K^{-1}$	( $s^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ )
	$\mu$	= 2		
	$L_L$	= 8	m	
	$L_R$	= 5	m	

**In cui:** P = peso del grave – H = altezza di caduta –  $X_d$  = coefficiente d'elasticit\`a dinamico –  $\mu$  = coefficiente d'attrito del rinvio «D» –  $L_L$  lunghezza del tratto libero –  $L_R$  = lunghezze del tratto compreso fra «W» e «D».

$$F_{L(2)} = 784 + \sqrt{784^2 + \frac{2 \cdot 784 \cdot 16}{7,4 \cdot 10^{-5} \cdot (8 + 2,5)}} = 6\,520 \text{ N (665 kg)}$$

$$\text{da cui: } F_W = \frac{6\,520}{2} = 3\,260 \text{ N (332 kg)}$$

$$\text{ed infine: } F_D = 6\,520 + 3\,260 = 9\,780 \text{ N (997 kg)}$$

$$\text{il fattore di caduta equivalente sar\`a: } F_{CE} = \frac{16}{8 + 2,5} = \frac{16}{10,5} = 1,52$$

**Utilizzare corde con un elevato coefficiente d'elasticit\`a dinamico « $X_d$ » significa non solo ridurre la forza di shock ma anche ridurre il carico che si genera sull'armo del rinvio «D»; punto sempre particolarmente sollecitato.**

Nelle arrampicate in libera (con soli chiodi di sicura) si devono sempre utilizzare, anche in ambiente ipogeo, corde dinamiche.

# Caduta su più rinvii di sicura

## Premessa

Quanto fin qui detto rende conto anche del motivo per cui, durante un'arrampicata, si deve badare ad agire in modo che la propria *corda di sicura* non incontri, nel passare entro i vari rinvii, un attrito troppo elevato; le tecniche alpinistiche insegnano i metodi più idonei ad evitare simili problemi.

In caso contrario, durante un'eventuale «volo», la parte di *corda di sicura* che collabora ad ammortizzare la sollecitazione dinamica, dovuta alla caduta, riveste sempre meno importanza man mano che un rinvio si sussegue all'altro.

Notiamo, infatti, che per quanto riguarda il fenomeno in esame, ed in particolar modo l'assorbimento d'energia, è come se le *lunghezze* dei vari tratti di corda: « $L_L$ », « $L_1$ », « $L_2$ », « $L_3$ », non fossero quelle geometriche, ma fossero corrispondenti alle loro *lunghezze equivalenti* [fig. 36]; quest'ultime fornite dalle:

$$L_{EL} = L_L, \quad L_{E1} = \frac{L_1}{\mu_0}, \quad L_{E2} = \frac{L_2}{\mu_0 \cdot \mu_1}, \quad L_{E3} = \frac{L_3}{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2}$$

In cui: « $L_L$ », « $L_1$ », « $L_2$ », « $L_3$ », sono le lunghezze geometriche dei tratti di corda - « $\mu_0$ », « $\mu_1$ », « $\mu_2$ », sono i coefficienti d'attrito dei rispettivi rinvii su moschettone « $d_0$ », « $d_1$ », « $d_2$ » - « $L_{EL}$ », « $L_{E1}$ », « $L_{E2}$ », « $L_{E3}$ », sono le lunghezze equivalenti.

La *lunghezza equivalente totale*, della corda, risulta pertanto:

$$L_{ET} = L_{EL} = L_{E1} = L_{E2} = L_{E3}$$

Servendoci delle *lunghezze equivalenti* possiamo ricavare il *fattore di caduta equivalente* « $FC_E$ » [vedi anche eq. 27a riferita alle fig. 30a, 30b] il quale deve essere inserito nell'equazione [27b] al posto del *fattore di caduta* « $FC$ ».

Sostituendo le « $L_J$ » con le « $L_{EJ}$ » si ottiene:

$$FC_E = \frac{H}{L_{EL} = L_{E1} = L_{E2} = L_{E3}} = \frac{H}{L_{ET}}$$

La forza di shock, che si genera sul tratto di corda « $L_L$ », risulta pertanto:

$$F_L = P + \sqrt{P^2 + \frac{2 \cdot P}{X_d} \cdot FC_E}$$

Le forze che si generano su ogni singola altra tratta: « $L_1$ », « $L_2$ », « $L_3$ », sono fornite, rispettivamente, dalle:

$$F_1 = \frac{F_L}{\mu_1}, \quad F_2 = \frac{F_L}{\mu_1 \cdot \mu_2}, \quad F_3 = \frac{F_L}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3}$$

La forza d'arresto « $F_s$ » (quella che deve essere trattenuta da chi esegue la sicura) si genera nell'ultima tratta (quella che dall'ultimo rinvio giunge all'*assicuratore*) ed ha, in questo caso, il medesimo valore di « $F_3$ ».

L'allungamento totale « $A_T$ » della *corda di sicura* è fornito dalla somma degli allungamenti dei singoli tratti, i quali risultano:

$$A_L = F \cdot L_L \cdot X_d, \quad A_1 = \frac{F_L \cdot L_1 \cdot X_d}{\mu_1}, \quad A_2 = \frac{F_L \cdot L_2 \cdot X_d}{\mu_1 \cdot \mu_2}, \quad A_3 = \frac{F_L \cdot L_3 \cdot X_d}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3}$$

per cui si ha:

$$A_T = F_L \cdot X_d \cdot (L_{EL} = L_{E1} = L_{E2} = L_{E3}) \quad [36d]$$

## Tipologia «a»

Immaginiamo una situazione in cui i rinvii sono disposti in modo tale che la *corda di sicura* segua un percorso «tortuoso» (a *zig-zag*) incontrando, nello scorrere entro i moschettoni, un'elevata resistenza dovuta agli attriti [fig. 37].

### Esempio[37]:

Consideriamo i seguenti valori:

P (peso del grave)	= 784	N	(80 kg) N
H (altezza di caduta)	= 20	m	
$X_d$ (coefficiente d'elasticità dinamico)	= $7,4 \cdot 10^{-5}$	$K^{-1}$	( $s^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ )
« $\mu_L$ » = « $\mu_1$ » = « $\mu_2$ » (coefficiente d'attrito al rinvii)	= 1,9		

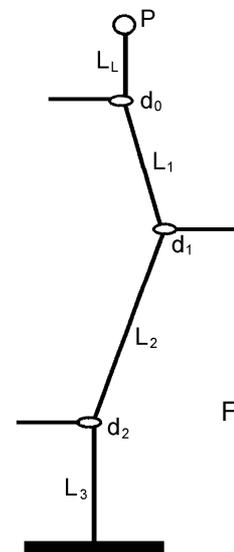


Fig. 36

$L_L = 10$	m
$L_1 = 20$	m
$L_2 = 30$	m
$L_3 = 20$	m

In cui:  $P$  = peso del grave –  $H$  = altezza di caduta del grave –  $X_d$  = coefficiente d'elasticità dinamica –  $\mu_L$  = coefficiente d'attrito del rinvio « $d_L$ » –  $\mu_1, \mu_2$  = coefficienti d'attrito rispettivamente dei rinvii « $d_1$ » e « $d_2$ » –  $L_L, L_1, L_2, L_3$ , = lunghezze dei vari tratti di corda.

Dalla [fig. 37] si ha:

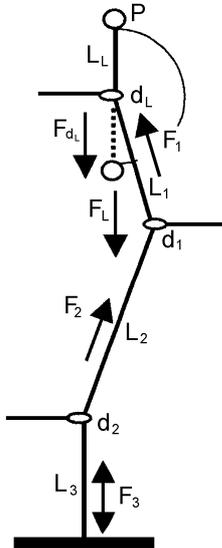


Fig. 37

$$L_{EL[37]} = 10 \text{ m}$$

$$L_{E1[37]} = \frac{20}{1,9} = 10,53 \text{ m}$$

$$L_{E2[37]} = \frac{30}{1,9^2} = 8,31 \text{ m}$$

$$L_{E3[37]} = \frac{20}{1,9^3} = 2,92 \text{ m}$$

La lunghezza equivalente totale risulta:

$$L_{ET[37]} = 10 + 10,53 + 8,31 + 2,92 = 31,76 \text{ m}$$

Dalla [36b] si ha:

$$F_{CE[37]} = \frac{20}{10+10,53+8,31+2,92} = \frac{20}{31,76} = 0,63$$

Risolvendo la [28c], la forza di shock « $F_{[32]}$ » diviene:

$$F_{[37]} = 784 + \sqrt{784^2 + \frac{2 \cdot 784}{7,4 \cdot 10^{-5}} \cdot 0,63} = 4\,521 \text{ N (461 kg)}$$

Dalla [27e] (considerando « $\mu = \mu_0$ » e « $D \equiv d_0$ »), il carico « $Fd_{0(32)}$ », che si genera sul primo rinvio « $d_0$ » (quello più in alto), risulta:

$$Fd_{0[37]} = 4\,521 \cdot \frac{1,9+1}{1,9} = 6\,900 \text{ N (704 kg)}$$

La forza di shock, nelle altre tratte, risulta:

$$F_{1[37]} = \frac{4\,521}{1,9} = 2\,379 \text{ N (243 kg)}$$

$$F_{2[37]} = \frac{4\,521}{1,9^2} = 1\,252 \text{ N (128 kg)}$$

La forza d'arresto risulta di:

$$F_{3[37]} = \frac{4\,521}{1,9^3} = 659 \text{ N (67 kg)} \quad \text{pari alla forza d'arresto: } F_{3[37]} = F_{s[37]}$$

L'allungamento totale della corda di sicura, fornito dalla [28d], risulta:

$$A_{T[37]} = 4\,521 \cdot 7,4 \cdot 15^{-5} \cdot (10 + 10,53 + 8,31 + 2,92) = 10,63 \text{ m}$$

## Tipologia «b»

Prendiamo ora in esame una situazione molto simile a quella di [fig. 37], ma nella quale, a ragione della diversa geometria con cui è stata sistemata la corda di sicura, si possano considerare trascurabili, se non nulli, gli attriti che quest'ultima incontra nell'attraversare i due rinvii posti più in basso: « $d_1$ », « $d_2$ » [fig. 38].

### Osservazioni

In realtà gli attriti sui rinvii « $d_1$ » e « $d_2$ » non sono certamente nulli anche se la disposizione, predisposta come in [fig. 38], riduce il valore dei coefficienti d'attrito rispetto alla disposizione di [fig. 37].

In questo esempio, come d'altronde anche in quello precedente, si è ipotizzata una situazione teorico nel tentativo di porre in evidenza solo alcuni aspetti particolari propri dei due metodi di risalita su rinvii di sicura.

È invero una situazione teorica, non realizzabile in pratica, con la quale però si cerca di portare al limite una situazione per semplificare al massimo un ragionamento e poter evidenziare delle caratteristiche che rimarrebbero offuscate da una situazione reale.

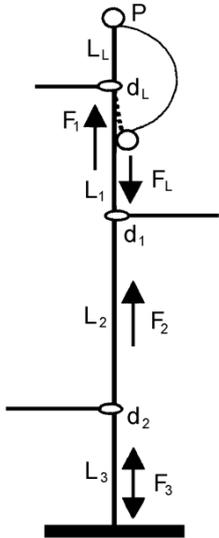
### Esempio[38]:

Considerando i seguenti valori:

$P$ (peso del grave) = 784	N	(80 kg)
$H$ (altezza di caduta) = 20	m	
$X_d$ (coefficiente d'elasticità) = $7,4 \cdot 10^{-5}$	$K^{-1}$	( $s^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ )
« $\mu_L$ » (coefficiente d'attrito al primo rinvio) = 1,9		
« $\mu_1$ » = « $\mu_2$ » (coefficiente d'attrito agli altri rinvii) = 1,05		
$L_L = 10$	m	
$L_1 = 20$	m	

$$\begin{aligned} L_2 &= 30 && \text{m} \\ L_3 &= 20 && \text{m} \end{aligned}$$

In cui:  $P$  = peso del grave –  $H$  = altezza di caduta –  $X_d$  = coefficiente d'elasticità dinamico –  $\mu_L$  = coefficiente d'attrito del rinvio « $d_L$ » –  $\mu_1, \mu_2$  = coefficienti d'attrito rispettivamente dei rinvii « $d_1$ » e « $d_2$ » –  $L_L, L_1, L_2, L_3$  = lunghezze dei vari tratti corda.



Dalla [fig. 38] si ha:

$$L_{EL[38]} = 10 \text{ m}$$

$$L_{E1[38]} = \frac{20}{1,9} = 10,53 \text{ m}$$

$$L_{E2[38]} = \frac{30}{1,9 \cdot 1,05} = 15,04 \text{ m}$$

$$L_{E3[38]} = \frac{20}{1,9 \cdot 1,05^2} = 9,55 \text{ m}$$

La *lunghezza equivalente totale* risulta:

$$L_{ET[38]} = 10 + 10,53 + 15,04 + 9,55 = 45,12 \text{ m}$$

Dalla [38b] si ha:

$$F_{CE[38]} = \frac{20}{10 + 10,53 + 15,04 + 9,55} = \frac{20}{45,12} = 0,44$$

Risolvendo la [28c], la forza di shock « $F_{[34]}$ » diviene:

$$F_{[38]} = 784 + \sqrt{784^2 + \frac{2 \cdot 784}{7,4 \cdot 10^{-5}} \cdot 0,44} = 3\,936 \text{ N (402 kg)}$$

Fig. 38

Dalla [38e] (considerando « $\mu = \mu_0$ » e « $D \equiv d_0$ »), il carico « $F_{d_{0[34]}}$ », che si genera sul primo rinvio « $d_0$ » (quello più in alto), risulta:

$$F_{d_{0[38]}} = 3\,936 \cdot \frac{1,9+1}{1,9} = 6\,008 \text{ N (613 kg)}$$

La forza di shock, nelle altre tratte, risulta:

$$F_{1[38]} = \frac{3\,936}{1,9} = 2\,072 \text{ N (211 kg)}$$

$$F_{2[38]} = \frac{3\,936}{1,9 \cdot 1,05} = 1\,973 \text{ N (201 kg)}$$

La forza d'arresto risulta di:

$$F_{3[37]} = \frac{3\,936}{1,9 \cdot 1,05^2} = 1\,879 \text{ N (192 kg)} \quad \text{pari alla forza d'arresto: } F_{3[38]} = F_{s[38]}$$

L'allungamento totale della corda di sicura, fornito dalla [28d], risulta:

$$A_{T[37]} = 3\,936 \cdot 7,4 \cdot 15^{-5} \cdot (10 + 10,53 + 15,04 + 9,55) = 13,14 \text{ m}$$

**Maggiori sono gli attriti (prodotti dai rinvii) che agiscono lungo la corda: maggiore è la forza di shock « $F$ » che subisce colui che «vola», minore è la forza d'arresto « $F_s$ » che deve essere sopportata dall'assicuratore, minore è l'allungamento totale « $A_T$ » della corda di sicura.**

#### Osservazioni

Nell'eseguire i calcoli, in tutti gli esempi sia del paragrafo **Caduta su rinvio di sicura** sia del paragrafo **Caduta su più rinvii di sicura**, non si è tenuto conto della riduzione, della forza di *shock teorica*, dovuta all'elasticità del corpo umano; con buona approssimazione possiamo considerare la forza di *shock reale* pari a circa l'ottanta per cento (80%) della forza di *shock teorica*.

Parimenti diminuiranno, della stessa percentuale, sia il carico « $F_{d_L}$ », sul rinvio « $d_L$ », sia la forza d'arresto « $F_s$ », su chi effettua la sicura.

### Riassumendo

Tipologia «a»		Tipologia «b»	
$L_{EL[37]} = 10 \text{ m}$		$L_{EL[38]} = 10 \text{ m}$	
$L_{E1[37]} = 10,53 \text{ m}$		$L_{E1[38]} = 10,53 \text{ m}$	
$L_{E2[37]} = 8,31 \text{ m}$		$L_{E2[38]} = 15,04 \text{ m}$	
$L_{E3[37]} = 2,92 \text{ m}$		$L_{E3[38]} = 9,55 \text{ m}$	
$L_{ET[37]} = 31,76 \text{ m}$		$L_{ET[38]} = 45,12 \text{ m}$	
$FC_{E[37]} = 0,63$		$FC_{E[38]} = 0,44$	
$F_{[37]} = 4\,521 \text{ N}$	461 kg	$F_{[38]} = 3\,936 \text{ N}$	402 kg
$F_{1[37]} = 2\,379 \text{ N}$	243 kg	$F_{1[38]} = 2\,072 \text{ N}$	211 kg
$F_{2[37]} = 1\,252 \text{ N}$	128 kg	$F_{2[38]} = 1\,973 \text{ N}$	201 kg
$F_{3[37]} = 659 \text{ N}$	67 kg	$F_{3[38]} = 1\,879 \text{ N}$	192 kg
$A_{T[37]} = 10,63 \text{ m}$		$A_{T[38]} = 13,14 \text{ m}$	
$Fd_{L[37]} = 6\,900 \text{ N}$	704 kg	$Fd_{L[38]} = 6\,008 \text{ N}$	608 kg

[tab. 12]

# Promemoria

## Simboli utilizzati nel testo

- $B_a$  *Autobloccante ausiliario* utilizzato, nelle *Taglie* (tipologie, di paranco, a *Carrucole contrapposte*), al posto del « $B_f$ » [vedi fig. 19, pag. 23].
- $B_c$  *Autobloccante complementare* utilizzato per collegare, in alcuni paranchi, la corda di carico alla corda di traino [vedi: fig. 03, pag. 10; fig. 06, pag. 13; fig. 07, pag. 13].
- $B_f$  *Autobloccante fisso* utilizzato, nei paranchi, per impedire la ricaduta del peso «P» nel momento in cui si allenta la tensione sulla corda di traino (coincidente con la corda di carico) [vedi esempio fig. 02, pag. 6].
- $B_m$  *Autobloccante mobile* utilizzato, nei paranchi, per sollevare la corda di carico (coincidente con la corda di traino) [vedi esempio fig. 02, pag. 6].
- $B_s$  *Autobloccante di supporto* utilizzato, in alcuni paranchi, per coadiuvare la trazione [vedi: fig. 04, pag. 10; fig. 06, pag. 13].
- $C_a$  *Carrucola ausiliaria* utilizzata per variare la direzione della corda di carico, a monte del sistema, per poter operare in situazione più idonea [vedi Sc. 03, pag. 30].
- $C_f$  *Carrucola fissa*: nelle *Taglie* corrisponde sempre alla carrucola superiore [vedi esempio fig. 13, pag. 20].
- $C_g$  *Carrucola aggiunta*, è così chiamata la terza carrucola, a puleggia singola, utilizzata nell'allestimento della «*Calorna invertita*» [vedi fig. 19, pag. 23].
- $C_m$  *Carrucola mobile*: nelle *Taglie* corrisponde sempre alla carrucola inferiore [vedi esempio Fig 13, pag. 20].
- $C_{ms}$  *Carrucola mobile supplementare* utilizzata per ridurre la forza reale «F» disponendo di una corda lunga più del doppio del pozzo [vedi Sc. 01, pag. 16].
- $C_r$  *Carrucola di rinvio* utilizzata per variare la direzione della *corda di carico*, a valle del sistema, per permetterle, a quest'ultima, di scendere verticalmente lungo il pozzo [vedi Sc. 02, pag. 29].
- $F$  *Forza reale*: è la forza da applicare, al sistema (Paranco), per sollevare (controbilanciare) il peso «P» nel caso si considerino anche gli attriti (*carrucole reali con un coefficiente d'attrito « $\mu > 1$ »*) [vedi esempio eq. 02a, pag. 7].
- $F_a$  *Forza reale corretta* per tener conto dell'introduzione, nel sistema, della carrucola ausiliaria « $C_a$ » [vedi Sc. 03, pag. 30].
- $F_{aR}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «R» della *carrucola ausiliaria* [vedi eq. 26c, pag. 30].
- $F_{aW}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «W» della *carrucola ausiliaria* [vedi eq. 26b, pag. 30].
- $F_c$  *Fattore di caduta* uguale al rapporto fra l'altezza di caduta e la lunghezza della corda interessata dal fenomeno [vedi eq. 2ea, pag. 41].
- $F_m$  *Forza modificata*, è la forza necessaria a sollevare un peso «P» nel caso si utilizzasse una *carrucola mobile supplementare* [vedi Sc. 01, pag. 16].
- $F_r$  *Forza reale corretta* per tener conto dell'introduzione, nel sistema, della *carrucola di rinvio* « $C_r$ » [vedi Sc. 02, pag. 29].
- $F_{ra}$  *Forza reale corretta* per tener conto dell'introduzione, nel sistema, sia della *carrucola di rinvio* « $C_r$ » sia della *carrucola ausiliaria* « $C_a$ » [vedi Sc. 02, pag. 29].
- $F_{rR}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «R» della *carrucola di rinvio* [vedi eq. 25c, pag. 29].
- $F_{rW}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «R» della *carrucola di rinvio* [vedi eq. 25b, pag. 29].
- $F_t$  *Forza teorica*, è la forza da applicare, al sistema (Paranco), per sollevare (controbilanciare) il peso «P» nel caso si considerino nulli tutti gli attriti (*carrucole teoriche con coefficiente d'attrito « $\mu = 1$ »*) [vedi esempio pag. 4].
- $F_{tW}$  *Forza teorica* che si genera nell'armo «W», o di un paranco o di una *Taglia*, nel caso di un unico ancoraggio [vedi esempio pag. 8].
- $F_W$  *Forza reale* che si genera nell'armo «W», o di un paranco o di una *Taglia*, nel caso l'armo sia composto da un unico ancoraggio [vedi esempio eq. 02aw].
- $F_{WX}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «WX» (arbitrariamente definito come primo) di un paranco ancorato a due armi [vedi esempio eq. 03bwx, pag. 9].

- $F_{WY}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «WY» (arbitrariamente definito come secondo) di un paranco ancorato a due armi [vedi esempio eq. 03bwy, pag. 9].
- $F_{WXY}$  *Forza reale* che si genera nell'armo «WXY», di un paranco, quando «WX» e «WY» coincidono [vedi esempio eq. 03bw, pag. 9].
- $F_x$  *Forza reale necessaria*, per sollevare il peso «P», agendo sul ramo «a» del paranco di Poldo [vedi fig. 21, pag. 26].
- $F_{xW}$  *Forza reale* che si genera sull'armo «W», del paranco di Poldo, nel caso si agisca sul tratto «a» con la forza « $F_x$ » [vedi eq. 22d, pag.26].
- $F_{xYW}$  *Forza reale* che si genera sull'armo «W», del paranco di Poldo, nel caso si applichino, contemporaneamente, ambedue le forze: « $F_x$ », « $F_y$ » [vedi eq. 23b, pag.27].
- $F_y$  *Forza reale necessaria*, per sollevare il peso «P», agendo sul ramo «d» del paranco di Poldo [vedi fig. 22, pag. 27].
- $F_{yW}$  *Forza reale* che si genera sull'armo «W», del paranco di Poldo, nel caso si agisca sul tratto «d» con la forza « $F_y$ » [vedi eq. 23c, pag.27].
- $L_E$  *Lunghezza equivalente*, nel calcolo delle sollecitazioni che si generano con un rinvio [vedi fig. 30°, 30b].
- $L_L$  *Lunghezza del tratto di corda*, compreso fra l'armo «W» ed il rinvio «D», nel calcolo delle sollecitazioni che si generano con un rinvio [vedi fig. 30°, 30b].
- $L_R$  *Lunghezza del tratto di corda*, compreso fra il rinvio «D» ed il peso «P», nel calcolo delle sollecitazioni che si generano con un rinvio [vedi fig. 30a, 30b].
- $L_s$  *Longe di supporto* utilizzata, nei paranchi, sia per eseguire il passaggio dell'« $N_g$ » sia per effettuare l'inversione di manovra [vedi fig. 26, pag. 32; fig. 29, pag. 34].
- $N_a$  *Nodo ausiliario* utilizzato per chiudere la gassa, sulla corda di carico, nel «*passaggio del nodo di giunzione*» nei paranchi [vedi fig. 27, pag. 32].
- $N_g$  *Nodo di giunzione* (es. inglese doppio) utilizzato per congiungere due corde da utilizzare come *corda di carico* [vedi: fig. 26, pag. 32; fig. 27, pag. 32].
- $n$  *Numero delle tratte*, della *corda di traino*, facenti capo alla carrucola mobile « $C_m$ » (o carrucola inferiore) delle Taglie [vedi pag. 20].
- $P$  *Peso da sollevare* (grave) [vedi pag. 3]
- $P_m$  *Peso modificato* equivalente al peso «P» quando quest'ultimo è alzato mediante una carrucola mobile [vedi pag. 16].
- VMT *Vantaggio Meccanico teorico* uguale a « $P / Ft$ » [vedi pag. 4].
- VMR *Vantaggio Meccanico Reale* uguale a « $P / F$ » [vedi pag. 4].
- $X$  *Coefficiente d'elasticità*, della corda, fornita dalla:
- $$X = \frac{A}{F \cdot l} \quad \text{in cui: } A = \text{allungamento} - F = \text{forza applicata} - l = \text{lunghezza della corda}$$
- $X_d$  *Coefficiente d'elasticità dinamico* della corda [vedi esempio eq: 27b, pag. 41]
- $\alpha_d$  *Angolo di deviazione* (angolo convesso compreso fra le due tratte di corda uscenti o dalla carrucola di rinvio o dalla carrucola ausiliaria) [vedi esempio eq: 25c, pag. 30].
- $\mu$  *Coefficiente d'attrito* delle carrucole [vedi tab. 01a, pag. 3]; in particolare, negli schemi raffigurati, si ha: « $\alpha$ », « $\beta$ », « $\gamma$ », « $\delta$ », che sono i *coefficienti d'attrito* riferiti rispettivamente alle carrucole: « $C_\alpha$ », « $C_\beta$ », « $C_\gamma$ », « $C_\delta$ ».
- $\varepsilon_a$  *Coefficiente d'attrito della Carrucola ausiliaria* « $C_a$ » [vedi esempio eq: 26a, pag. 30].
- $\varepsilon_r$  *Coefficiente d'attrito della Carrucola di rinvio* « $C_r$ » [vedi esempio eq: 25a, pag. 29].
- $\eta$  *Rendimento* (VMR / VMT) [vedi pag. 4].
- $\lambda$  *Coefficiente correttivo* delle carrucole [vedi tab. 01b, pag. 4].
- $\xi$  *Coefficiente d'attrito* della carrucola *Tandem-21* od equivalente [vedi tab. 01a, pag. 3].
- $\zeta$  *Coefficiente d'attrito* sia della carrucola « $C_\beta$ » sia della carrucola « $C_\gamma$ » (nel paranco di Poldo) quando si ipotizza « $\beta = \gamma$ » [vedi esempio eq: 22a, pag. 26]

# Indice analitico

Paragrafi	pagina
<i>Carrucole, Paranchi e rinvii di sicurezza</i>	
Premessa . . . . .	03
<i>Le Carrucole</i>	
Definizione . . . . .	03
Caratteristiche . . . . .	03
Tipologia a <i>carrucola fissa</i> . . . . .	05
Tipologia a <i>carrucola mobile</i> . . . . .	05
Carrucole fisse in serie . . . . .	06
Carrucole mobili in serie . . . . .	07
Riflessioni . . . . .	08
<i>I Paranchi</i>	
Definizione . . . . .	09
Paranco semplice . . . . .	09
Procedendodiversamente . . . . .	10
Le manovre basilari col <i>Paranco semplice</i> . . . . .	10
Paranco semplice con corda ausiliaria . . . . .	11
Una precauzione . . . . .	13
Paranco doppio . . . . .	13
Prime valutazioni . . . . .	14
Paranco doppio con carrucola aggiunta . . . . .	14
Paranco doppio con corda ausiliaria . . . . .	15
Paranco doppio con doppia corda ausiliaria . . . . .	16
Una dimenticanza . . . . .	17
<i>Altre tipologie per i paranchi</i>	
Paranco capovolto con carrucola doppia . . . . .	18
Paranco capovolto con corda ausiliaria . . . . .	19
<i>Impieghi particolari e dei paranchi e delle Carrucole</i>	
Un miglioramento . . . . .	20
Con un carico <i>umano</i> . . . . .	20
<i>Paranchi come tendicorda</i>	
Presentazione . . . . .	22
Tipologia n° 1 . . . . .	22
Tipologia n° 2 . . . . .	22
Tipologia n° 3 . . . . .	23
Tipologia n° 4 . . . . .	24
Tipologia n° 5 . . . . .	25
<i>Le Taglie</i>	
Presentazione . . . . .	27
1° La <i>Ghia doppia</i> (Taglia semplice) . . . . .	28
2° L' <i>Amante doppio</i> (Taglia semplice invertita) . . . . .	28
3° Il <i>Paranco semplice</i> (Taglia doppia) . . . . .	28
4° Il <i>Paranco semplice invertito</i> (Taglia doppia invertita) . . . . .	29
5° Il <i>Paranco doppio</i> (Taglia tripla) . . . . .	29

6° Il <i>Paranco doppio invertito</i> (Taglia tripla invertite)	30
<b>Riassumendo</b>	30
<b>Un utile espediente</b>	31
<i>La Calorna invertita</i>	31
<b>Altre valutazioni</b>	32
<b>Una riflessione</b>	32
<i>Il paranco di «Poldo»</i>	
<b>Presentazione</b>	33
<i>Una divagazione</i>	
<b>Paranco differenziale</b>	35
<i>Il Paranco !</i>	
<b>Presentazione</b>	36
<i>Considerazioni generali</i>	
<b>La carrucola di rinvio (a valle del paranco)</b>	37
<b>La carrucola ausiliaria (a monte del paranco)</b>	37
<b>Sulla posizione dell'<i>autobloccante fisso</i></b>	38
<b>Autobloccante a monte della carrucola fissa</b>	39
<i>vantaggi</i>	39
<i>svantaggi</i>	39
<b>Autobloccante a valle della carrucola fissa</b>	39
<i>vantaggi</i>	39
<i>svantaggi</i>	39
<b>Considerazioni</b>	39
<i>Passaggio del nodo di giunzione</i>	
<b>Premessa</b>	40
<b>Primo metodo (con i <i>Paranchi</i>)</b>	40
<b>Secondo metodo (con i <i>Paranchi</i>)</b>	41
<b>Con le <i>Taglie</i> ed i «<i>tendicorda</i>»</b>	41
<b>Con la sola carrucola</b>	42
Con carrucola <i>mobile</i>	42
Con carrucola <i>fissa</i>	42
<i>Inversione di manovra</i>	
<b>Premessa</b>	43
<b>Utilizzando i <i>Paranchi</i> «più propriamente detti»</b>	43
<b>Utilizzando le <i>Taglie</i> o i «<i>Tendicorda</i>»</b>	43
<i>Conclusioni</i>	
<b>Nel caso di una sollecitazione dinamica</b>	45
<b>Miscellanea</b>	45
<b>Considerazioni finali</b>	45
<i>Esempi</i>	
<b>Carrucole a due pulegge</b>	46
<b>Carrucole a due pulegge</b>	46
<i>Alcuni parametri caratteristici dei diversi paranchi</i>	
<b>Paranco semplice</b>	47
<b>Paranco semplice con corda ausiliaria</b>	48
<b>Paranco doppio</b>	48
<b>Paranco doppio con carrucola aggiunta</b>	48
<b>Paranco doppio con corda ausiliaria</b>	49

Paranco doppio con doppia corda ausiliaria . . . . .	49
Forze che si generano nell'armo «Fw» . . . . .	49
(considerando «Fwx» e «Fwy» coincidenti in «Fw»	
Le Taglie . . . . .	50
Il Paranco di Poldo . . . . .	50
<i>Caduta su rinvio di sicura</i>	
Premessa . . . . .	51
Teoria . . . . .	51
<i>Caduta su più rinvii di sicura</i>	
Premessa . . . . .	54
Tipologia «a» . . . . .	54
Tipologia «b» . . . . .	55
Riassumendo . . . . .	57
<i>Promemoria</i>	
Simboli utilizzati nel testo . . . . .	58
Indice analitico . . . . .	60
Il Paranco! (schema dell'allestimento) . . . . .	63
Bibliografia . . . . .	64

# Il Paranco!

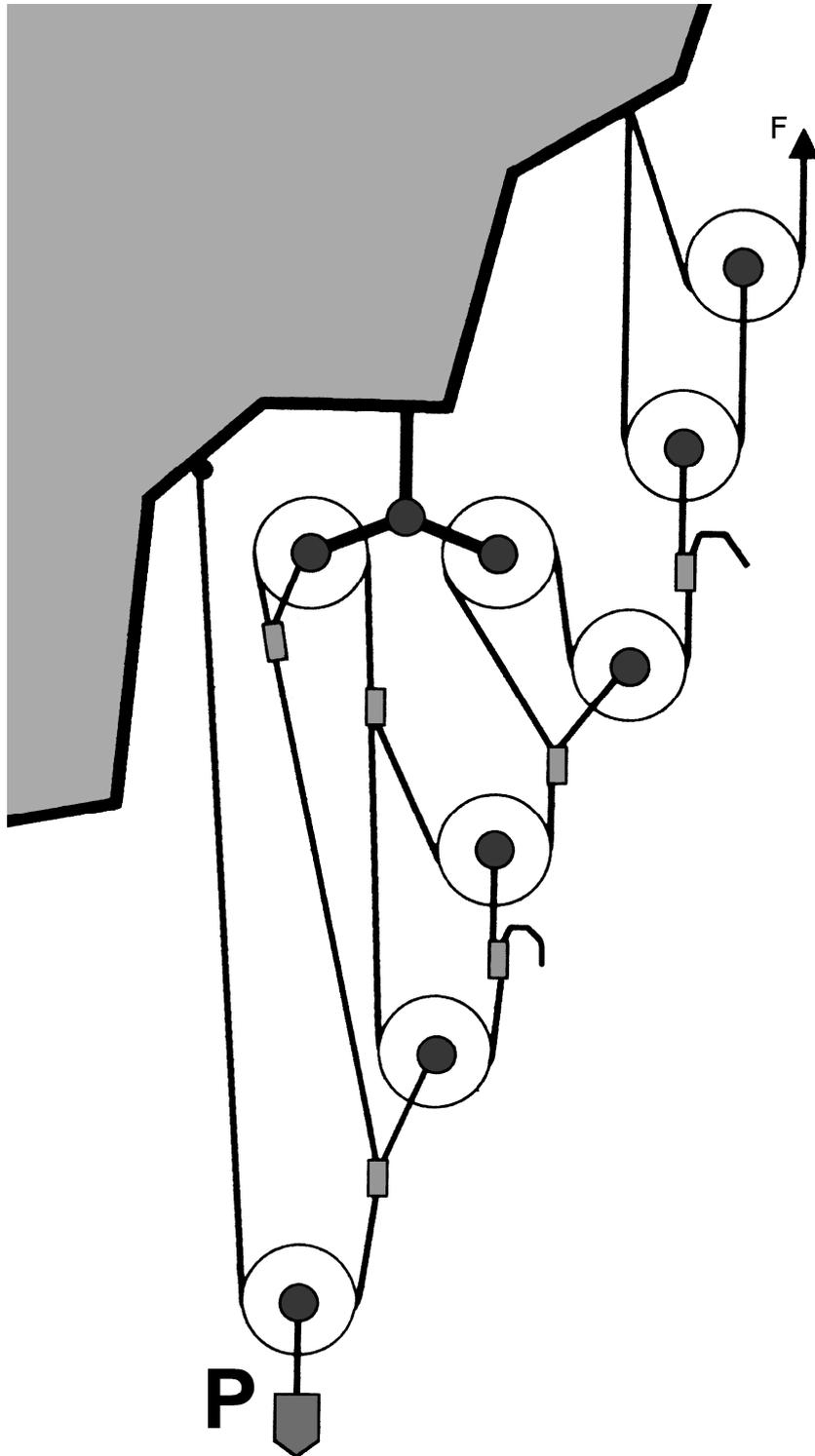


fig. 39

## Bibliografia

[R. 01] G. Antonini & G. Badino (1997)  
Grotte e Forre  
Ed. Erga edizioni (Genova)

[R. 02] W. Ashley Clifford (1974)  
Il libro dei nodi  
Ed. Rizzoli (Milano)

[R. 03] U. De Col & A. Dallago (1981)  
La progressione in sicurezza della cordata  
Ed. Chetina (Cortina)

[R. 04] E. Peruca (1972)  
Fisica  
*Generale e Sperimentale*  
Ed. UTET (Genova)

[R. 05] C. Van der Merwe (1977)  
Fisica generale  
(collana: Schaum)  
Ed: Etas Libri (Milano)

## Programmi disponibili

L'Autore ha realizzato due programmi, disponibili, purtroppo. Solo in DOS (per Window: XP e precedenti); col primo è possibile calcolare, per i vari paranchi, sia la *forza reale* «F», necessaria a sollevare un certo peso «P» (tenendo conto delle resistenze offerte dalle carucole), sia altri parametri interessanti.

<b>Opzioni disponibili</b>	
Carrucole singole (fisse e mobili)	<1>
Paranchi (più propriamente detti)	<2>
Paranchi (come tendicorda)	<3>
Taglie (Paranchi a carrucole contrapposte)	<4>
Esc (Uscita dal programma)	<E>
Scegli <1/2/3/4/E>	

Col secondo è possibile valutare le sollecitazioni dinamiche che si generano, sia sui due tratti di corda sia nell'armo, a causa della caduta di un grave su di un *rinvio di sicurezza*.

Nel medesimo programma sono presenti altre opzioni, come si evince dal menù ad esso associato, le quali potrebbero rilevarsi utili nelle attività didattiche.

<b>Opzioni disponibili</b>	
Coefficiente di elasticità	<1>
Forza massima di shock (caduta verticale)	<2>
Forza massima di shock (caduta a pendolo)	<3>
Elementi elastici in serie	<4>
Elementi elastici in parallelo	<5>
Caduta su rinvio di sicurezza	<6>
Esc (Uscita dal programma)	<E>
Scegli <1/2/3/4/5/6/E>	