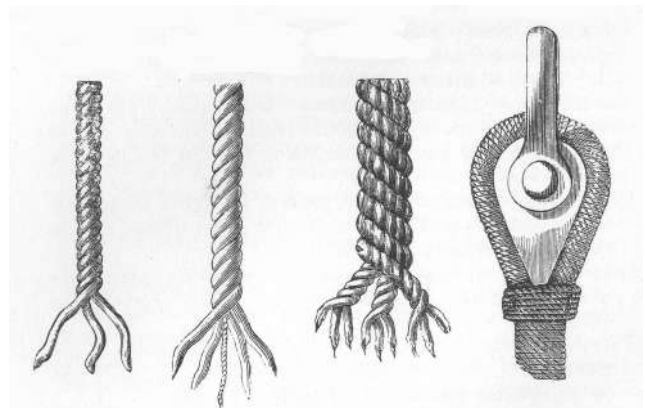
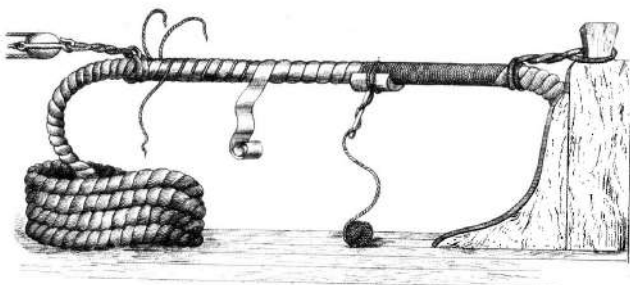
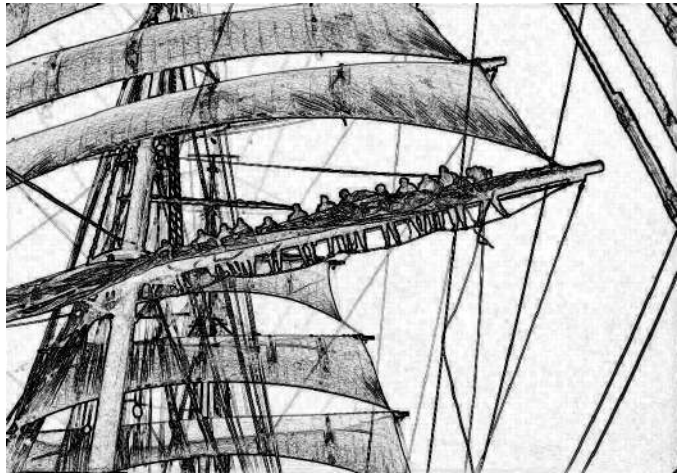
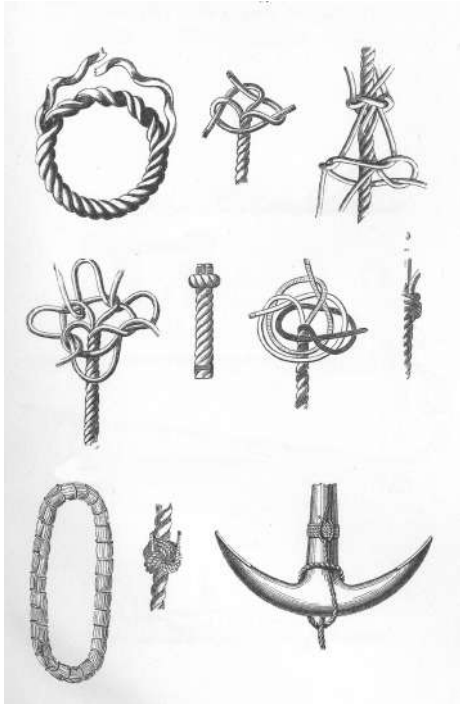


CORDAME NEL DIPORTO NAUTICO



NARRAREMARE

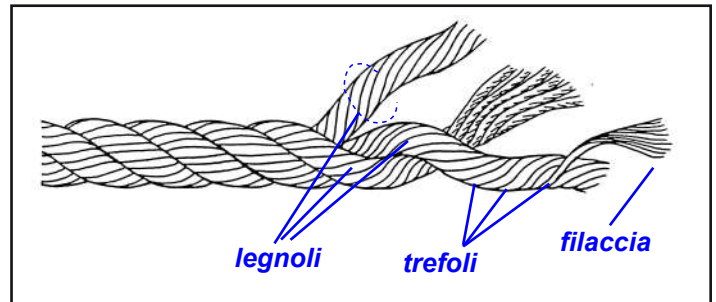
Anatomia di un cavo tradizionale

Le aziende di produzione di cavi, le corderie, impiegano i filati di fibre tessili, naturali e sintetiche, resi disponibili in bobine, ottenuti in un processo industriale noto come *filatura* che consiste in una serie di operazioni il cui scopo è ottenere un filo il più continuo e uniforme possibile, materia prima della filiera tessile. I filati vegetali, quali quelli di canapa e sisal, vengono prodotti con operazioni che allineano, attorcigliano e consolidano le corte fibre in uscita da preliminari lavorazioni tra cui la *pulitura* e la *cardatura* (separazione delle fibre).

Il prodotto elementare, il filato, è denominato **filaccia** nella terminologia marinaresca dei cavi tradizionali vegetali, un termine riferito anche a quell'insieme di fili ottenuti disfaccendo (sfilacciando) vecchi cavi per creare cavi di piccole dimensioni detti genericamente *minutenze*.

I filati da fibre sintetiche, quali il nylon e il poliestere, si ottengono invece per filatura chimica in cui le fibre si estrudono, si stirano e si solidificano fornendo un prodotto continuo e uniforme nelle dimensioni e nelle proprietà meccaniche che può essere monofilo (0,2-0,5 mm e anche 3 mm) o multifilo (10-50 µm).

Il confezionamento dei cavi tradizionali (noto nel linguaggio di marina come **commettitura**, da *commettere*, congiungere insieme) tradizionalmente consiste in successive operazioni di torcitura: torcendo insieme più filati (*filacce*) si forma il **trefolo** (*yarn*); torcendo più trefoli si ottiene il **legnolo** (*strand*); infine torcendo più legnoli (in genere tre come nello schema) si ricava finalmente il **cavo piano**.



Cavo piano a tre legnoli - schema formazione

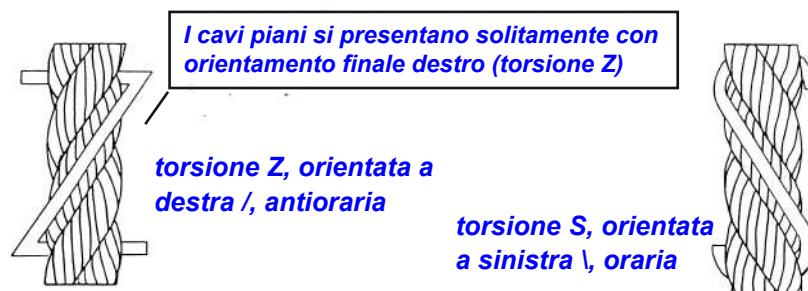
Guardando un cavo piano si ha la possibilità di notare che il trefolo ha un suo verso di avvolgimento;

il legnolo un verso opposto e il cavo finale un verso uguale al primo. Tale alternanza della torcitura è necessaria per garantire la tenuta reciproca degli elementi del cavo, ma al tempo stesso è causa di un calo della resistenza meccanica complessiva, più evidente per i cavi in polipropilene, meno per quelli in poliestere e ancora meno nei cavi piani in nylon.

Le torsioni su indicate vengono descritte con termini tecnici che è necessario conoscere e riconoscere per non incorrere in confusione quando si leggono informazioni tecniche (cataloghi e schede di prodotto) e soprattutto nello svolgimento delle attività marinaresche.

La direzione della torsione (*twist*) ovviamente può essere di due tipi a seconda del verso. In molti testi è indicata come torsione sinistra (oraria) e torsione destra (antioraria). La prima è simile a quella che va applicata quando vogliamo inserire una vite con il cacciavite, la seconda è giusto il contrario nel liberarla con un movimento antiorario.

Già da tempo è in uso un'altra terminologia più certa, usata per le funi di acciaio: la **torsione Z** e la **torsione S** la cui spiegazione diviene chiara con l'immagine successiva.



Schema torsione Z e S

Brevi note storiche sui cavi tessili

Le raffigurazioni rinvenute nelle tombe egizie di oltre 6000 anni fa ci mostrano unità galleggianti costituite da fasci di canne strettamente legati da cavi, la cui tecnologia di fabbricazione, semplice e funzionale, era nota già da molto tempo prima, come riporta uno studio del 2020 relativo a un ritrovamento condotto l'anno precedente da un team internazionale nel sito preistorico di

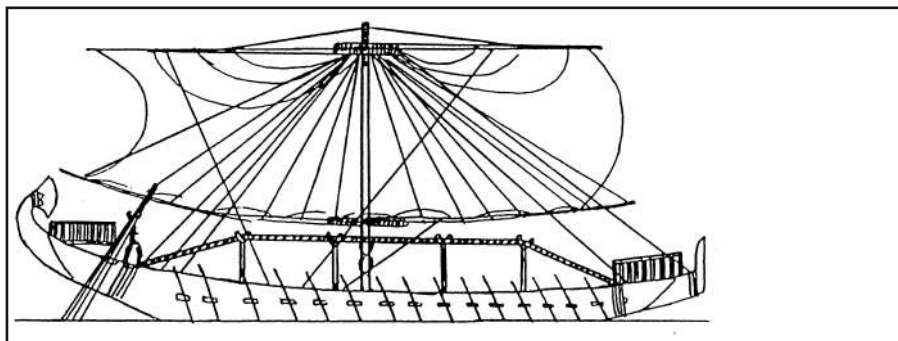
Abri du Madras, nei pressi del fiume Rodano in Francia. Si tratta di un frammento di corda su una scheggia di pietra che un sofisticato esame microscopico ha rilevato appartenere a un cavo a tre legnoli risalente a 50 000 anni fa, ad oggi la più antica prova diretta della tecnologia delle fibre.

Ed è proprio tale padronanza tecnologica a fornire agli archeologi nuove conoscenze sull'uomo di Neanderthal, vissuto tra i 200 000 e i 30 000 anni fa. È affascinante scoprire che già in epoca preistorica si confezionavano corde come si sarebbe fatto nei millenni successivi.

Per gli archeologi, come sottolineato nello studio, i Neanderthal avrebbero avuto capacità cognitive molto più vicine a quelle dell'uomo moderno, potendo svolgere in maniera sequenziale tutte le fasi di realizzazione delle corde, dalla ricerca del materiale di base al loro confezionamento.

Con l'evoluzione della costruzione nautica ancora una volta i cavi ebbero un ruolo fondamentale in tale settore. Sono sempre le incisioni e i dipinti egizi a mostrarci tale sviluppo, dal sostegno di un albero a quello per l'orientamento delle prime vele al vento.

Non solo egizi, ma anche greci e romani ci hanno lasciato una numerosa documentazione icono-grafica e testuale sul modo in cui realizzavano i cavi, poco sui trattamenti e tipologie di fibre utilizzate, animali e vegetali e pochissimo sui nodi impiegati.



Nave egizia sul Mar Rosso (1250 a.C.)

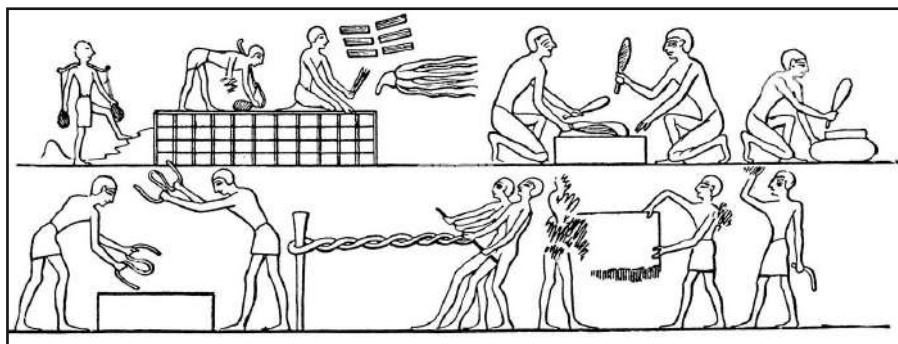
cordami.

Plinio il Vecchio (I sec. d.C.), ad esempio, nella sua *Naturalis Historia*, nel sottolineare l'importanza del papiro come fonte per la produzione della carta, una delle grandi invenzioni dell'uomo, ne indica anche i suoi numerosi impieghi, dalla realizzazione di stuoie, vele e corde. Fa inoltre presente che tale pianta palustre si trovava non solo in Egitto, ma anche in Siria e in Babilonia.

Altra fibra impiegata già dai tempi dei romani è la canapa. Sempre Plinio ci informa che si tratta di "una pianta eccezionalmente utile per la fabbricazione di corde".

Lungo le coste del Mediterraneo occidentale si ricorreva, in epoca successiva a quella egizia, a piante erbacee come lo *sparto*, una pianta appartenente alla famiglia delle graminacee oppure ad arbusti della famiglia delle ginestre o alle piante di lino.

Una volta raccolta la pianta si procedeva a ricavarne la fibra secondo lunghi procedimenti.



Rilievo di un dipinto rinvenuto in una tomba egizia raffigurante un processo di fabbricazione di una fune

Nella produzione dei cavi la prima operazione era quella di procurarsi la materia prima, sostanzialmente le fibre che unite insieme sono in grado di fornire le lunghezze di cavo utili agli scopi a cui erano destinati.

Le fonti scritte, soprattutto romane, ci informano che le specie vegetali impiegate, tutte caratterizzate dalla ricchezza di fibre, variavano in funzione dell'area di produzione dei



Cespuglio di sparto (Stipa tenacissima)

Così la canapa era prima essiccata in fasci al sole che venivano poi immersi in acqua e nuovamente essiccati sotto l'azione del sole e del vento.

In effetti è numerosa la lista dei prodotti vegetali ricchi di fibre, dalle foglie delle piante lacustri o di particolari palme, come quelle dei datteri, alla corteccia di molti alberi quali il tiglio e il salice.

Di pari passo alla crescita delle navi e allo sviluppo delle macchine di sollevamento si formarono in tutta Europa, già a partire dal Medioevo, centri di produzione di cavi le cui attività erano sotto il controllo dei relativi governi.

A Venezia, ad esempio, il governo possedeva le fabbriche che producevano corde e non consentiva alle imprese private di fare altrettanto.

Dalla fine del XVII secolo le maggiori potenze marinare dell'epoca diedero un forte impulso alla produzione di cavi la cui richiesta aumentava sempre più sotto la spinta di un maggior numero di navi e delle maggiori dimensioni degli scafi. Per dare un'idea basti pensare che un veliero di inizio '800 armato a nave (a 3 alberi), da circa 1300 t di dislocamento, era fornito di ben 31 km di cavi di varie dimensioni. La HMS *Victory*, una nave di prima classe della Royal Navy della II metà del '700, ne richiedeva ben 50.

Tali centri di produzione e immagazzinamento, le **corderie**, avevano il compito di fornire il cordame delle navi, quel complesso di cavi e minutenze utili all'allestimento (manovre correnti e dormienti, dotazione paranchi, segnalamento, ...), armamento (cavi di rispetto e manutenzione, ...) e manovra (cavi di ormeggio, tonneggio, ...) di una nave.

Le lavorazioni venivano svolte su lunghe strutture metalliche, simili a binari rialzati da terra, sulle quali si svolgevano le singole fasi di confezionamento del cavo con l'impegno di numerosi artigiani. Ad una estremità era posta la macchina di torsione e dall'altra l'elemento di trattenimento. Uno dei due attrezzi era necessariamente mobile poiché la torsione accorcia gli elementi in lavorazione.

Il corredo di tali impianti comprendeva molti altri elementi che andavano spostati lungo le passarelle (in ingl. *ropewalk*) costringendo i cordai a continue passeggiate (*walk*) lungo l'intera struttura.

Le passerelle sorgevano spesso all'aperto o coperte da semplici tettoie, soprattutto quando si maneggiava la canapa le cui polveri possono, in particolari condizioni ambientali (con aria calda e secca), prendere fuoco per sfregamento e bruciare con violenza.

Altre corderie si trovavano in lunghi capannoni come la Corderie Royale della Marina francese, una delle prime, fatta erigere dal ministro della Marina Jean-Baptiste Colbert (1619 – 1683) durante il regno di Luigi XIV.

La fabbrica, situata a Rochefort in un edificio lungo più di 374 metri, produceva il cordame della Marina francese. L'edificio doveva essere così lungo per poter realizzare cavi fino a 200 metri di lunghezza ed ospitare i depositi della materia prima, sostanzialmente canapa e i bagni di

catramatura, un'operazione utile ad evitare che le corde marcissero in mare (il tipico colore del sartame dei velieri era infatti il nero). La corderia cessò l'attività nel 1867 ed oggi è un vasto complesso museale nel cuore dell'arsenale marittimo.

Anche la Royal Navy si dotò, nei primi anni del '700, di una propria corderia (*roping*) nell'area dei famosi cantieri navali di Chatham ad est di Londra, che con l'introduzione delle prime macchine tessili a vapore era in grado di produrre cavi lunghi anche 300 m.

Altra corderia che va richiamata è lo Stabilimento militare produzione cordami di Castellammare di Stabia, fondata da re Ferdinando IV di Borbone nel 1796, che rappresenta la fabbrica di cordami italiana di più lunga tradizione ancora in attività. Oggi essa produce diversi tipi di cavi, anche per uso civile, nonché attrezzature marinare, oltre a collaudare e certificare ogni tipologia di materiale in fibra per impiego navale, fornendo ogni anno oltre 400 km di cavi alla Marina militare italiana destinati, tra l'altro, alle navi scuola *Amerigo Vespucci* e *Palinuro*.

Tutta la tecnologia delle fibre e quindi anche quella dei cavi, fece un primo importante passo avanti con l'avvento delle macchine a vapore. Nella metà del XVIII secolo con la rivoluzione industriale si avviò in Gran Bretagna la meccanizzazione nei processi di tessitura ed anche i cavi ne beneficiarono, ma sarà con il finire



Il lungo fabbricato della Corderie Royale a Rochefort in Francia



La nave scuola Amerigo Vespucci della MM italiana

del secolo (1790-1800) ad assistere alla comparsa delle prime macchine a vapore per filatura.

Ulteriori progressi si ebbero a cavallo del 1800 quando furono ideati nuovi meccanismi per una torcitura più efficace, con produzione di cavi più resistenti, avvolti in bobine durante la loro formatura.

L'invenzione delle macchine a vapore e, in seguito, delle apparecchiature elettriche (1880-1900), ha dato l'opportunità di produrre cavi più efficienti ed uniformi nelle caratteristiche tecniche e a costi tali da divenire prodotti di massa.

Altro avanzamento tecnologico si ebbe con l'introduzione, durante la Seconda Guerra Mondiale, della prima fibra sintetica, già inventata alla fine degli anni '30, il nylon con cui furono realizzati i cavi per i paracadute e per il traino di alianti. Nei primi anni '50 iniziarono ad essere prodotti regolarmente cavi piani di nylon.

Dalla fine degli anni '50 del secolo scorso ad oggi vi sono state importanti innovazioni comprendenti nuovi modi di confezionamento dei cavi nonché perfezionamento e ideazione di numerose fibre sintetiche, tra cui quelle ad alta resistenza (hi-tech), che hanno esteso l'uso dei cavi a nuovi settori, da quello spaziale ai recuperi in mare, agli ancoraggi ad alte profondità.

Alcuni termini

Nella lingua italiana comune, i termini cavo, corda e fune sono intercambiabili, assumendo nei linguaggi tecnici un significato più restrittivo. Così nel linguaggio marinaro **cavo** è il termine generico di tutti i prodotti costituiti da fili variamente uniti tra loro, tessili (naturali o sintetici) o metallici (ferro, acciaio, ecc.), ad esclusione delle *minutenze*, mentre **corda** è il penzolo del batocchio della campana di bordo. Esiste altresì il termine **cordame** indicativo del complesso dei cavi di bordo, di impiego nelle operazioni di manovra (manovre correnti, per attrezzature, segnalamento, ecc.) e di ormeggio, nonché il corredo dei cavi di rispetto. Altro termine marinaro è **cima** che viene assegnato ai cavi in tessile di piccole e medie dimensioni, ma è anche l'estremità libera di un cavo, al contrario del **dormiente** che è l'estremità fissa. Prendendo come riferimento il "Vocabolario marino e militare" di A. Guglielmotti del 1889, che riporta la seguente definizione: "cima: Corda manesca e volante al servizio", si può definire cima un cavo in tessile di non grandi dimensioni, solo così può essere maneggevole.

I cavi poi assumono svariati nomi in relazione all'uso e alle dimensioni.

In inglese i cavi in tessile sono indicati con il termine **rope**, mentre per i cavi metallici è in uso l'espressione **wire rope**, dove *wire* è filo, corrispondente a cavi di diametro superiore a 10 mm (per l'esattezza 3/8"); cavi più piccoli sono detti **wire cable**. Spesso i cavi metallici sono detti semplicemente wire. Un cavo è indicato anche con il termine **line** (in effetti un termine che si riferisce ai cavi di minore dimensione), spesso tradotto in italiano come linea in luogo di cima (mooring line - cima di ormeggio).

Si fa infine notare che in italiano come in inglese, filo e cavo (wire e cable) si ritrovano nella terminologia tecnica degli impianti elettrici. Filo elettrico e wire indicano il singolo conduttore isolato, mentre cavo elettrico e cable indicano l'insieme di più conduttori in un unico prodotto.

Cenni storici sui cavi metallici

I cavi metallici hanno una storia più recente rispetto a quelli vegetali, di quasi 200 anni durante i quali si è accumulata una consistente esperienza. Negli anni '30 dell'800 in una miniera di argento in Germania si sperimentarono con successo i primi cavi in ferro in sostituzione dei cavi vegetali nelle attività di movimentazione. L'invenzione, dovuta a un funzionario delle miniere, consisteva nel realizzare, in pratica a mano, fili di ferro, tutti della stessa dimensione, ottenuti previa battitura di barre e successivo passaggio nei fori di una matrice di trafilatura.

Quattro fili erano attorcigliati a mano l'uno attorno all'altro per formare un trefolo. Tre trefoli identici venivano attorcigliati tra loro realizzando così una fune di 18mm.

Queste funi fatte a mano non erano molto flessibili perché i fili erano relativamente grandi e rigidi, ma risultavano più efficienti rispetto alle catene o alle corde di canapa impiegate in grossi paranchi, tamburi e bozzelli. Le catene tendevano a spezzarsi improvvisamente per un fenomeno



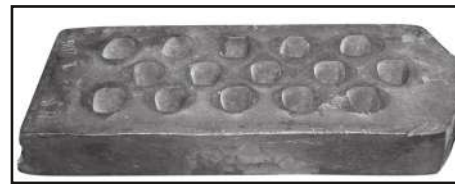
Il Ponte di Brooklyn a New York con i suoi cavi metallici in un disegno dell'epoca (1870)

noto agli ingegneri come *fatica* (progressivo degrado di un materiale sottoposto a carichi variabili nel tempo), mentre la corda di canapa marciva nell'umidità dei profondi pozzi minerari.

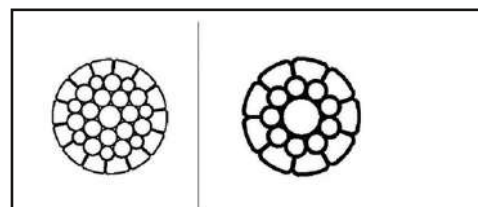
Nel corso dei tre decenni successivi furono costruiti e testati numerosi tipi di cavi, da quelli con anima in vegetale a quelli realizzati con fili in ferro di due diametri diversi. Intanto la metallurgia migliorava la produzione dell'acciaio abbassandone i costi. I cavi in ferro vennero zincati per migliorarne le prestazioni all'aperto e ben presto furono prodotti cavi con fili di acciaio.

Tutto questo, in contemporanea allo sviluppo delle macchine utensili, diede l'opportunità ai cavi metallici di entrare nei sistemi di trasporto tramviari (1850), sulle navi (timoneria e argani) e nel settore delle costruzioni, in particolare in quello dei ponti (1845). Con la comparsa dell'acciaio inossidabile all'inizio del '900 l'industria dei cavi fece un ulteriore passo in avanti, anche se l'impiego di cavi in acciaio inossidabile nello yachting si ebbe solo nel 1960 con il famoso cavo spiroidale Dyform a 19 fili. In quel decennio l'industria metallurgica statunitense sviluppò alcune leghe di acciaio inossidabile, particolarmente resistenti alla corrosione, note come Nitronic, con cui si realizzano ancora oggi tondini per manovre fisse di yacht. In realtà l'idea di cavi monofilo non era nuova: venne applicata nella costruzione dei biplani nel corso della Grande Guerra.

Con l'attuale progresso tecnologico è molto probabile che i cavi in fibra hi-tech sostituiranno, come del resto già sta in parte avvenendo, le funi metalliche in molti ambiti, per la loro leggerezza, resistenza a fatica, assenza di corrosione. In altre applicazioni i cavi metallici sono insostituibili per una maggiore affidabilità, minori costi, per un elevato modulo di elasticità, una maggiore resistenza all'abrasione, urti e alle radiazioni ultraviolette.



Matrice di trafilatura impiegata per i fili dei primi cavi metallici



Due tipologie di cavi Dyform con la particolare forma dei fili periferici

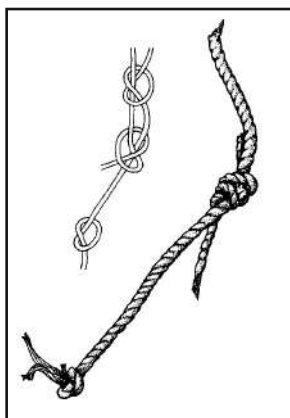
Note storiche sui nodi

Anche l'esecuzione dei nodi ha una storia antichissima, certamente antecedente alla tecnologia delle fibre. L'invenzione dei primi nodi dovrebbe essere avvenuta quando l'uomo si trovò tra le mani qualunque elemento flessibile e resistente. Ancor prima di avere imparato ad usare la pietra per farne utensili già conosceva e usava i materiali organici come legno, rami, foglie, erba.

Con la produzione dei cavi il marinaio imparò a intrecciare uno o più tratti di questi in vario modo a seconda delle necessità. Nel 2017, nel corso di uno scavo nel sito archeologico di Borremose nel nord della Danimarca, è stato rinvenuto uno dei più antichi nodi marinari, risalente a circa 5000 anni fa. Il nodo, trovato assicurato ad un amo da pesca in legno, è una ulteriore dimostrazione che l'uomo già in tempi remoti impiegava tecnologie di buon livello.

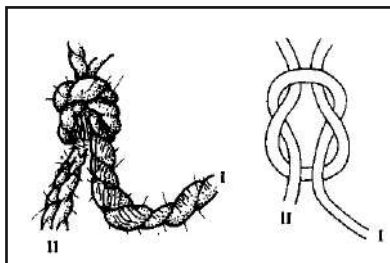
Sicuramente imparò ben presto a realizzare nodi diversi, non uno solo, perché si sa che non esiste un unico nodo applicabile in qualsiasi circostanza. Alcuni nodi sono efficaci con cavi asciutti ed altri anche con cavi bagnati; vi sono nodi che tengono sia sotto tensione che non, altri che si possono disfare più facilmente, ecc. I nodi si ritrovano in tutte le culture, dall'Europa, alle Americhe, all'Asia, non solo come mezzo di unione per il confezionamento di cesti e reti, tra i primi prodotti dall'uomo, ma anche per il loro contenuto estetico, simbolico, magico e religioso. È per tale motivo che da circa trentacinque anni gli archeologi hanno allargato i loro studi a tali elementi, ritrovandoli in diversi siti in forma di frammenti a causa dell'intrinseco deperimento del materiale organico, a differenza del vasellame e degli oggetti in pietra giunti integri fino a noi. Benché non sia sempre comprensibile l'effettivo uso di un nodo si è avuta l'occasione di riconoscere il nodo semplice come il più diffuso, una scoperta tutto sommato prevedibile, visto che rappresenta la base di altri nodi più complessi come il nodo piano, anche questo di maggiore frequenza tra i reperti. Altro nodo spesso incontrato negli scafi è il nodo parlato.

Tra i documenti pervenuti dal passato che trattano di nodi vi è l'opera enciclopedica, giunta a noi solo in parte, (*Collections Medicae*) di un medico greco vissuto nel III secolo in cui vengono descritti alcuni nodi chirurgici che troveranno una rappresentazione grafica solo nel Rinascimento.

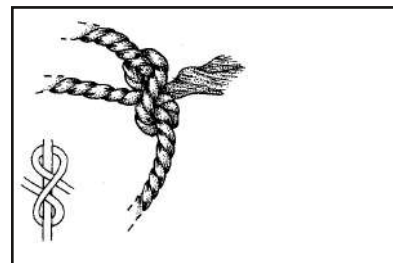


**Nodo semplice e 2
mezzi nodi piani**

**Frammenti di cime con nodi recuperati nel sito archeologico di Berenice sul
Mar Rosso (IV - VI sec. a.C.) A.Veldmijer - 2001**



**Nodo piano o di
terzarolo**



Nodo parlato

Uno dei tratti distintivi di un'attività artigiana è la sperimentazione che permette di unire la tradizione all'innovazione. L'aspetto affascinante dei nodi marinari è che rappresentano una vera e propria fusione tra necessità pratica e creatività artigianale. I marinai, nel tentativo di migliorare le tecniche di ormeggio, ancoraggio e gestione delle vele, non solo si affidavano a nodi tradizionali tramandati nei secoli, ma si dedicavano anche a sperimentarne di nuovi. Questa evoluzione era spesso frutto di osservazione e pratica durante i lunghi e impegnativi viaggi oceanici, dove il cordame oltre ad essere uno strumento di lavoro, dava l'opportunità di esercitare la propria abilità e creatività.

Molti marinai come forma di passatempo confezionavano elaborati nodi, per abbellire l'interno delle navi o per ricavarne un utile economico vendendo le loro realizzazioni nei porti. I nodi decorativi, come il pugno di scimmia o la rosetta, erano ampiamente utilizzati come simbolo di maestria.

Le tecniche dei nodi erano tradizionalmente tramandate in modo orale e pratico tra i marinai direttamente a bordo delle navi. La formalizzazione di queste tecniche in manuali e trattati è un fenomeno relativamente recente rispetto alla storia della navigazione. Le prime raccolte scritte e illustrate erano spesso destinate agli ufficiali e ai comandanti, mentre i marinai apprendevano tramite l'osservazione e la pratica.

Le prime raccolte documentate di nodi marinari risalgono all'inizio del '600; tra queste il testo "The Seaman's Grammar" di John Smith, un esploratore e capitano inglese. Questo scritto, pubblicato nel 1627, conteneva informazioni sulle tecniche di navigazione e sulle operazioni navali, oltre ad alcuni riferimenti ai nodi utilizzati in mare. Sebbene non sia una raccolta esauriente, rappresenta uno dei primi documenti che menzionano i nodi nel contesto marittimo.

Un'altra importante raccolta è il libro "A Treatise on Rigging", pubblicato nel 1794 da David Steel, un autore britannico specializzato in argomenti marittimi. Questo trattato è una delle prime opere che include illustrazioni e descrizioni dettagliate sui nodi utilizzati nell'attrezzatura navale, come i nodi per l'ancoraggio, ormeggio e gestione delle vele.

Dovranno passare circa 150 anni per poter disporre di una raccolta completa di nodi. Al testo "The Encyclopedia of Knots and Fancy Ropework" di Raoul Graumont e John Hensel, pubblicato nel 1939, seguirà qualche anno dopo, nel 1944, il più noto "The Ashley Book of Knots" di Clifford W. Ashley (1881 - 1947) contenente oltre 3.800 nodi documentati e illustrati, molti dei quali provengono dalla tradizione marinara. Questo libro è considerato il punto di riferimento moderno per i nodi includendone molti che risalgono a secoli prima, provenienti dalla tradizione orale dei marinai.

In italiano dobbiamo annoverare i testi di Arte Navale di Imperato e Baistrocchi in cui sono riportati i disegni di circa settanta nodi con scarso riferimento al loro impiego.

Si fa infine notare che conseguenza diretta dei nuovi materiali e delle diverse realizzazioni strutturali dei cavi, anche il settore dei nodi ha subito non poche modifiche nel corso degli ultimi 60 anni.



Come per molti altri elementi facenti parte dell'attrezzatura anche i cavi devono rispondere a precise norme tecniche che ne fissano i requisiti di produzione, impiego e sicurezza.

Le norme tecniche italiane e la manualistica, inclusi cataloghi di settore, impiegano spesso il termine “corda” per qualunque prodotto tessile avente diametro non minore di 4 mm, con o senza anima, ottenuto per commettitura o trecciatura. Nell’ambito marinaresco (mercantile e militare) viene invece impiegato il termine “cavo” indipendentemente dal tipo di materiale usato o del processo di fabbricazione adottato. La prima grande suddivisione è tra Cavi tessili e Cavi metallici.

CAVI TESSILI

La vasta gamma dei cavi tessili include i cavi in fibra vegetale e quelli in fibra sintetica.

I cavi in fibra vegetale, come la canapa, la sisal o la manila, trovano ancora impiego soprattutto per la loro caratteristica decorativa o su barche d'epoca. Si tratta di cavi realizzati con la classica commettitura di legnoli (commercialmente indicati come *cavi commessi*) caratterizzata, come si è già detto introducendo i cavi tradizionali, in successive torsioni degli elementi: filacce, trefoli, legnoli, ottenendo il **cavo piano** (*laid rope*) che può essere a 3 o 4 legnoli. La famiglia dei cavi ritorti include anche i **cavi torticci**, oggi in pratica scomparsi, in cui i legnoli sono essi stessi dei veri e propri cavi, in genere a tre legnoli, detti *cordoni*. A seconda delle dimensioni si dividevano in *gherlini*, *mezze gomene* e *gomene*.

Anche dalle fibre sintetiche si realizzano cavi piani a 3, 4 e 6 legnoli, realizzati secondo tre diverse torsioni: debole, media e forte riconoscibili dal passo del cavo: il passo di cordatura diminuisce al crescere del livello di torsione. All’**aumentare della torsione**:

- **Migliora la resistenza all'abrasione**, poiché una superficie esterna più compatta protegge meglio le fibre dagli sfregamenti e dalle sostanze abrasive.

- **Diminuisce la resistenza a trazione**, in quanto le fibre, essendo meno allineate con l'asse del carico, sono soggette a sollecitazioni di trazione meno efficienti.

- **Aumenta l'allungamento**, dato che i legnoli, avendo una torsione più intensa, possono “stirarsi” e raddrizzarsi in misura maggiore prima che le fibre lavorino a pieno regime.

- **Cresce la maneggevolezza**, grazie a una maggiore compattezza che si traduce in una minore propensione della cima ad aprirsi. Il valore di torsione medio è quello più diffuso.

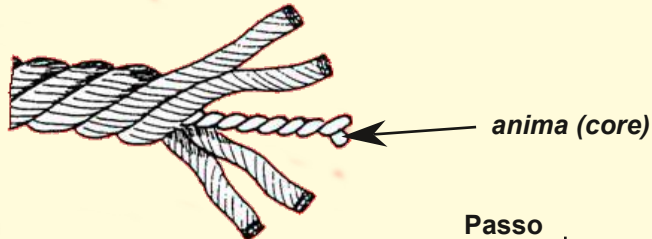
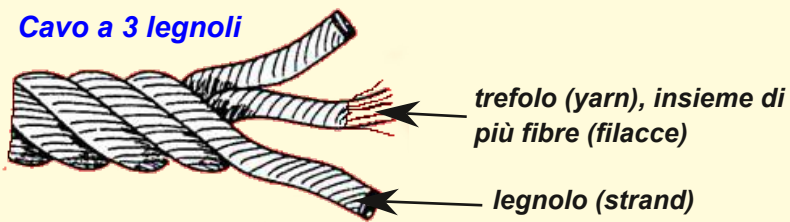
Un particolare cavo piano con fibre sintetiche è quello costruito con una tecnica assai diffusa, detta a **gherlino**, in cui i trefoli sono realizzati mediante la torcitura Z ed S di più gruppi di filacce con una maggiore compattezza del cavo che si presenta meno liscio, ma con maggiore resistenza all'usura e minore disponibilità a impigliarsi.

I cavi piani sono ancora oggi largamente impiegati per la loro versatilità, per la semplicità nella realizzazione delle impiombature e per il loro basso costo. Tra gli aspetti negativi si ricorda che sono soggetti a torcersi sotto carico formando *cocche*.

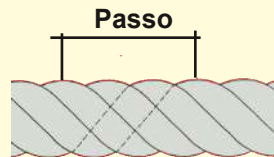
Cavi tessili ritorti o commessi (twisted ropes)

Cavo piano (plain-laid rope)

Cavo a 3 legnoli

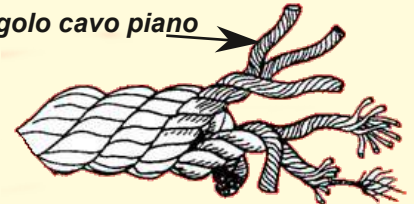


Cavo a 4 legnoli con anima



Cavo torticcio (cable-laid rope)

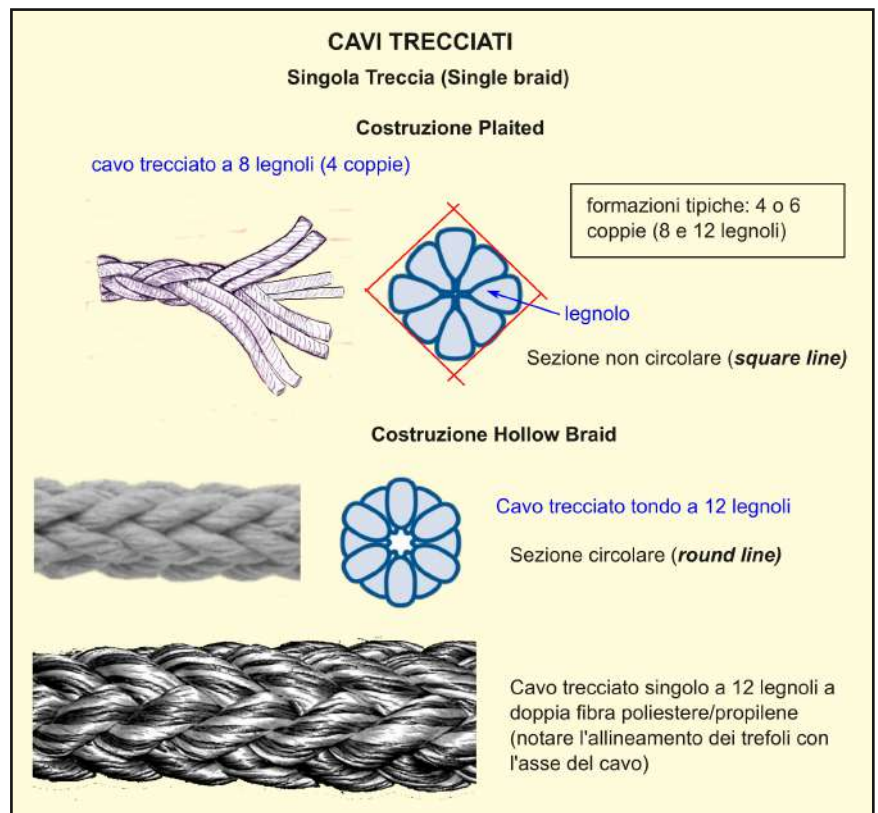
cordone: singolo cavo piano



Passo di una cima: Distanza fra punti omologhi di due spire successive di un medesimo legnolo, misurata parallelamente all'asse del cavo.

Cavi trecciati

L'intrecciatura, pur essendo una tecnica molto antica, non era tanto diffusa per il confezionamento dei cavi ordinari come quella ottenuta per torcitura, tipica dei cavi piani. Con l'introduzione delle fibre sintetiche tale tecnica ha avuto un forte slancio tanto che oggi i cavi trecciati costituiscono una vasta famiglia che, nella terminologia inglese, si suddivide genericamente in **single-braid** e **double-braid** che in italiano vengono racchiusi nelle due famiglie di **cavi a treccia singola** e **cavi a treccia doppia**. Purtroppo il settore produttivo impiega diversi altri termini inglesi che non sempre trovano un equivalente italiano, generando ulteriore confusione in un settore dove ogni costruttore produce cavi che, per struttura, materiale e trattamenti, possono non trovare un equivalente presso altri produttori.



Cavi a treccia singola (*single braid*)

1) Trecciato a 8 legnoli: appartenente ai cavi trecciati (o intrecciati), con confezionamento *plaited*, che in italiano potrebbero essere denominati cavi a semplice treccia. L'esempio si riferisce a un cavo a 8 legnoli, suddivisi in 4 coppie in cui i legnoli di ogni coppia subiscono prima una torsione contrapposta, una ad S e l'altra a Z (*torsione bilanciata*), quindi intrecciati, sempre a coppia, due a Z e due a S in uno schema 2 sopra / 2 sotto (il movimento dei legnoli nella macchina non è simmetrico circolare, ma alternato frontalmente, ricordando il funzionamento di un telaio di tessitura). Ciascuna coppia nell'intreccio passa per il centro del cavo chiudendo il foro centrale e formando un cavo che ha una forma geometrica vagamente quadrata tanto da essere indicata come **square line**. Sebbene meno diffusi, si realizzano anche cavi di tale tipo a 12 legnoli (6 coppie). I cavi trecciati a 8 legnoli, come per i cavi piani, trovano applicazioni generiche e sono maggiormente impiegati nelle taglie inferiori.

La particolare realizzazione rende la cima flessibile e resistente alle pieghe con una distribuzione più uniforme del carico su tutta la cima. Essendo morbide e flessibili sono più facili da maneggiare e dare volta con una buona resistenza alla torsione grazie alla struttura bilanciata del processo di intreccio che riduce notevolmente il rischio di cocche che indebolirebbero il cavo. Di contro sono più facili ad impigliarsi in eventuali sporgenze poste lungo il percorso su cui si trovano.

Sono impiegati quando si richiede elevata flessibilità, maneggevolezza e resistenza alla torsione.

Si usano maggiormente per ormeggio e ancoraggio, in cui la maggiore flessibilità rispetto a un cavo piano ritorna utile quando occorre riporli in spazi ridotti.

2) Cavo trecciato a 12 legnoli: indicato nella terminologia inglese come **Hollow braid** (combinazione di *hollow* - foro e *braid* - treccia). I legnoli nell'intreccio seguono un percorso a spirale continua attorno a un asse, dando origine a un cavo con una forma più rotonda, qualche volta detto *round line* e, altra caratteristica, danno origine a un foro centrale che diviene più evidente quando si intrecciano filati sottili, piuttosto che legnoli.

I filati, siano essi legnoli veri e propri o semplici fili, vengono prelevati da rocchetti disposti sui *fusi* (*carrier*) della macchina intrecciatrice: metà dei fusi ruotano in senso orario e l'altra metà in senso opposto, in contemporanea a un movimento alternato sopra-sotto.

Con tale costruzione, che può anche essere formata da 8 legnoli per i cavi più piccoli (tipicamente fino a 8-10 mm), si realizzano frequentemente le anime delle cime a doppia treccia tanto da essere note commercialmente come *treccie scalzate*. Si producono anche anime trecciate a 16 legnoli caratterizzate da maggiore presa e resistenza.

Quando il filato è costituito da pochi fili, un'esigenza richiesta per i cavi più piccoli o per le calze dei cavi a doppia treccia, si perde l'aspetto tipico dei legnoli per assumere quello di semplici "strisce" (in ingl. *plait*). In tal caso al legnolo si sostituisce il termine *fuso*; si realizzano così cavi trecciati a 8, 16, 24, 36 o 48 fusi in cui è più evidente il vuoto centrale per numero di fusi più alto.

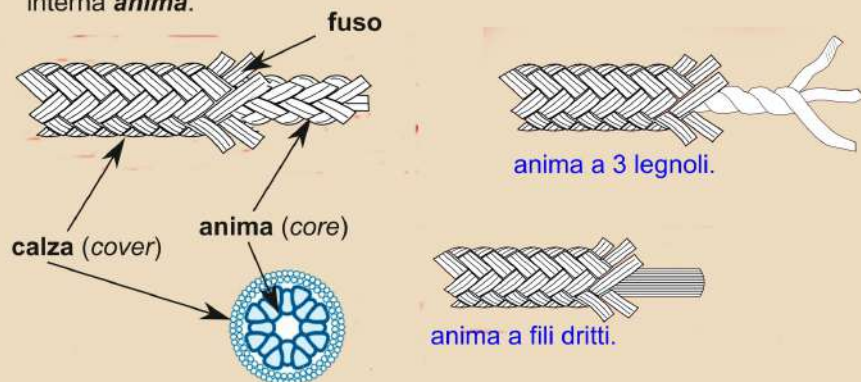
Inoltre la superficie esterna si presenta, in generale, più compatta e liscia, poco adatta a nodi complessi.

Per i cavi intrecciati a singola treccia vengono impiegate fibre a basso o alto modulo di resistenza. In generale un più alto modulo costringe alla formazione di cavi con un passo relativamente maggiore che può rendere troppo soffice il cavo, eventualmente mitigato in produzione da successivi trattamenti.

CAVI TRECCIATI

Cavi a doppia treccia (double braided rope)

Cavo costituito da due trecce, quella esterna detta **calza** e quella più interna **anima**.



La calza è tipicamente ottenuta dall'alimentazione di componenti dell'impianto detti fusi:

16 fusi - cavi di ormeggio e rimorchio
24 fusi - scotte
36 fusi - drizze.
Ogni fuso è costituito da 1, 2 (il caso più frequente) o 3 trefoli.

Nell'evoluzione si sono poi realizzati cavi in cui tra la calza esterna e l'anima è interposta un'ulteriore calza.



cavo a doppia treccia con anima

Cavi a doppia treccia

Inventata alla fine degli anni '50, la doppia treccia (**double-braid**) è costituita da una calza intrecciata (*cover* o *shear*) con all'interno un cavo, spesso intrecciato, che ne costituisce l'anima (*core*). Rispetto al cavo piano tale tipologia è caratterizzata da una sezione circolare che permette al cavo di scorrere più agevolmente nelle pulegge con una migliore distribuzione del carico, usura uniforme e migliore presa.

Di contro le impiombature sono più impegnative e in qualche caso sono irrealizzabili.

Nelle costruzioni con fibre tradizionali, poliestere, olefina e nylon, calza ed anima si suddividono una uguale percentuale del carico totale con l'ulteriore vantaggio che la calza serve a proteggere l'anima dall'abrasione o

dalla degradazione ultravioletta, a migliorare l'aderenza (*grip*) sulle campane e *self-tailing* dei verricelli o negli *stopper* e a fornire protezione dal calore generato per attrito.

Nei cavi a doppia treccia con anima in fibre hi-tech, richieste in applicazioni con resistenza maggiore e minor peso, in genere la calza è in fibre tradizionali, tipicamente poliestere, eventualmente trattate, il cui compito rimane quello di protezione dell'anima con un contributo minimo al carico complessivo.

Mentre l'anima è spesso realizzata in cavo a singola treccia da 12 o 16 legnoli la calza è formata da 18, 24 o 32 fusi.

Nel riquadro sono riportati alcuni esempi di cavi a doppia treccia: • un cavo con anima commessa a 3 legnoli per aumentare morbidezza e flessibilità del cavo; • anima a fili paralleli (anima unidirezionale) di fibre tecniche ad alto modulo, per diminuire ulteriormente l'allungamento (adatte per applicazioni statiche); • un cavo con doppia calza al fine di aumentare l'attrito tra gli strati limitando gli scorrimenti reciproci.

Poichè attualmente i cavi a doppia treccia sono i più diffusi, si ritiene opportuno riportare qualche notizia sul fenomeno dell'allungamento di una tale tipologia costruttiva, rimandando ad altra parte del presente manuale ulteriori e più approfondite informazioni su tale aspetto fisico.

Nelle cime a doppia treccia (dette anche *cime calzate*) con fibre standard, l'anima e la calza sono costruite separatamente e spesso hanno diverse proprietà di allungamento a causa soprattutto dei loro metodi di costruzione: tipicamente la calza è più compatta (con l'aumentare dei fusi) con un allungamento inferiore a quello dell'anima. Questa differenza di allungamento tra le due parti può incidere sulle prestazioni della cima, una differenza che si può avere anche quando le due parti sono formate con fibre di diverso materiale.

Inizialmente, quando la cima viene caricata, sia l'anima che la calza si allungano insieme ma quando l'anima ha raggiunto il suo limite di allungamento elastico è costretta a sopportare la maggior parte del carico. Pertanto sotto carichi pesanti (vale a dire decisamente superiori al carico di lavoro previsto) o dopo ripetuti cicli di tensione, la calza può allentarsi, scivolare sull'anima o addirittura spaccarsi.

In tal caso la calza tende ad "ammucchiarsi" divenendo grumosa, meno consistente e flessibile, più difficile da gestire e controllare, inefficace a proteggere l'anima da esposizione a danni esterni con una prematura usura che riduce la durata complessiva della cima e la sua capacità di carico.

Per ottenere caratteristiche di allungamento più simili i produttori, alla scelta dei materiali e delle caratteristiche delle intrecciature, sottopongono i cavi con fibre poliestere a un trattamento di prestiratura per ridurre al minimo le differenze di allungamento tra anima e rivestimento, garantendo prestazioni più uniformi.

Nei cavi in fibre tecniche, come i cavi HMPE (descritti più avanti), l'anima è realizzata con un materiale a cui

è affidata la resistenza al carico, mentre la calza, in genere realizzata in poliestere, ha la sola funzione protettiva, fornendo resistenza all'abrasione, all'esposizione ai raggi UV o all'acqua di mare.

In applicazioni specifiche il poliestere è sostituito dal kevlar per resistere ad alte temperature; dal Vectran per incrementare la resistenza all'abrasione; dal Cordura, una particolare lavorazione delle fibre di nylon, per accrescere l'aderenza.

Anche per i cavi HMPE è impiegabile il processo di prestiratura per annullare il già contenuto allungamento iniziale.

Per i cavi a doppia treccia è importante effettuare regolari ispezioni delle cime individuando in tempo segni di slittamento del rivestimento che possono aiutare ad attenuare gli effetti dei diversi tassi di allungamento.

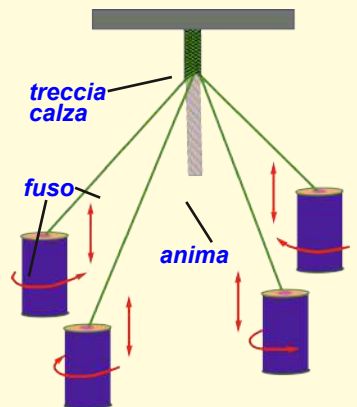
Definizioni commerciali e da norme tecniche sui Cavi in fibra sintetica

Si riportano alcune definizioni di termini che compaiono in documenti commerciali o di normative tecniche quali le UNI e ISO EN.

Filo: Elemento tessile di grande lunghezza che può assumere diverse definizioni: *filato* (prodotto generico del processo di filatura); *filo continuo*; *filo continuo multibava* (sinteticamente un filato costituito da multifili); *filo ritorto* (ottenuto per torsione nella filatura); *monofilo*, quando il filato è composto da singoli fili; *lamella fibrillata* detta anche *film fibrillato* o *rafia*, un insieme di filamenti (*fibrille*) ottenuto tagliando longitudinalmente i film plastici.

Trefolo: Prodotto tessile ottenuto dalla unione di più fili ritorti tra di loro e destinato alla successiva operazione di commettitura o di trecciatura.

Fuso: termine (equivalente di legnolo), in ingl. *carrier*, con cui commercialmente si identifica ciascun gruppo di fili facenti parte di un singolo elemento di treccia. Ogni fuso può essere costituito da un singolo trefolo, da uno doppio o da uno triplo. In genere per la formazione di una treccia si impiegano 16, 24, 32 fusi.



Schema macchina di trecciatura (hollow braid)

Anima: Prodotto tessile sistemato lungo l'asse del cavo.

Cavo: Termine con cui si individuano sia i cavi tessili (ad esclusione dei prodotti con diametri da 4 mm e meno) ottenuti per commettitura o trecciatura di legnoli, con o senza anima, sia i cavi in acciaio (funi).

Cavo impregnato: Cavo trattato con prodotti che conferiscono al cavo caratteristiche speciali.

Cavo trattato: Cavo ricoperto, in tutta la sua lunghezza, con un prodotto destinato a migliorare le sue prestazioni o a fornire maggiore resistenza all'abrasione.

Cavo misto: Cavo, con o senza anima, costituito da più legnoli, ciascuno dei quali è formato da una combinazione di fili in fibre sintetiche di diversa natura.

Cavo piano: Cavo di tre o più legnoli commessi tra loro.

Cavo trecciato: ad 8/12 legnoli trecciati generalmente a coppia, usato principalmente per impieghi navali.

Ralinga: Cavo commesso a tre legnoli, a torsione debole, con passo più lungo dei cavi ordinari.

Sagola o treccia: Prodotto tessile di piccolo diametro ottenuto per trecciatura.

Merlino: Prodotto tessile a torsione debole, di piccolo diametro, costituito da tre fili commessi tra loro.

Forzina: Cordicella commessa con torsione piuttosto forte e composta da tre legnoli commessi tra loro; ciascun legnolo è composto da 2 fili.

Spago: Prodotto tessile con superficie esterna praticamente liscia, ottenuto per torsione di due o più fili ritorti.

Comando per Macchina: Prodotto tessile costituito da più fili riuniti insieme a guisa di un legnolo, destinato alla fabbricazione di paglietti, fasciature di tubi, ecc..

UNI 8100 "Corde e articoli di corderia – Terminologia"
UNI EN ISO 1968 "Corde in fibra e cordami – Vocabolario".

CAVI MINORI

Il termine **minutenza** identifica un qualunque piccolo cavo usato principalmente per legature, fasciature e cuciture o per applicazioni in cui è richiesto un minimo sforzo. Nell'antica marineria, quella dei cavi vegetali commessi, tale gruppo comprendeva un insieme di elementi ritorti, tipicamente catramati, spesso realizzati a bordo con filacce di vecchi cavi. Il più grande di tali minutenze era la *sagola* a cui seguiva il *merlino*, entrambi veri e propri cavi piani. Venivano poi realizzate minutenze di due o più filacce, note, in ordine decrescente di dimensioni, come *commando*, *lezzino* e *spago*.

Oggi, con il progresso delle tecniche di cordatura e la riduzione delle dimensioni dei cavi, la maggior parte dei termini è scomparsa. Rimangono le denominazioni di *sagola*, qualche volta il *merlino* e lo *spago*, più spesso denominato *filo* a cui si aggiunge il termine *forzina* del paragrafo precedente.

Nella terminologia inglese al termine *rope*, applicato ai cavi maggiori, si contrappone il termine *line* indicativo generico dei cavi minori. Non vi è una corrispondenza diretta e univoca tra i termini delle due marinierie.

Così se in italiano al termine *sagola* (che potrebbe essere tradotto con *line*) si associa l'applicazione, ad esempio *sagola di bandiera*, in inglese vi è l'espressione specifica *signal halyard* in cui *halyard* è drizza (altre espressioni: *sagola del solcometro* – *log line*; *sagola da lancio* – *throw line*). Il *merlino* ha una corrispondenza inglese con *marline*, mentre *lezzino* con *houseline*, un termine che include anche l'italiano *comando*. Anche per il termine generico di *minutenza*, derivato dal napoletano *minutame*, non vi è una precisa corrispondenza. Al limite può associarsi il generico *spun yarn*, combinazione di filato e trefolo, rappresentativo della struttura delle cime più piccole. In comune, ma non troppo, è *spago - twine*, da cui le espressioni *spago per impalmature* – *whipping twine*.

In ogni caso le originarie definizioni dei vari cavi minori non sono rispettate dai produttori, soprattutto per l'inevitabile evoluzione della tecnologia dei cavi. Occorre quindi porre l'attenzione, non tanto alle definizioni assunte dai costruttori, quanto al tipo di impiego a cui tali minutenze sono destinate. Una regola generale che si può seguire è quella di impiegare per impalmature e cuciture particolarmente pesanti, un filo (*spago*) da 1 a 1,5 mm mentre per riparazioni di tele e impalmature più piccole è consigliato un filo più leggero da 0,6 a 0,8 mm.

Se si avvolge uno spago, in spire successive e affiancate, su una matita, il suo spessore in mm si determina dividendo 10 per il numero di spire contenute in 1 cm di matita.

Si riportano le definizioni originarie degli elementi della famiglia delle minutenze:

Sagola, cavo piano (oggi intrecciato, non forma *cocche*) flessibile, del diametro tra 6 e 10 mm, tipicamente usato per alzare le bandiere, per inviare un ormeggio (*sagola da lancio*), un tempo per lo scandaglio e il solcometro.

Merlino, il più piccolo cavo piano a tre legnoli, inferiore alla sagola (diametro tra circa 3 e 7mm, indicato con una scala da 1 a 5), il cui nome deriva da merlo, il risalto discontinuo delle muraglie, da cui anche merletto, un tempo impiegato soprattutto per le ralinghe, l'orlo (da cui il riferimento al merlo delle mura) cucito tutt'intorno alle vele, per il guarnimento delle tende o per legature di grossi cavi.

Commando o *comando*, ottenuto soprattutto con filacce di vecchi cavi e impiegato per legature volanti, stropi, fasciature, baderne, paglietti. Si tratta di un legnolo a tre fili del diametro compreso tra 2 e 7 mm.

Lezzino o *lusino*, *minutenza* un tempo composta da un legnolo di due o tre filacce di buona qualità (diametro 0,5 mm), commesse separatamente e poi avvolte insieme con commettitura sinistra o inversa (oggi in fibra sintetica intrecciata), impiegata per legature, impalmature e lavori ornamentali.

Spago, la più piccola delle minutenze, realizzata commettendo pochi fili tessili (in origine di canapa della migliore qualità, di 1° taglio), usata per cucire le vele e per piccole legature. Lo spago più adatto per cuciture è oggi una treccia, in genere di tre fili, in poliestere cerato (la cera facilita il passaggio dell'ago e del filo). mentre lo spago in nylon è poco adatto per le cuciture essendo troppo elastico.

FIBRE NATURALI

Canapa, fibra, il cui impiego risale a tempi lontanissimi, ottenuta dalla lavorazione di piante note scientificamente come *cannabis*, un gruppo di piante che comprende due sottospecie differenti, una con alta concentrazione di sostanze psicoattive, indicata proprio come *cannabis* e una in pratica priva di tali sostanze, detta canapa, di impiego industriale per cordami, edilizia, tessuti, carta. Prima dell'introduzione massiccia del nylon vi era un discreto mercato mondiale di canapa in cui l'Italia occupava una posizione di rilievo tra i produttori, tanto che negli anni '50 era al secondo posto dietro l'Unione Sovietica. (uso massiccio nel periodo 1500-1850)

Manila, utilizzata da secoli dalle popolazioni delle Filippine, venne introdotta in Europa dagli spagnoli intorno al 1850, è una fibra ricavata dalle foglie di una pianta, l'*acaba* o *acabà*, originaria delle Filippine. Conosciuta pure come canapa di Manila, deve il suo nome alla capitale di quello Stato del Sud est asiatico dal cui porto la fibra veniva imbarcata. Meno resistente alla trazione rispetto alla canapa, ma più resistente all'acqua di mare. Attualmente è in declino principalmente per problemi ambientali: deforestazione, tifoni frequenti, siccità e malattia delle piante. (1850-1950)

Sisal, ricavata da una pianta grassa, l'*agave sisalana*, nativa del Messico, fu scoperta dagli spagnoli nel corso della loro invasione all'inizio del XVI secolo, ma il massimo interesse commerciale si ebbe nella seconda metà dell'800 sollecitato da una forte richiesta di cordame a basso costo rispetto alla canapa, anche in virtù della sua discreta resistenza a trazione e all'abrasione e ottima capacità di resistere alle intemperie. Il nome deriva dall'omonima città sulla penisola dello Yucatan dal cui porto veniva esportata in Europa. Ben presto anche altre nazioni della fascia tropicale sono divenute produttrici di agave ed oggi il Brasile è il più importante esportatore. Oltre ai cordami la fibra trova impiego nell'edilizia e nell'arredo in virtù della sua ecosostenibilità. Raramente presente nella nautica. (1860-1960).

Altre fibre naturali erano la *juta*, dal peso circa la metà della canapa, ma di minore durata; il *cocco*, impiegato per parabordi e baglietti, ma anche per ormeggi per la sua elasticità; il *cotone*, meno resistente della canapa, ma morbido e gradevole alla vista; il *lino*, in virtù della sua resistenza all'ambiente marino e della ridotta

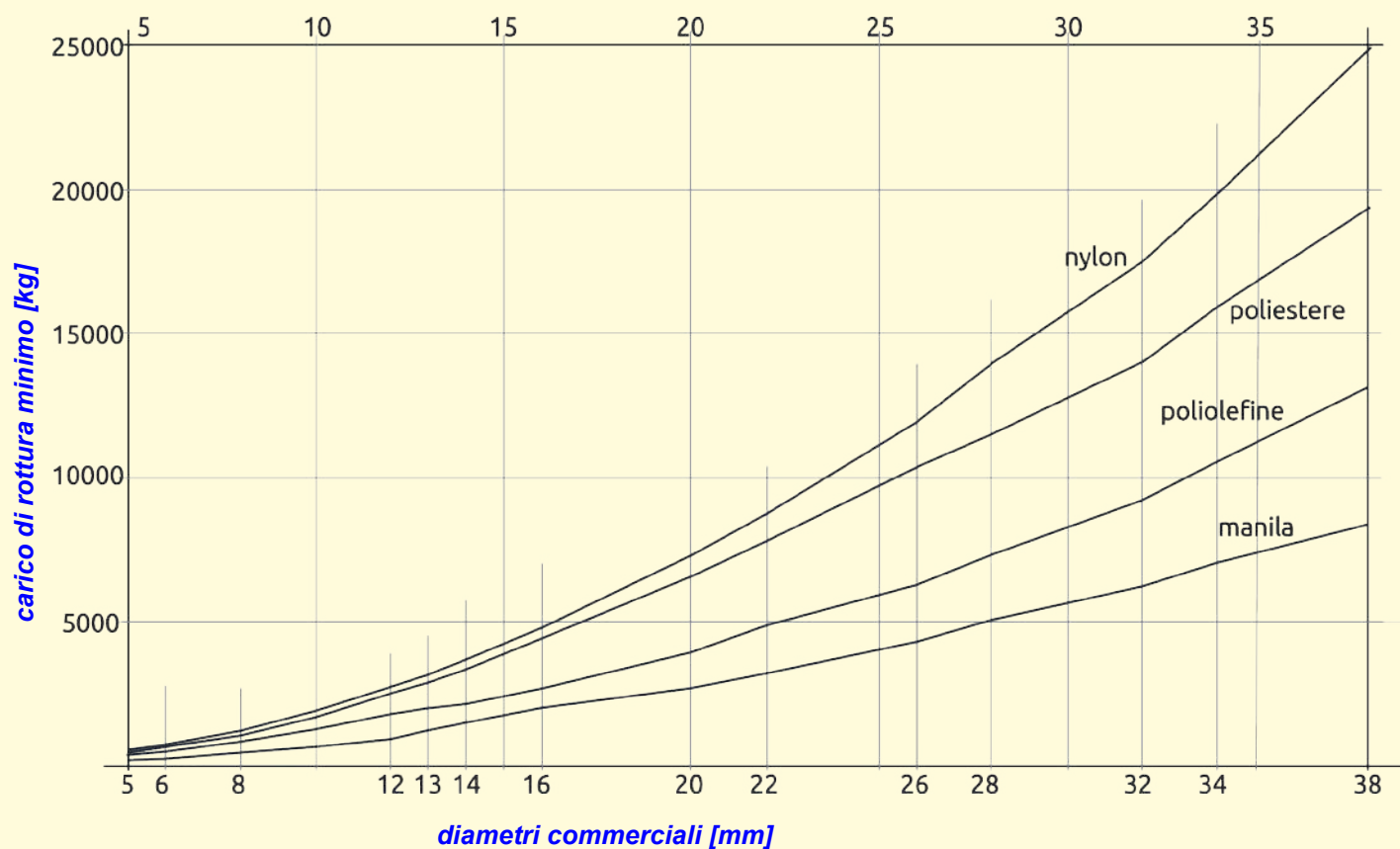
FIBRE SINTETICHE

Nylon, nome generico di un gruppo di fibre dette poliammidi (PA), di cui quella impiegata per cavi è il nylon 6.6, la prima prodotta industrialmente. Buona resistenza all'umidità, ma se bagnata perde il 10% della sua capacità di carico. Discreta resistenza ai raggi UV. Dotata di forte allungamento è ancora utilizzata negli ormeggi e nei rimorchi potendo assorbire energia nelle sollecitazioni a strappo. Una riduzione delle prestazioni può però avvenire per creep e abrasione nel corso di sollecitazioni cicliche, una condizione che ne sconsiglia l'uso per ormeggi prolungati. Punto di fusione 220°C

Poliestere, denominazione comune del polietilene tereftalato (PET), è una fibra con cui si realizzano cavi meno resistenti dei cavi asciutti in nylon di pari dimensioni, ma non perdono resistenza quando sono bagnati ed hanno una buona resistenza ai raggi solari. Delle tre fibre qui presentate è quella maggiormente resistente all'abrasione. Punto di fusione 165°C. I nomi commerciali più noti sono il *Dàcron* (USA) e il *Terylene* (UK).

Polipropilene (PP), appartenente alla famiglia delle poliolefine, è l'unica delle tre fibre tradizionali sintetiche capace di galleggiare avendo un peso specifico minore dell'acqua. Moderata resistenza ai raggi UV e all'abrasione, ma ottima resistenza ad agenti chimici e meno costosa delle altre due. Può essere in monofilo o in forma di sottili strisce (lamella fibrillata - rafia). Punto di fusione 170°C

Tali fibre vengono prodotte secondo tre gradi di tenacità (o resistenza alla trazione): bassa, media e alta. Per i cavi si impiegano fibre di media e alta tenacità, mentre i tessuti e le applicazioni meno critiche possono beneficiare dei gradi a tenacità inferiore.



Marcatura cavi in fibre tradizionali

Per i cavi con diametro nominale minore di 8 mm non è prevista alcuna marcatura.
Casi più diffusi:

Materia Prima	Colore del Filo Segnaletico in un legnolo
Abaca	nero
Canapa	verde
Misto	arancione
Poliammide (nylon)	verde
Poliestere	blu
Polipropilene	marrone
Sisal / Manila	rosso

FIBRE HI-TECH

KEVLAR - Fibra aramidica dal peso contenuto ed elevatissima resistenza all'allungamento e al carico di lavoro, sviluppata alla DuPont nel 1965 e introdotta nel mondo velico all'inizio degli anni Ottanta. A parità di peso la fibra è cinque volte più resistente dell'acciaio, tanto da trovare impiego nella stratificazione degli scafi più performanti (più leggero del vetro) e nella costruzione di gran parte delle vele laminate ad alte prestazioni (attualmente il carbonio ha sostituito il Kevlar in quasi tutte le applicazioni *top performance*, sia in scafi sia nelle vele). Pur resistente a trazione, non sopporta le pieghe acute che possono ridurne la resistenza anche del 70%. Buona resistenza al taglio, ma bassa all'abrasione, provocata dai cristalli di sale o da sfregamenti ripetuti, dovuta alla fragilità della superficie rigida e cristallina delle fibre. Buona resistenza a fatica, ma minore rispetto a HMPE. Il principale limite è la sua sensibilità ai raggi ultravioletti, che ne pregiudica fortemente la durata. Tutto ciò ne limita l'uso a poche manovre. Particolarmente efficace è la sua ottima resistenza al calore (prossima ai 350°C) che ha spinto i produttori ad impiegarlo per la tessitura di calze speciali, più efficaci di quelle in poliestere quando sottoposte a un innalzamento anche consistente della temperatura che si sperimenta sulle barche da regate estreme, originato dallo sfregamento sulle campane dei winch con influenza sull'allungamento delle fibre. Nomi commerciali di fibre equivalenti: **Twaron** e **Technora**

DYNEEMA - Nome commerciale di una fibra ad alto modulo (HMPE ved. par. relativo), dalle eccellenti caratteristiche meccaniche. Nata verso la fine degli anni Ottanta, viene prodotta da un fuso di polietilene, accompagnato da un processo di cristallizzazione noto come "filatura a gel".

L'eccezionale tenacità, l'estrema leggerezza, l'idrorepellenza e la possibilità di utilizzare cime di diametro più contenuto sono solo alcune delle ragioni che inducono a scegliere questa fibra. Nella nautica la sua totale indifferenza agli agenti atmosferici permette di usare drizze "scalzate" (la calza viene lasciata solo in corrispondenza dei winch nel momento in cui la vela è a riva) permettendo così, in assetto di navigazione, un notevole risparmio di peso lungo l'albero. Il Dyneema però tende a cedere sotto carichi importanti e prolungati (creep). Nomi commerciali di fibre molto simili: **Spectra** e **Plasma**

PBO - Fibra polimerica (*poliparafenilene benzobisoxazolo*) sempre più impiegata nella realizzazione di elementi ad alte prestazioni, per le sue caratteristiche meccaniche superiori a qualsiasi altra fibra. Disponibile sul mercato con il nome commerciale **Zylon**, si decompone a temperature prossime ai 650°C, ha il più alto rapporto resistenza/peso, un allungamento ridottissimo, una buona resistenza al creep. Tale combinazione unica delle proprietà rende le fibre PBO adatte a soddisfare le esigenze di diverse industrie e applicazioni: nei rinforzi strutturali, nell'abbigliamento protettivo (vigili del fuoco e giubbotti antiproiettili), in tessuti per vele e nell'industria aerospaziale. Di contro ha una scarsa resistenza all'abrasione, ai raggi UV e all'umidità e costi elevati. Il suo impiego in ambito nautico è riservato alle imbarcazioni estreme

VECTRAN - Conosciuta come fibra LCP (*Liquid Crystal Polymer*), ha una elevata cristallinità e resistenza al calore, sviluppata nel 1985 come resina termoplastica, con applicazioni nell'aerospaziale e militare per poi entrare in numerose altre aree tecniche, dai pneumatici ai tessuti tecnici, alla robotica, dove si richiede una stabilità dimensionale nel tempo. Meno nota al grande pubblico rispetto alle altre fibre, mantiene la lunghezza sotto carico costante (creep praticamente nullo); buona resistenza alla temperatura (~170 °C continui); buona resistenza chimica. I limiti sono una sensibilità ai raggi UV; una scarsa resistenza alla piegatura ciclica, all'abrasione e agli agenti atmosferici oltre ad avere un costo alto.

CAVI IN HMPE

Il crescente uso nella nautica di cavi in fibre Dyneema richiede un approfondimento su un prodotto che viene considerato a torto impiegabile solo su imbarcazioni ad alte prestazioni. Dyneema (NL), Spectra (USA) e Plasma (USA) sono tutte fibre HMPE (*High Modulus Polyethylene*), appartenenti alla stessa famiglia chimica, ma prodotte con processi e marchi differenti. Tali fibre, anche conosciute con l'acronimo UHMWPE (*High Molecular Weight Polyethylene*), sono prodotte tramite un processo chiamato *gel spinning* in cui le molecole si orientano fortemente lungo l'asse della fibra, una caratteristica tipica delle fibre hi-tech che le rende molto resistenti e poco deformabili. Le cime in Dyneema sono le più diffuse sui mercati europei, le altre prodotte negli USA.

Le principali caratteristiche di un cavo HMPE sono:

- **basso allungamento** (~3–4% a rottura), che rende le manovre più precise non dovendo recuperare l'inevitabile inbandito rilevabile in altri tipi di cavi, resistendo a strappi e trazioni improvvise
- **leggerezza**, con un peso specifico di 0,97 kg/m³, inferiore a quello dell'acqua, favorendo la maneggevolezza.
- **non assorbe acqua**, un vantaggio non da poco in ambiente marino, mantenendo le sue prestazioni, non si deteriora, non si gonfia, rimane leggero e facile da maneggiare
- **buona resistenza ai raggi UV** con un degrado molto lento delle prestazioni che riduce di molto la frequenza di sostituzione delle cime
- **resistenza all'abrasione** nel contatto con oggetti ruvidi, preservandone le prestazioni meccaniche. La più alta resistenza tra le fibre sintetiche
- ottima **resistenza all'azione di sostanze chimiche** che, limitatamente al diporto, corrisponde all'assenza di modifica strutturale delle cime per azione delle sostanze presenti in mare, riducendo la frequenza delle sostituzioni.

L'elevato rapporto resistenza/peso rende i cavi HMPE superiori, per le manovre correnti, ai cavi metallici consentendo diametri più piccoli a parità di resistenza e con minore peso complessivo.

Rispetto ai cavi in fibre tradizionali come nylon e poliestere e ancor di più alle funi in acciaio, i cavi in fibra HMPE, oltre ad essere più leggeri, sono più flessibili a vantaggio della maneggevolezza, utilizzo e installazione.

Leggerezza e morbidezza sono altresì fattori favorevoli alle impiombature potendo così realizzare numerosi elementi utili a bordo quali gasse e stropi, rispettando adeguati raggi di curvatura.

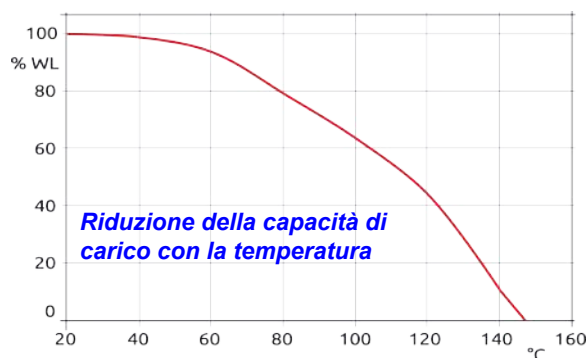
La maggiore durata e sicurezza dei cavi sintetici HMPE riduce i costi operativi e di sicurezza a lungo termine, divenendo competitivi con i cavi sintetici ordinari.

Naturalmente esistono difetti e limitazioni:

- pur avendo una **bassa sensibilità ai raggi ultravioletti** (UV), le fibre degradano nel tempo richiedendo, per le cime più esposte una protezione con guaina o specifici trattamenti di **coating**
- **bassa resistenza termica** con deformazione a ~120–140 °C. In genere nel diporto i cavi non sono esposti ad alte temperature. Tuttavia vi sono casi, come nelle regate d'altura o in manovre di emergenza, in cui forti sfregamenti delle cime possono provocare innalzamenti localizzati di temperatura tali da indebolire le fibre. Anche in questi casi si riduce l'effetto con opportune protezioni per garantirne durata e sicurezza
- **creep**, come nella maggior parte dei polimeri, le cime, se sottoposte a carico costante nel tempo, manifestano un lento fenomeno di allungamento permanente non accettabile nell'uso per manovre fisse
- **coefficiente d'attrito basso**, un limite che influisce sull'aderenza su stopper, winch e anche nell'esecuzione dei nodi, risolvibile nei cavi a doppia treccia

Il basso allungamento di un cavo HMPE, se da una parte è un grosso vantaggio, dall'altro impedisce, da solo, ad assorbire e mitigare strappi improvvisi dissipando l'energia prodotta sotto carico in modo efficace come fanno i cavi in nylon. Tale necessità si può avere per uno yacht all'ancora (affrontabile interponendo un efficace sistema meccanico elastico), ma non, ad esempio, per una piattaforma offshore che deve mantenere la sua posizione anche sotto le sollecitazioni meteomarine.

Altro aspetto critico si individua nelle **piegature** dei cavi: quando un cavo si piega le fibre esterne sono soggette a



trazione e quelle interne a compressione, in contemporanea a una diminuzione della sezione trasversale con conseguente calo più o meno consistente della resistenza, eventualmente accompagnata da usura. Ciò impone raggi minimi di curvatura (non inferiori a 5 volte il diametro del cavo). La prima attenzione va quindi alle pulegge, alle gasse e naturalmente ai nodi. I nodi sono assolutamente da evitare per non incorrere in un drastico calo della resistenza locale sostituendoli con adatte impiombature in grado di distribuire i carichi in modo uniforme per non avere una concentrazione di stress (i nodi possono ridurre la resistenza delle funi HMPE fino al 50% o più, mentre una giunzione ben eseguita potrebbe ridurla solo del 10-15%). A tal proposito i cavi HMPE a treccia singola *hollow braid* sono più facili da impiombare grazie alla loro struttura aperta e cava.

Per migliorare le prestazioni i cavi HMPE possono essere sottoposti in produzione a un pretensionamento che mitiga l'allungamento costruttivo e migliora la resistenza a fatica con riduzione dello scorrimento tra le fibre.

Attualmente la versione di Dyneema più diffusa è la SK78 che ha in pratica sostituito la SK75, con un miglioramento del creep e della resistenza a fatica. Un ulteriore miglioramento in tenacità (~20% più di SK78) e riduzione dell'allungamento si ha con il Dyneema SK99, ma i costi salgono. Vi è poi la versione a creep nullo nota come DM20, in uso su barche ad altissime prestazioni.

MANUTENZIONE DEI CAVI IN FIBRA

In termini di buona pratica, la scelta della giusta cima è fondamentale e ciò si applica scegliendo materiale, diametro e tipologia di costruzione tali da garantire prestazioni ottimali in funzione dell'impiego. Come visto, i tipi di fibre più comuni per i cavi ad uso nautico includono nylon, poliestere e polipropilene, ognuno dei quali ha caratteristiche specifiche di carico, flessibilità e resistenza all'abrasione o ai raggi UV.

Per ottenere i migliori risultati è necessario anche provvedere a regolari procedure di ispezione e manutenzione su un prodotto in costante esposizione all'ambiente marino, soggetto a usura e degradazione nel tempo.

Ispezionare regolarmente i cavi di bordo per individuare segni di sfilacciamento, sfregamento o altri danni è essenziale per identificare e sostituire tempestivamente le parti dei cavi compromesse.

La durata di un cavo inizia dal modo in cui viene riposto e poi impiegato, rispettando carichi di lavoro sicuri, evitando superfici abrasive, bordi taglienti e torsioni eccessive.

Per svolgere una efficace azione manutentiva è necessario conoscere i fattori che determinano il degrado e la durata di un cavo.

Fattori di danno

Le possibili cause di degrado di un cavo utilizzabile a bordo di una unità da diporto possono derivare da vari fattori operativi, ambientali e umani. Comprendere queste cause è essenziale per prevenire situazioni di pericolo causate dalla rottura improvvisa di una cima.

Esposizione all'acqua/umidità

Periodi prolungati di esposizione all'umidità fanno marcire le fibre naturali, per crescita di muffe e funghi, con conseguente perdita di resistenza. Il fenomeno è più marcato in ambiente marino.

Quando si asciugano le cime naturali tendono a restringersi con una modifica degli sforzi nel sistema di cui fanno parte (paranchi, galloce, teli, ...).

Per le fibre sintetiche l'assorbimento d'acqua varia con il tipo. Ad esempio le cime in nylon sono idrofile, cioè assorbono acqua a tal punto che il cavo, oltre a ridurre la propria resistenza, può aumentare di peso gonfiandosi perdendo di flessibilità a scapito della maneggevolezza. Di contro una cima in nylon diviene più elastica a vantaggio della sua capacità di assorbimento del carico in condizioni dinamiche, come negli ormeggi, ma con un calo del suo carico di rottura.

Le cime in poliestere e ancora di più quelle in polipropilene sono molto meno influenzate dall'acqua, mantenendo meglio la loro flessibilità anche dopo una prolungata esposizione all'umidità. Il poliestere però è suscettibile al fenomeno dell'idrolisi con rottura nel tempo dei legami chimici, portando a una riduzione della resistenza. Tuttavia tale fenomeno avviene con esposizioni abbondanti e prolungate nel tempo.

Una cima in HMPE non assorbe acqua; non presenta alcuna variazione meccanica da asciutto a bagnato.

La fibra hi-tech più sensibile all'umidità è il PBO (Zylon) che, pur essendo molto resistente, si deteriora rapidamente se bagnata o esposta a cicli di umido e calore.

Un fenomeno da non sottovalutare è quello dei detriti rilasciati dall'acqua quali sabbia e cristalli di sale da evaporazione che hanno azione abrasiva sul cavo incidendo sulle prestazioni del cavo stesso. Pertanto è buona norma provvedere a lavare periodicamente le cime in acqua dolce e ad asciugarle stese all'aria.

Esposizione alla luce solare

L'esposizione prolungata ai raggi solari o meglio alla loro componente ultravioletta (UV), agisce sui cavi sintetici, riducendone nel tempo la resistenza alla trazione con un incremento della rigidità delle fibre e un calo della elasticità, oltre a ingiallire il cavo, uno dei segni di tale causa. La fibra più sensibile è quella di Kevlar. Il fenomeno dipende pertanto dall'intensità dei raggi UV che varia in base alla latitudine (nei nostri mari è certamente meno intenso che all'equatore, ma superiore all'intensità dei mari del Nord Europa), secondo la stagione e dalla distanza dalla costa (in mare aperto l'intensità è più elevata). Limitandoci alle fibre più diffuse si può affermare:

- Poliestere: eccellente resistenza tanto che il polietilene ad alta tenacità (HT) è oggi considerata la miglior fibra per calze di protezione da raggi UV tra quelle comunemente usate nella nautica, capace di tollerare esposizioni prolungate.
- Dyneema (HMPE): inizia a deteriorarsi visibilmente dopo 6-12 mesi di esposizione continua. La maggiore durata è ottenuta con un trattamento protettivo (*coating*) o mediante calza protettiva in poliestere.

- Nylon: più vulnerabile ai raggi UV rispetto al poliestere. L'esposizione prolungata determina indurimento e fragilità delle fibre.

- Polipropilene: presenta ingiallimento e perdita precoce di resistenza. Va impiegato solo per breve durata e riposto al coperto.

Quando un'imbarcazione rimane ormeggiata a lungo in porto, è buona pratica riporre le cime non essenziali in un luogo asciutto e al riparo dalla luce diretta del sole. Questo vale sia per preservare le caratteristiche meccaniche del cavo, sia per allungarne la durata.

Esposizione al caldo o al freddo

Le prestazioni di un cavo sintetico dipendono dalla temperatura a cui si possono trovare le fibre. In generale le prestazioni restano quasi inalterate entro il range da -20°C a 60°C per tutti i prodotti.

In particolare, per i cavi più diffusi i valori sono:

1. Poliestere (PET):

- Range di temperatura ottimale: -40°C a 185°C, oltre inizia a degradarsi; fonde a 260°C.

- Le cime in poliestere sono abbastanza resistenti al calore, con un'ottima stabilità termica con prestazioni rimangono pressoché invariate entro tale range, oltre si ha un calo significativo della resistenza, mentre sotto i -40°C il materiale può diventare rigido ma senza significativa perdita di forza.

2. Nylon (Poliammide):

- Range di temperatura ottimale: da -40°C a 85°C; fonde a ~ 220°C.

- Il nylon mantiene buone proprietà meccaniche fino a circa 85°C. A temperature superiori a 100°C può perdere elasticità e resistenza.

3. Dyneema (HMPE): sotto -40°C perde di flessibilità

- Range di temperatura ottimale: da -50°C a 75°C; fonde tra 130 e 150°C.

- Le fibre mantengono prestazioni eccellenti a basse temperature fino a -50°C, ma iniziano a perdere resistenza oltre 80°C. A temperature superiori le fibre HMPE possono deformarsi o subire il fenomeno del *creep* (deformazione sotto carico costante).

4. Polipropilene:

- Range di temperatura ottimale: da -10°C a 60°C.

- Il polipropilene è il più sensibile al calore rispetto alle altre fibre comuni e le sue prestazioni possono essere compromesse a temperature superiori ai 60°C. Inoltre, a temperature molto basse (inferiori a -10°C) può diventare fragile e perdere flessibilità.

In contesti quali regate d'altura o in manovre di emergenza lo sfregamento delle cime (winch, organizer, pulegge, rollafiocco, ...), per manovre rapide, ripetute e sotto carichi elevati, può dar luogo al loro surriscaldamento per attrito. Il fenomeno si verifica, ad esempio, nel recupero veloce di una drizza o di un barber hauler in un passaggio forzato. Per mitigare il rischio si ricorre a guaine protettive in poliestere HT o in kevlar nei tratti critici. Particolarmente sensibili sono i cavi in HMPE che hanno una bassa resistenza al calore e che un basso coefficiente di attrito, dovuto alla loro superficie liscia, favorisce il raggiungimento di accelerazioni e velocità più elevate sotto carico.

Nota: Sulle unità che navigano in aree polari, dove l'ambiente mette a dura prova materiali, attrezzature e cavi, si fa uso prevalente di cavi in acciaio di tipo compatto (Dyform o Nitronic monofilo) protetti dalla formazione di ghiaccio interno da guaine in PVC modificato o poliuretano.

Agenti chimici

Meno comune rispetto ad altri fattori, l'esposizione ai prodotti chimici agisce sulla resistenza e sulle prestazioni dei cavi, in dipendenza dalle caratteristiche della sostanza aggressiva, delle fibre del cavo e dalla durata di esposizione.

Tra le varie tipologie di fibre sintetiche le più sensibili sono quelle di Nylon, particolarmente agli acidi, quelle Poliesteri agli alcali, quali la candeggina, mentre le più resistenti sono quelle in Polipropilene.

Si raccomanda pertanto di non tenere i cavi nel vano motore o nel vano batterie e di far uso, per la loro pulizia solo di deboli detergenti (no benzina, petrolio).

Abrasione

Qualunque sfregamento di un cavo con la superficie di altro materiale (bitte, passacavi, galloce, campana di un winch, pulegge, ecc.) o di altro cavo (da evitare) può influire in maniera negativa sulla sua durabilità, a seconda del livello di attrito che si genera. L'attrito dipende dal carico, dalla rugosità delle superfici, dalla

velocità di scorrimento. Sul fenomeno di innalzamento della temperatura di una cima per sfregamento ved. punto precedente : *Esposizione al caldo o al freddo*.

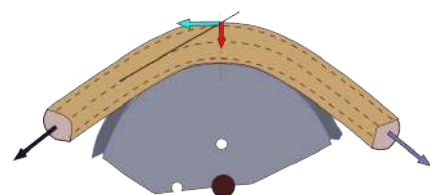
L'abrasione può anche generarsi con sostanze quali ad esempio cristalli di sale e sabbia che esaltano il fenomeno se penetrano tra le fibre all'interno del cavo: le cime a doppia treccia sono meno vulnerabili rispetto ad altre tipologie costruttive.

Un caso particolare di abrasione è dovuto allo sfregamento di una cima in corrispondenza di spigoli vivi (un molo, una lamiera, un bordo non arrotondato) che si associa a un'azione meccanica di compressione e taglio capace di compromettere localmente la resistenza del cavo, soprattutto quando le sollecitazioni, come all'ormeggio, sono improvvise e consistenti. Il fenomeno è evidenziato da una riduzione della sezione e da segni di abrasione. Pur non risultando nella nautica un fattore così importante come in altri usi (alpinismo), l'abrasione va affrontata anche con guaine protettive come in figura e riducendo eventuali asperità con tela smeriglio.



Deformazione delle fibre

Il carico di lavoro di un cavo è una quota parte del suo carico di rottura (secondo un coefficiente di sicurezza), la massima forza di trazione alla quale il cavo si rompe, una rottura dovuta ad un allungamento eccessivo delle fibre nel senso della loro lunghezza. Ma cosa succede quando le fibre sono disposte non più longitudinalmente, come accade in corrispondenza di una puleggia? Dalla figura si nota che la forza (in nero)

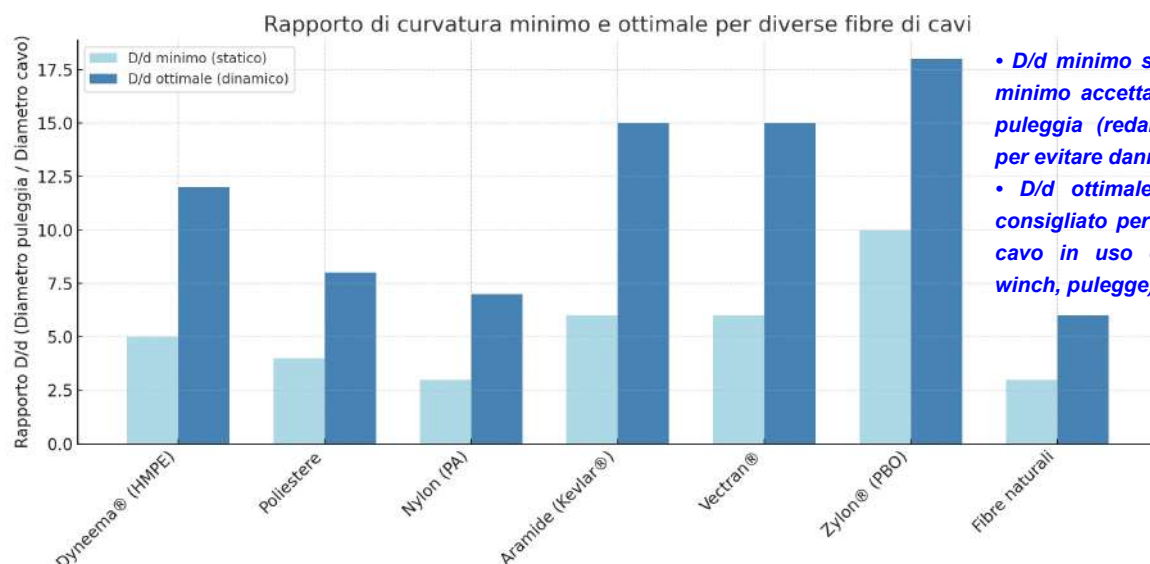


lungo l'asse del cavo, quando questo si piega, può considerarsi costituita da due componenti, la prima (celeste) tangente e l'altra (rossa) perpendicolare alla sezione, un'azione quest'ultima, detta di taglio, che sollecita il cavo trasversalmente comprimendolo, esaltando il fenomeno abrasivo nel contatto della cima con la puleggia e tra le fibre interne.

Una puleggia con un diametro diverse volte più grande del diametro del cavo aiuta a distribuire il carico in modo più uniforme, riducendo il rischio di danni alle fibre interne preservandone la resistenza complessiva.

Più avanti si riportano alcuni valori del rapporto tra il diametro della puleggia (misurato al fondo della gola) e quello del cavo, in relazione al tipo, ma una scelta completa deve tener conto del carico e delle condizioni di utilizzo. A tal proposito si consiglia di consultare sempre le raccomandazioni dei produttori dei cavi e delle pulegge. Il confronto sintetico riportato nel grafico si basa sul rapporto minimo di curvatura (D/d ratio), ossia il diametro minimo della puleggia rispetto al diametro del cavo da cui si evidenzia:

- I cavi in HMPE (Dyneema) necessitano di bozzelli più grandi rispetto a nylon o poliestere, perché sopportano meno le curvature strette
- I cavi in aramide e PBO richiedono rapporti di curvatura ancora più elevati a causa della loro rigidità e per la sensibilità alla formazione di microfratture interne (*microcricche*) che portano alla rottura per fatica
- Poliestere e nylon sono i più tolleranti dal punto di vista meccanico, soprattutto in usi di routine e su bozzelli di piccole dimensioni
- Le fibre naturali sono molto flessibili, ma oggi usate raramente

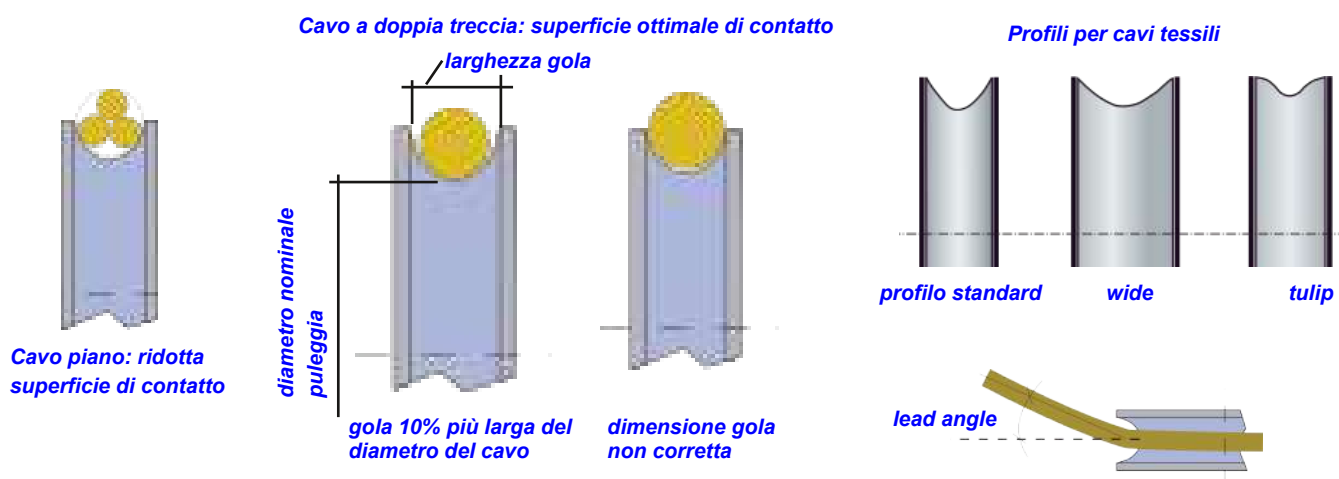


• *D/d minimo statico*: indica il rapporto minimo accettabile tra il diametro della puleggia (redancia) e quello del cavo per evitare danni sotto carichi statici.

• *D/d ottimale dinamico*: è il valore consigliato per preservare la durata del cavo in uso ciclico o dinamico (es. winch, pulegge).

La gola della puleggia deve essere adeguata al cavo ed essere ampia il 10% in più del diametro del cavo stesso, con l'attenzione a non superare tale valore per evitare l'uscita della cima (*scarrucolamento*).

La forma della gola più diffusa (standard) è quella semicircolare o ad U, idonea per cime commesse e a doppia treccia, con cui si ha una buona distribuzione di pressione, riducendo l'usura locale. Buona tolleranza all'allineamento e moderati angoli di entrata (*lead angle*). Per contro, la minore "presa" può determinare maggior slittamento soprattutto in condizioni di tiro elevato o deviazione angolare accentuata. Per aumentare la superficie di contatto, così da ridurre lo slittamento, si richiede, quando possibile, un aumento del diametro della puleggia. La forma a V stretta con pareti inclinate (*narrow V* - angolo 30–40° circa), tipica dei cavi in acciaio, offre elevata presa laterale, che se da una parte aumenta l'aderenza, utile ad evitare slittamenti, dall'altra può divenire uno svantaggio quando l'aumento della pressione di contatto si traduce in usura accelerata su fibre tessili. Presenta inoltre una minore tolleranza per deviazioni laterali e per variazioni del diametro della cima. Forma a V larga (*wide V* - angolo 50–70°, pareti dolci), migliore compromesso, tra aderenza e pressione laterale di contatto che la rende adatta ai cavi in fibre hi-tech, ad esclusione del Kevlar le cui fibre hanno tendenza ad appiattirsi sotto carico. Per tali cavi si richiede una puleggia a gola piatta o U molto larga, il cui profilo offre ampia superficie di contatto, distribuendo la pressione. Esiste anche una forma a tulipano (*tulip*) con profilo misto con una migliore distribuzione del carico e maggiore tolleranza per deviazioni laterali come nei rinvii, ma costosa.



Si riporta una tabella di confronto quali/quantitativo delle fibre impiegate nel confezionamento dei cavi tessili, tenendo presente che le proprietà possono variare con le modalità di esecuzione e i trattamenti a cui verrebbero sottoposti i filati e i cavi stessi. Solo l'analisi delle schede tecniche consente di riconoscere le effettive caratteristiche di un determinato cavo, caratteristiche che possono variare da produttore a produttore. Importante pertanto è avere padronanza nell'uso dei termini e delle grandezze fisiche riportate in tali documentazioni specifiche.

Confronto tra fibre per cavi nautici

Fibra	massa volumica (g/cm ³)	Tenacità (cN/dtex)	Temp. max cont. (°C)	Allung. rottura (%)	Assorb. acqua (%) *	Res. abrasione (asciutto)	Flessibilità **
Canapa	1.48	3.5	80	3.0	8	limitata	media
Manila	1.38	4.0	80	3.5	0.4-0.8	buona	media
Poliprop. (PP)	0.91	6.0	60	15.0	0	sufficiente	alta
Poliest. (PET)	1.38	7.5	125	12.0	<0.5	buona	buona
Nylon (PA 6.6)	1.14	8.0	85	20.0	4-6	ottima	alta
Kevlar	1.40	20.0	180	3.5	2	limitata	media
Vectran (LCP)	1.40	23.0	170	4.0	<0.1	ottima	rigida
Dyneema (HMPE)	0.97	35.0	80	3.5	0	ottima	ottima
Zylon (PBO)	1.55	42.0	200	2.5	0.6-2	buona	rigida

* del peso della fibra

** raffronto qualitativo a parità di resistenza

Trattamenti sui cavi in fibre sintetiche

Nei cataloghi dei produttori si ha la possibilità di trovare dei cavi che, pur essendo dello stesso tipo come costruzione e materiale base, si distinguono per prestazioni differenti e quindi per costo. Tale disparità è conseguenza dei trattamenti a cui vengono sottoposti i cavi per adattarne le prestazioni ad un uso specifico (regata, ormeggio, sollevamento, ecc.).

1. **Prestiratura** (*Prestretching* o *preloading*):

Il cavo viene sottoposto a una trazione controllata, per una durata o un numero di cicli specifici, a freddo o a caldo, durante o subito dopo la produzione, al fine di compattare la struttura del cavo rimuovendo eventuali allungamenti iniziali, con incremento della rigidità e della capacità portante del cavo e in alcuni casi aiuta a ridurre lo scorrimento viscoso a lungo termine (*creep*). Si tratta di un processo che viene applicato su fibre di poliestere, Dyneema, Vectran e Kevlar, materiali che già beneficiano di un intrinseco basso allungamento sotto carico, ottenendo prestazioni più sicure e affidabili.

2. **Coating** (rivestimento):

Consiste nell'applicare uno strato protettivo su tutta la superficie del cavo per migliorarne alcune proprietà come la resistenza all'abrasione, ai raggi UV o all'umidità, ma anche la maneggevolezza o per condizioni ambientali difficili e molto altro. Tutte le fibre sintetiche possono essere sottoposte a processi di coating, tra cui il più diffuso è quello a base poliuretanica, reperibile in commercio anche per applicazioni in situ, con cui si incrementa la resistenza all'abrasione e ai raggi UV. L'ampio ventaglio di materiali e metodi applicativi rappresenta uno dei più importanti e complessi processi distintivi dei produttori di cavi in fibre sintetiche.

Check-list: Cura e Manutenzione delle Cime

1 **Verifica dello stato delle cime**

Controlla segni di:

- ☐ sfilacciamenti, tagli, abrasioni
- ☐ schiacciamenti, deformazione delle calze
- ☐ scolorimenti
- ☐ cambiamenti della flessibilità/maneggevolezza
- ☐ zone più dure o più morbide
- ☐ presenza di sale, muffe o odori sgradevoli

2 **Identifica le cime da rimuovere**

- ☐ Scotte non in uso
- ☐ Drizze secondarie o libere
- ☐ Stropi, cime da rimorchio, ormeggi ausiliari

3 **Rimozione e conservazione**

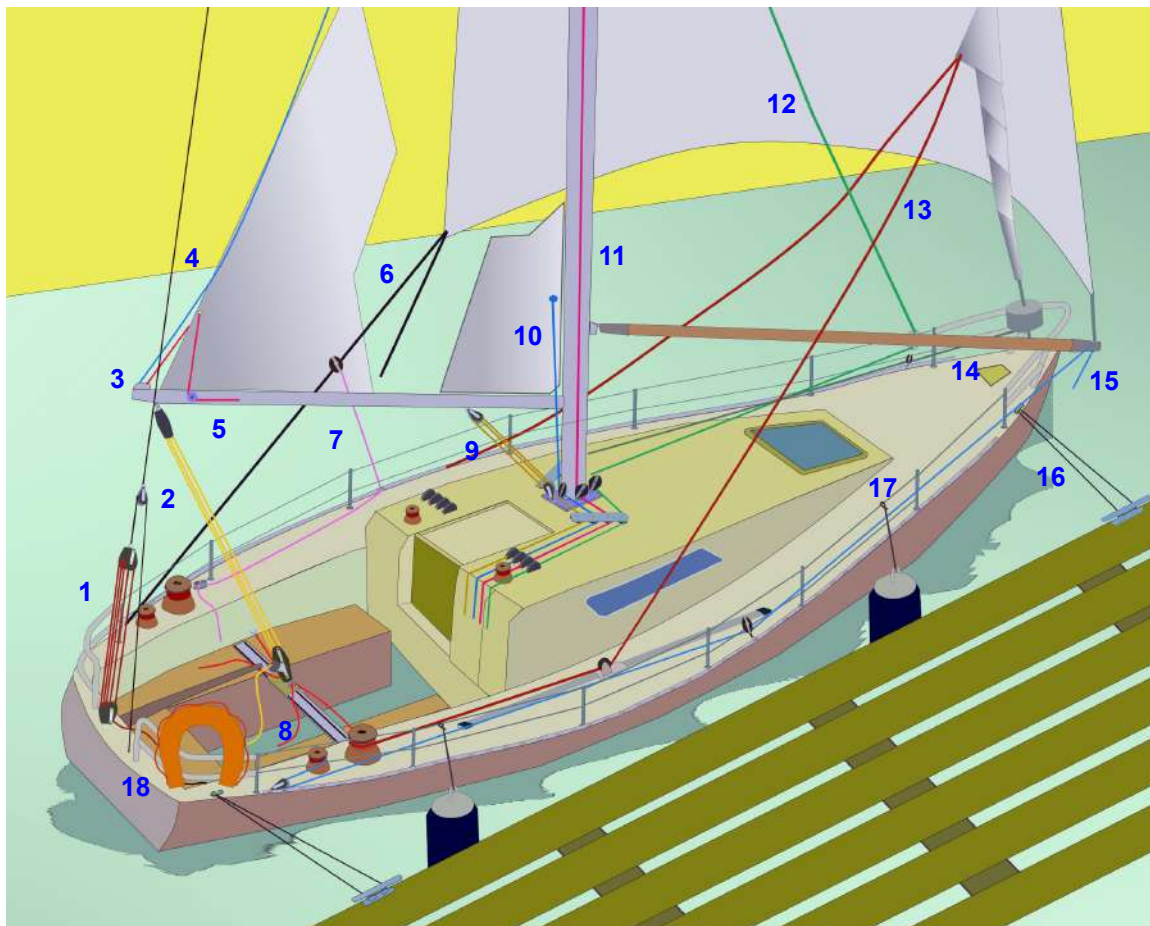
- ☐ Slegare e rimuovere le cime non necessarie
- ☐ Lavare con acqua dolce
- ☐ Far asciugare bene all'ombra
- ☐ Riporre in sacche traspiranti o gavoni asciutti

4 **Protezione delle cime in uso**

- ☐ Verifica che l'HMPE abbia una calza protettiva
- ☐ Copri le tratte esposte al sole con calze anti-UV
- ☐ Evita che restino su winch o pieghe strette

5 **Raccomandazioni finali**

- ☐ Registra la data dell'ultima manutenzione
- ☐ Ripeti il controllo ogni 3–4 mesi in sosta prolungata



1 Paterazzo - paranco

2 Scotta randa

3 Tesabase

6 Scotta Spinnaker

7 Barber

8 Regolazione trasto

10 Cunningham

12 Amantiglio-caricabbasso tangone

Cime di media resistenza a trazione. Per alcune manovre, come le scotte, è importante la maneggevolezza, una delle caratteristiche delle cime a doppia treccia in poliestere

5 Borosa

9 Vang

13 Scotta Genoa

15 Bracci Spinnaker

Manovre ad alta resistenza e basso allungamento, resistenti all'usura e all'abrasione: Cime a doppia treccia, facili nel maneggio e resistenti a torsione da non prendere cocche. Comunque le migliori cime sono in HMPE

4 Amantiglio

14 Sagola del Rollafiocco

17 Cima parabordo

Cime economiche in poliestere

11 Drizze

Elevata resistenza a trazione e basso allungamento; resistenza a flessione e ai raggi UV: cime a doppia treccia in poliestere prestirato; ideali sono in HMPE. Per piccole unità si possono impiegare anche cavi piani a 3 legnoli prestirati che hanno un allungamento maggiore, ma sono più facili da impiombare e meno costosi

16 Cime di ormeggio

Robuste ed elastiche, resistenti alla torsione e facili da impiombare come le cime a singola treccia ad 8 legnoli in nylon

18 Sagola salvagente

Cime adatte per salvagenti, recupero uomo in mare, sagole per gommoni: galleggianti e durevoli - cime square line ad 8 legnoli in polipropilene

CAVI METALLICI

Nelle schede successive sono presentate alcune tipologie costruttive di cavi metallici, non tutte in uso nel diporto nautico, ma indicative dell'ampia disponibilità di prodotti in tale settore tecnologico.

I cavi metallici in uso sulle imbarcazioni da diporto ordinarie sono impiegati principalmente nelle manovre dormienti e qualche volta nelle manovre correnti, anche se si va estendendo l'uso, tipico delle imbarcazioni da regata, dei cavi in fibre hi-tech.

Cavo metallico (wire rope)



I fili costituenti i cavi sono in acciaio al carbonio, di tipo galvanizzato, ormai completamente introvabili a bordo delle unità da diporto o in acciaio inox in lega Aisi 316

Nota: in italiano il confezionamento dei cavi metallici è descritto partendo da fili in acciaio con cui si formano i trefoli e quindi il cavo; gli anglosassoni chiamano il filo yarn (trefolo) e l'insieme di più fili è denominato strand (legnolo), una terminologia equivalente a quella dei cavi tessili

I cavi in acciaio vengono realizzati a singolo o a più trefoli.

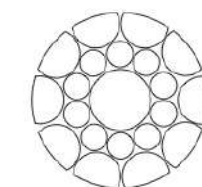
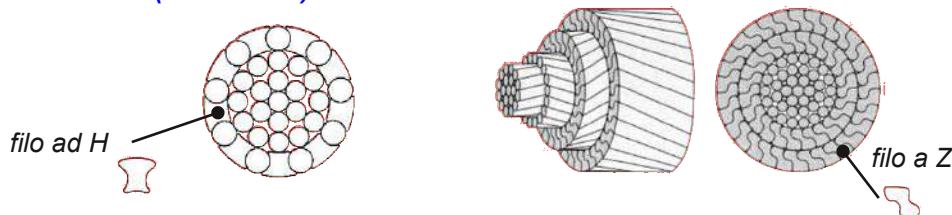
Cavi a singolo trefolo:

Funi spiroidali: (*spiral strand rope*) costituite da un unico trefolo i cui fili di acciaio sono avvolti elicoidalmente attorno ad un'anima centrale, garantendo un bloccaggio reciproco dei fili che vengono così a formare una sezione chiusa, evidenziata da una superficie uniforme, che le rende più rigide e con un ridotto allungamento sotto carico, un vantaggio per le manovre dormienti. Di contro hanno una tendenza a torcersi su se stesse sotto carico (la torsione aumenta con il carico) rispetto alle funi a trefoli. Tale effetto, meno evidente con l'aumentare della lunghezza del cavo, va tenuto conto quando si mettono in forza le corrispondenti manovre. Questo può essere un problema in alcune applicazioni, specialmente in quelle dinamiche.



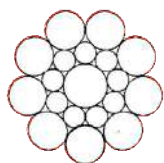
Tra le funi spiroidali vi sono le cosiddette *funi a spirale bloccata* o *compatte*, che trovano impiego soprattutto nell'ingegneria civile, in cui lo strato esterno del trefolo è formato da fili ben uniti tra loro con una superficie estremamente compatta che riduce l'attrito con le pulegge e aumenta la resistenza all'usura. Tra tali tipi rientrano quelle ottenute con **processo Dyform**, descritte più avanti nel paragrafo delle funi di bordo, e le più complesse funi impiegate nel settore edile, costituite da fili semichiusi (ad H), alternati a fili tondi o soltanto da fili chiusi (a Z).

cavo 1x37 (a fili chiusi)

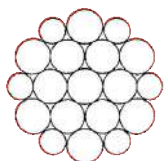


fune dyform

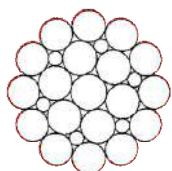
Si riportano, a titolo informativo, altri tipi di cavi metallici a singolo trefolo con almeno due strati di fili, tutti avvolti in un'unica operazione (nello stesso senso).



Trefolo "Seale": Trefolo a strati paralleli aventi uno stesso numero di fili in entrambi gli strati; i fili dello strato più interno hanno però diametro inferiore a quelli dello strato più esterno; questa geometria determina una minore resistenza a fatica ma una maggiore resistenza allo sfregamento e all'abrasione



Trefolo "Warrington": Trefolo a strati paralleli con uno strato esterno contenente fili alternati di grande e piccolo diametro, il cui numero totale è il doppio dei fili dello strato interno; rispetto al tipo Seale mostra una flessibilità maggiore.



Trefolo "Filler": Trefolo a strati paralleli avente uno strato esterno contenente lo stesso numero di fili, dello stesso diametro, della corona interna; i fili della corona interna sono intervallati da fili di diametro inferiore, che supportano i fili della corona esterna e di riempimento per la corona interna

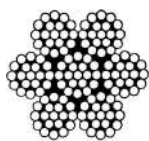
Anima: Elemento centrale di una fune attorno al quale sono avvolti elicoidalmente i fili e i trefoli. L'anima può essere tessile o metallica

Codici identificativi:

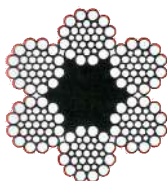
Anima in fibra tessile (FC - Fiber Core): Anima costituita da fibre naturali (**NFC - Natural FC**) o sintetiche (**SFC - Synthetic FC**).

Anima metallica (WC - Wire Core): Anima costituita da fili di acciaio disposti come un trefolo (**WSC - Wire Strand Core**) o come fune indipendente (**IWRC - Independent Wire Rope Core**).

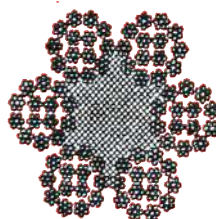
Funi a trefoli: (*strands wire ropes*), realizzate con più trefoli (ognuno dei quali è composto da vari fili intrecciati) che vengono poi avvolti insieme attorno a un'anima centrale. Ad esempio, una fune 7x19 è costituita da 7 trefoli, ciascuno composto da 19 fili. Un tale tipo di costruzione conferisce una maggiore flessibilità rispetto alle funi spirodali, poiché ogni trefolo può muoversi in modo più indipendente. Tale caratteristica le rende adatte per applicazioni dinamiche o per passare attraverso pulegge e verricelli con frequenti piegature. Anche l'allungamento elastico sotto carico è maggiore, una caratteristica che si traduce in una maggiore resistenza a fatica da flessione senza danneggiarsi rapidamente. Tutto ciò le rende più versatili nelle manovre correnti. La minore compattezza comporta una maggiore vulnerabilità all'usura per sfregamento reciproco dei fili e penetrazione di sostanze abrasive.



fune con 7 trefoli 1x19 (7x19)



fune con 6 trefoli warrington con anima in tessile

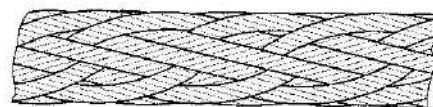


Fune a gherlino: Insieme di funi (generalmente sei) a trefoli tondi (indicate come funi elementari), chiuso in maniera elicoidale attorno a un'anima

Altre formazioni di funi

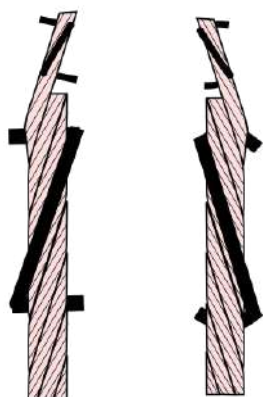
Fune antigirevole: fune a trefoli realizzata in maniera da presentare una ridotta torsione sotto sforzo. Ciò si ottiene con un avvolgimento opposto dei trefoli esterni rispetto a quelli interni. Si impiega soprattutto nel sollevamento di carichi non guidati con sbraccio elevato - come per le gru a bordo delle navi.

Fune intrecciata: Insieme di diversi trefoli tondi intrecciati a coppie.



Avvolgimenti

Come per i cavi tessili anche per quelli metallici si parla di avvolgimento, che in questo caso è più complesso presentando qualche definizione in più, comprensibile attraverso gli schemi qui riportati.



crociata destra, detta anche Zs
(trefoli avvolti verso destra, fili
avvolti verso sinistra)

crociata sinistra, detta
anche Sz (trefoli avvolti
verso sinistra, fili avvolti
verso destra)

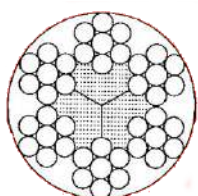


Avvolgimento parallelo (ZZ o SS): Fune a trefoli in cui il senso di avvolgimento dei fili esterni di ciascun trefolo è lo stesso del senso di avvolgimento dei trefoli esterni della fune

Avvolgimento crociato: Fune a trefoli in cui il senso di avvolgimento dei fili esterni dei trefoli è opposto al senso di avvolgimento complessivo dei trefoli della fune.

Designazione di un cavo in fili di acciaio

Nella designazione la norma richiede che venga indicato il numero di trefoli e tra parentesi il numero di fili di ciascun trefolo, dall'esterno verso il centro.



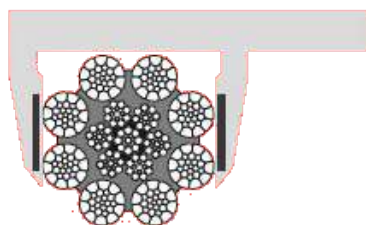
Esempio - Designazione completa: 6(6+1) + NF

Designazione abbreviata: 6 * 7 + NF

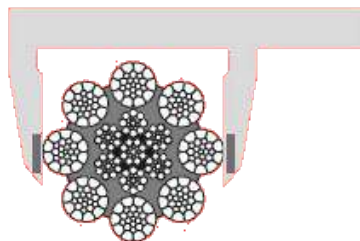
**fune composta da 6 trefoli con anima in fibra tessile (NF - natural fiber);
ogni trefolo è composto da 6 fili esterni ed 1 interno (anima)**

Modalità di rilevamento del diametro effettivo di un cavo in acciaio

misura errata



misura corretta



Nota: Se non diversamente specificato, il diametro cui si fa riferimento è il diametro nominale della fune. Il diametro effettivo normalmente non coincide con il diametro nominale.

Trattamenti in produzione

I produttori applicano trattamenti ai cavi metallici, prima e dopo il processo produttivo per migliorarne le proprietà meccaniche e la resistenza all'usura, alla fatica e alla corrosione, garantendo così maggiore durabilità e prestazioni. I principali trattamenti effettuati sono:

- **Zincatura:** con cui si rivestono i fili di acciaio al carbonio di uno strato di zinco per proteggerli dalla corrosione. Può essere effettuata prima dell'assemblaggio dei fili in trefoli o dopo la produzione della fune. Esiste una zincatura a caldo ed una elettrolitica (processo galvanico), quest'ultima più efficace in ambienti marini, caratterizzata da un rivestimento più sottile rispetto alla zincatura a caldo e con una finitura superficiale più liscia

- **Trattamento termico (ricottura e bonifica):** La *ricottura* (una modalità di riscaldamento del metallo) viene applicata per ammorbidire i fili riducendo lo stress interno (tensioni interne o residue) generato nel corso della produzione dei fili, principalmente nella fase di trafilatura, mentre la *bonifica* (tempra e rinvenimento: combinazione di riscaldamento e rapido raffreddamento) può aumentare la durezza e la resistenza all'usura. Il risultato è un miglioramento della flessibilità senza compromettere la resistenza, oltre ad aumentare la resistenza a fatica da flessione e all'usura.

È particolarmente adatto per cavi soggetti a piegature frequenti e cicli di carico elevati, come le funi di sollevamento

- **Prestiratura:** processo eseguito su cavi per i quali si richiede un allungamento permanente trascurabile. Viene realizzato mettendo in tensione il cavo secondo opportuni cicli di carico e scarico. Può essere eseguito durante la fase di realizzazione della fune o dopo il suo confezionamento

- **Preformatura:** processo in cui i trefoli e i fili vengono modellati in una forma elicoidale prima di essere assemblati nella fune. Questo trattamento riduce la tendenza del cavo ad aprirsi durante il taglio e a deformarsi sotto tensione. Applicato su cavi destinati a sollevamento e nella nautica

Altri processi eseguiti in fabbrica sono la lubrificazione interna ed esterna e l'eventuale rivestimento in materiale plastico, ad esempio per le draglie (in PVC o poliuretano).

Tipologie di cavi metallici in uso nello yachting

Se da una parte le fibre high-tech, come Dyneema, PBO e Kevlar hanno ormai sostituito quasi tutti i cavi metallici sulle imbarcazioni da regata ad alte prestazioni, grazie alla loro leggerezza ed alta resistenza, i cavi metallici continuano a essere una scelta affidabile e dai costi contenuti per molte imbarcazioni da crociera e tradizionali grazie alla loro durabilità, resistenza agli agenti ambientali, migliore tolleranza agli stress meccanici e facilità di manutenzione. Le fibre esotiche richiedono protezioni aggiuntive contro l'abrasione e l'usura, mentre l'acciaio può tollerare l'esposizione diretta a superfici ruvide e movimenti ripetitivi senza rompersi. Sono inoltre più facili da ispezionare visivamente per rilevare segni di usura o danni, a differenza dei cavi in fibre sintetiche per i quali è più difficile individuare segni di degrado interno senza attrezzature specializzate. La manutenzione dei cavi metallici è infatti relativamente semplice con controlli visivi periodici e, in caso di corrosione, trattandoli o sostituendoli con facilità.

I cavi in acciaio possono sopportare cicli ripetuti di tensione e rilassamento (fatica ciclica) meglio delle fibre sintetiche, soprattutto su imbarcazioni da crociera, dove le sollecitazioni non sono sempre così costanti o prevedibili come nelle regate ad alte prestazioni.

In condizioni di emergenza, come rotture o danni durante una lunga navigazione, i cavi metallici possono essere riparati o adattati più facilmente in mare rispetto ai cavi in fibre hi-tech. In definitiva per imbarcazioni che richiedono meno manutenzione frequente e non sono sottoposte alle condizioni estreme delle regate ad alte prestazioni, i cavi metallici offrono una soluzione pratica e duratura, anche nelle loro varianti più moderne, come il monofilo (tondino).

Gli acciai con cui si formano i cavi metallici appartengono a due grandi famiglie:

1. **Acciai al carbonio**, contenenti come elementi principali ferro e carbonio il cui tenore ne determina le proprietà meccaniche (resistenza, durezza, duttilità). Appartengono a tale gruppo il cosiddetto **cavo atlantico**, un cavo di acciaio al carbonio sottoposto a zincatura, che compete con quelli inossidabili per la sua economicità, adattabilità a percorsi tortuosi, essendo poco elastico e soprattutto perché non presenta i rischi di cristallizzazione a cui vanno soggetti gli acciai inossidabili, causa di rotture improvvise. Anche la ruggine non è un problema visto che il propagarsi dell'ossidazione, già contenuta dalla zincatura, è controllabile a

occhio nudo. Purtroppo tende a spinarsi, vale a dire i fili che lo compongono si spezzano divenendo pericolosi per le mani e punti di appiglio alle cime. Inoltre un cavo in acciaio galvanizzato è pesante e richiede terminali adatti. Sull'allungamento occorre precisare che questo dipende anche dalla classe dei fili di acciaio che, in genere, è superiore a quella degli acciai inossidabili con un più contenuto allungamento rispetto ai cavi atlantici di un tempo.

2. Acciai legati, detti così perché oltre al carbonio, contengono altri elementi di lega aggiunti intenzionalmente (come cromo, nichel, molibdeno, vanadio, tungsteno, manganese, ecc.) per migliorare determinate proprietà. Nello specifico gli acciai inossidabili (inox) resistenti alla corrosione. Tra questi:

- **Acciaio Inox AISI 316**, una denominazione statunitense, equivalente alla corrispondente italiana Inox 18-8-3, il materiale più comunemente usato nella nautica per cavi, bulloni, staffe, serbatoi e attrezzature. È un acciaio legato con un'alta percentuale di cromo (18%), nichel (8%) e molibdeno (3%). Se il Cromo e il Nichel sono i principali artefici della resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili rispetto agli acciai non legati (detti anche acciai al carbonio), il Molibdeno ha un'ulteriore efficacia soprattutto contro la corrosione da cloruro (presente in abbondanza nell'acqua marina). Esiste anche una versione a basso contenuto di carbonio (**AISI 316L**), che migliora ulteriormente la resistenza alla corrosione e facilita la saldabilità (per attrezzature di coperta).

- **Acciaio Nitronic 50**, superiore al 316 nelle caratteristiche meccaniche e di resistenza alla corrosione, con cui si realizzano i cavi monofilo.

1) Cavo 1x19

Costruzione spiroidale formata con 19 fili di acciaio disposti in un unico trefolo. Si tratta, come si vede in figura, di una struttura compatta che fornisce al cavo caratteristiche di rigidità, alta resistenza alla trazione ed è meno soggetta a schiacciamenti e deformazioni, rimanendo stabile anche sotto carichi pesanti. Ha inoltre un allungamento molto ridotto sotto carico, il che lo rende adatto per manovre dormienti, come sartie e stralli (non girevoli). Gli svantaggi sono una scarsa flessibilità che lo rende inadatto a applicazioni che richiedono manovrabilità e flessibilità, proprietà necessarie nei circuiti con pulegge, come quelli delle drizze. Inoltre, a causa della struttura spiroidale, tende a ruotare su se stesso sotto carico, un inconveniente che si presenta se un estremo del cavo è assicurato a un punto fisso, come ad esempio a un bozzello.



In definitiva è adatto nelle manovre fisse, dove è richiesta alta resistenza e basso allungamento.

2) Cavo 7x19

Costruzione a trefoli, la cui denominazione completa è 6(12+6+1)+IWSC(12+6+1) cioè 6 trefoli da 19 fili avvolti intorno ad un'anima metallica da 19 fili; avvolgimento crociato destro sZ.



Per tale costruzione il cavo ha una maggiore flessibilità rispetto al cavo 1x19 di pari carico di rottura e minore resistenza a trazione per pari diametro. La maggiore flessibilità si traduce in maneggevolezza e più facile installazione, rendendolo più versatile nelle applicazioni nautiche dove sono richieste curve o torsioni, come su pulegge e tamburi. A causa di un maggiore allungamento rispetto alla fune 1x19 non la può sostituire nelle manovre dormienti. Infatti essendo i carichi del sartame in genere costanti, se le sartie fossero del tipo 7x19, nelle virate quelle di sottovento si allenterebbero con conseguenti sovraccarichi dinamici. Si configura così una condizione di sollecitazione a fatica durante le virate (continua tensione in un senso e poi nel senso opposto dei fili costituenti il cavo) che alla lunga causa l'insorgenza di minuscole cricche che con l'uso si approfondiscono portando alla rottura dei fili (rottura per fatica).

In definitiva tale tipo di fune trova più comunemente applicazioni dove è necessaria un'adeguata flessibilità come le drizze (oggi spesso sostituite da cavi hi-tech), cavi di sollevamento e funi per paranchi, dove la facilità di manovra è fondamentale.

3) Cavo 1x7

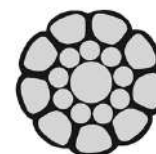
Altro cavo spiroidale costituito da 7 fili, alquanto rigido, disponibile in piccoli diametri (tipicamente da 1,5 a 5 mm), impiegato per fasciature e legature. Disponibile in acciaio non legato ($\approx 30 \text{ kg/mm}^2$) o in acciaio inox ($\approx 50 \text{ kg/mm}^2$)

4) Cavo 7x7

Cavo costituito da 6 trefoli di 7 fili ciascuno avvolti su un settimo trefolo, l'anima, dello stesso tipo. Offre maggiore flessibilità rispetto al cavo 1x19, ma è meno flessibile rispetto al 7x19. Disponibile da 4,5 a 15 mm di diametro, un tempo più diffuso dell'attuale standard 7x19, è utilizzato in applicazioni che richiedono una moderata flessibilità, ma ancora una buona resistenza alla trazione. Può essere usato per funi di paranco, sistemi di sollevamento o piccole sartie.

5) Cavi compatti (Dyform 1x19)

Un'altra tipologia di cavi è quella dei cavi in acciaio inossidabile compatti, un tipo di cavo ottenuto in produzione mediante una pressatura dei fili periferici. Noti in inglese come *Swaged Wires*, sono prodotti a singolo trefolo o a più trefoli e trovano applicazioni in svariati settori dove è richiesta una buona resistenza all'usura o per ridurre i pesi delle funi. Infatti la costruzione compatta permette di ottenere una sezione metallica più contenuta il che vuol dire che a parità di carico di rottura una fune compatta ha un diametro minore. A tale vantaggio si aggiunge una maggiore resistenza alla penetrazione di sostanze sporche e nocive, minore allungamento e una superficie esterna omogenea e liscia che facilita pulizia e ispezione. Nella nautica da diporto il più diffuso cavo compatto è quello che compete con il classico spiroidale 1x19, conosciuto con il marchio Dyform® (non è l'unico processo esistente, ma quello più noto).



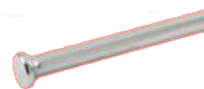
Dyform 1x19

Il tipo più comunemente impiegato è il **Dyform 1x19**, un unico trefolo di 19 fili, più costoso, circa 30% più rigido del classico spiroidale 1x19 e con minore allungamento elastico. Viene utilizzato su barche in cui occorre un sartame (non è adatto per stralli rotanti) più performante senza tuttavia arrivare a soluzioni più onerose. Modulo elastico apparente $E \approx 134 \text{ kN/mm}^2$

Nota: nella valutazione di un eventuale investimento per un tale cavo occorre tenere presente che ha una durata circa il doppio del suo omologo non compatto.

6) Tondino

Prestazioni ancora migliori in termini di resistenza, allungamento e carichi di rottura le presenta il tondino (*Stainless Rod*) che negli ultimi anni ha conosciuto una larga diffusione sia sulle imbarcazioni da regata che su quelle da crociera in cui si cerca una perfetta regolazione dell'albero senza cedimenti. Il tondino è un cavo monofilo, di una particolare lega di acciaio nota come **Nitronic 50**, i cui pregi sono di non subire allungamenti strutturali, di peso contenuto e maggiore efficienza aerodinamica. Comparso per la prima volta sull'*Heritage* all'America's Cup del 1970, è stato migliorato nel tempo soprattutto in termini di durata, pur rimanendo un prodotto caro rispetto allo spiroidale (fino al doppio). Va controllato con una certa frequenza potendo manifestare cedimenti improvvisi causati da piegamenti, urti e stress da fatica, soprattutto alle estremità. Modulo elastico $E \approx 193 \text{ kN/mm}^2$. Commercialmente i tondini sono indicati da un numero (non dal diametro) che rappresenta il corrispondente carico di rottura in migliaia di libbre (es. la sigla N-50 - 12, individua un tondino da 12000 lb $\approx$ 5400 kg). Un tondino non va addugliato in spire larghe meno di 200 volte il suo diametro.



Si riporta una tabella riepilogativa delle principali caratteristiche dei cavi in acciaio presenti su una generica unità da diporto.

costruzione	E [kN/mm ²]	resist. alla flessione	fattore di riempimento
tondino	193	molto rigido	1
1x7	120	rigido	0,78
1x19	110	poco rigido	0,76
7x7	100	poco flessibile	0,62
7x19	90	molto flessibile	0,6

La tabella presenta i valori, estratti da un catalogo, dei moduli di elasticità apparente E relativi ai cavi in acciaio inossidabile su descritti, determinati a un carico del 20% di quello di rottura. Tale parametro, che sarà meglio descritto nella parte dedicata alle proprietà meccaniche dei cavi, è indicativo della rigidezza del cavo alla deformazione longitudinale. Più E è elevato più è rigido il cavo e minore l'allungamento. Nella terza colonna è riportata qualitativamente la caratteristica di flessibilità, indicativa di quanto un cavo possa essere deformato su una puleggia o una redancia; la quarta colonna contiene il valore del fattore di riempimento (*fill factor*), il rapporto tra l'area della superficie metallica di una sezione del cavo e l'area della corrispondente

circonferenza circoscritta. I cavi spirodali presentano un'area metallica superiore a quella dei cavi a trefoli, in accordo con una maggiore rigidità. Un cavo 1x19 compattato, tipo Dyform ha un fattore 0,89 e un tondino un fattore pari a 1.

Fattori di danno

I principali danni a cui vanno soggetti i cavi in acciaio sono la corrosione e la deformazione da flessione nel passaggio su pulegge o nell'applicazione di redance. Vi sono altresì altri fattori che possono incidere sulla funzionalità del cavo che dipendono dal modo in cui i cavi vengono scelti e impiegati, dal dimensionamento che richiede una conoscenza dei carichi di lavoro con annessi coefficienti di sicurezza, dai percorsi in cui il cavo può subire usure significative generate da consistente attrito da sfregamento con parti metalliche, dalla scelta delle terminazioni ad una corretta messa in tensione delle manovre dormienti.

Corrosione

Prima di parlare di corrosione è necessario introdurre il fenomeno di *ossidazione*, una reazione chimico-fisica che coinvolge i metalli esposti all'ossigeno presente nell'aria in cui si ha una perdita di elettroni (i costituenti fondamentali degli atomi) nella struttura del metallo, con formazione dei cosiddetti ossidi. Si tratta di una reazione che avviene in superficie, capace, in certi casi, di salvaguardare il metallo da un'azione più profonda come avviene negli acciai inossidabili in cui sulla superficie si forma un sottilissimo e resistente film di ossido di cromo, uno dei componenti di una tale lega di acciaio, che può rallentare o impedire completamente la reazione di corrosione del metallo (fenomeno noto come *passivazione*). Per il ferro (elemento base degli acciai) l'ossidazione si presenta con la formazione di *ruggine*, un insieme di ossidi di colore bruno-rossiccio, in tal caso, non protettivo. Perché il fenomeno della passivazione possa avvenire, si ricorre, per gli acciai non legati a un processo di *zincatura* che tende ad ostacolare la diffusione della corrosione in profondità.

Se la reazione di ossidazione appena descritta ha necessariamente bisogno dell'ossigeno, la corrosione può anche svilupparsi per l'azione di diversi elementi chimici, come il cloro presente nell'acqua marina e fattori fisici (temperatura, fessurazioni, porosità, ecc.). In definitiva il fenomeno della corrosione si presenta come un lento e irreversibile deterioramento superficiale o interno dell'elemento metallico che conduce a un calo delle prestazioni meccaniche.

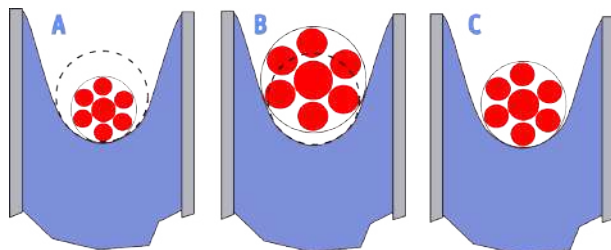
Esistono diversi processi di corrosione anche se il meccanismo di base è sempre quello legato alla perdita di elettroni da parte dei metalli esposti al fenomeno. Tra questi quello noto come *corrosione galvanica* che si manifesta nel contatto di due metalli di diversa natura posti in un ambiente conduttore (detto *elettrolita*), qual'è l'ambiente marino. Tale tipo di corrosione non viene qui approfondito; Si pone solo in risalto che acciaio inox e acciaio zincato a contatto formano coppia galvanica con degradazione del solo acciaio zincato.

Come guida alla difesa dalla corrosione dei cavi in acciaio è necessario preservare la passivazione con un controllo periodico dello strato superficiale protettivo, che è la zincatura per i cavi in acciaio ordinario al carbonio (cavo in zincato o galvanizzato) e dell'ossido di cromo nei cavi in acciaio inossidabile tipo AISI316.

Per gli acciai inossidabili si verificano fenomeni di corrosione localizzati di due tipi: **corrosione puntiforme** (*Pitting*), che genera piccoli fori nel metallo, un processo solitamente avviato dagli ioni di cloro che comincia con una frattura locale dello strato passivo per poi procedere in profondità; **corrosione interstiziale** (*Crevice*), localizzata nelle crepe o negli interstizi che si formano tra due superfici, come ad esempio sotto rondelle o guarnizioni, se non si previene l'infiltrazione dell'acqua sottostante e non si dà occasione alla passivazione di riformarsi per mancanza di apporto di ossigeno. Per i cavi zincati è necessario lubrificare periodicamente la superficie con grassi anidri, utile anche nello sfregamento su pulegge.

Deformazione da flessione

Analogamente ai cavi in fibra anche quelli in acciaio subiscono una sollecitazione da flessione quando sono costretti a piegarsi, come accade in corrispondenza di una redancia o di una puleggia. In quest'ultimo caso più stretta è la piegatura e più rapido e continuo è il processo di deformazione, maggiore è la fatica da flessione con riduzione della vita utile del cavo. La resistenza a flessione migliora all'aumentare dei fili per trefolo, per una maggiore distribuzione degli stress, e con un aspetto critico nel

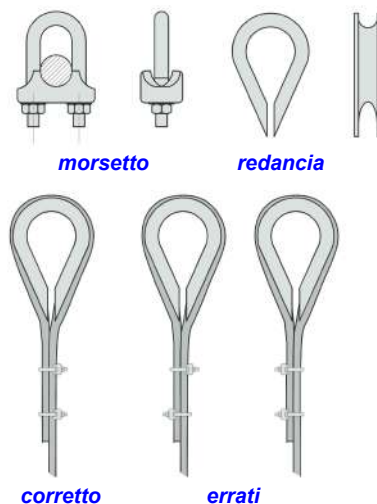


rapporto tra il diametro della puleggia e quello del cavo. Tale rapporto per i cavi d'acciaio varia tra 20 e 30 in funzione del tipo di costruzione.

Anche forma e dimensione della gola rivestono una certa importanza sulla resistenza del cavo. La forma della gola è a V, ma con un fondo, liscio privo di impronte e scalini, che abbia una dimensione maggiore del diametro nominale della fune che vi scorre. Nei disegni sono riportati tre esempi di accoppiamento del cavo con la gola: in A la gola è troppo larga - la pressione di contatto della fune sulla puleggia può essere eccessiva (ridotta superficie di contatto) che a lungo andare provoca un appiattimento della fune e quindi una riduzione della sua integrità (è per tale motivo che le pulegge per cavi in fibra non sono idonee ai cavi in acciaio); in B la gola è stretta - fune e puleggia tendono ad usurarsi rapidamente per eccessivo schiacciamento laterale della fune. Inoltre la puleggia, sotto l'azione del cavo, tenderà a modificare la sua forma; in C l'accoppiamento è corretto con una buona parte della superficie della fune che tocca la gola. Naturalmente le problematiche sono più marcate con l'aumentare della velocità di scorrimento della fune.

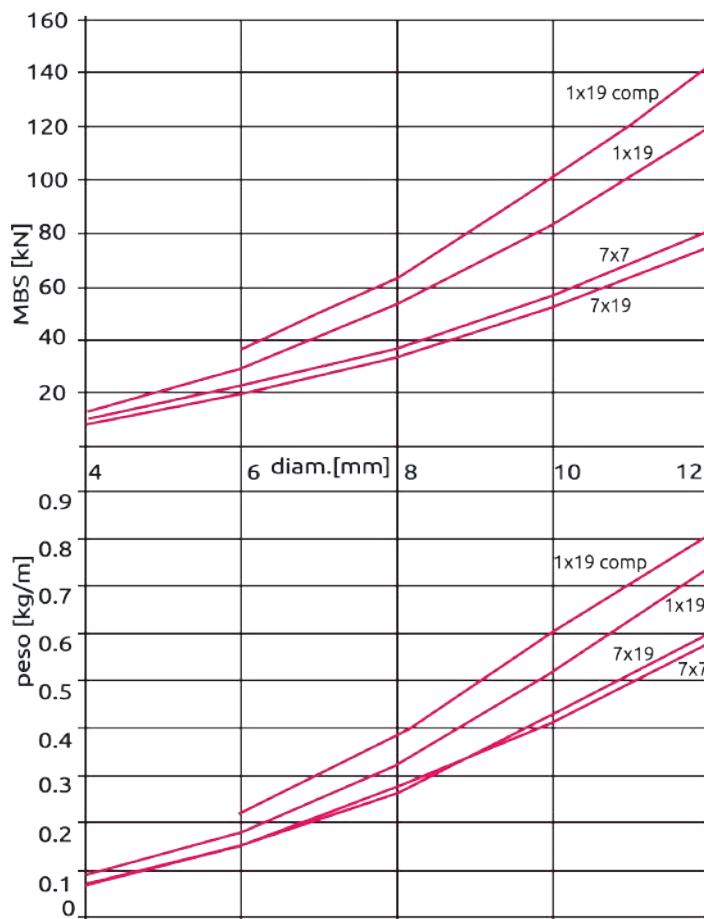
Un discorso a parte andrebbe rivolto alle terminazioni dei cavi d'acciaio, un'argomento che esula da tale testo informativo. In breve si fa osservare che le terminazioni dei cavi in acciaio sono componenti critici che comportano: • Prestazioni meccaniche, quali la flessibilità e la resistenza a torsione; • Calo di resistenza (fino al 30-40% con certi montaggi); • Corrosione per ritenzione di umidità nelle interfacce non sigillate. La scelta del terminale più adatto deve quindi bilanciare: costo, facilità di installazione, e prestazioni residue. Una volta installate, le terminazioni vanno controllate periodicamente e ingrassate.

A fianco l'uso di terminazioni a morsetto, caratterizzato da una riduzione del 20-30% della resistenza originale, adatti a riparazioni temporanee.



Il diagramma mostra la relazione tra alcune tipologie di cavi metallici, in funzione del carico di rottura (MBS - *Minimum Breaking Strength*), utile a comprenderne alcune differenze.

Ad esempio per un carico di rottura di 50kN (≈ 5000 kg) un cavo dyform 1x19 comp. avrebbe un diametro di 7mm e un peso di 0,3 kg/m; un 7x19 un diametro di 10mm e un peso di 0,4kg/m.



Cavi in carbonio

Per **cavi compositi** (*composite ropes*) o cavi misti si intendono quei cavi ibridi realizzati combinando materiali diversi per ottenere un mix di proprietà ottimizzate, quali resistenza all'abrasione e raggi UV o per migliorare la resistenza alla trazione, la flessibilità, ecc. Diversamente, per **cavi in materiale composito** si intendono quei cavi costituiti da fibre di un singolo materiale (vetro, aramide, carbonio, ecc.) immerse in una matrice polimerica che serve a tenere insieme le fibre e a distribuire il carico tra di esse, migliorando la resistenza complessiva del cavo.

A partire dagli anni '80 si produssero i primi cavi in materiale composito con fibre (in ordine temporale) di carbonio, Kevlar e PBO che sono diventati, dai primi anni 2000, sempre più diffusi non solo nella nautica, ma anche nelle infrastrutture civili, quali ponti e strutture. Oggi i cavi in composito in fibra di carbonio (**Carbon Fiber Composite Rope CFCR**) rappresentano il più avanzato componente nel sartiame degli alberi per le loro doti di leggerezza, resistenza a trazione, alla corrosione e all'ambiente marino, ma anche per una maggiore durata di esercizio rispetto ad altri tipi di compositi. L'evoluzione è stata possibile con la riduzione dei costi, il miglioramento della materia prima e il perfezionamento delle tecniche di produzione, come la *pultrusione* (dall'inglese *pull + extrusion*, ovvero "estrusione per trazione").

Si riporta una tabella comparativa delle principali caratteristiche meccaniche delle fibre impiegate in tale tipo di costruzione insieme a quelle dei tondini in acciaio Nitronic 50.

materiale	carico di rottura [MPa]	densità [g/cm ³]	modulo elastico [GPa]
kevlar 49	3620	1,45	131
PBO	5800	1,56	270
Carbonio HS	5000	1,76	228
Nitronic 50	1450	7,88	196

Attualmente presenti solo su imbarcazioni da regata ad alte prestazioni o su grandi yacht a vela, i cavi in composito con fibre di carbonio sono del tipo *monolitico* (*uni-strand*) privi di flessibilità che ne limita l'impiego a pochi casi o di tipo *multi-strand*, ottenuto con un numero di tondini monolitici circolari in carbonio di uguale dimensione (1 o 2mm), tenuti insieme da una calza protettiva. Di diametro leggermente maggiore rispetto a quello monolitico, a parità di allungamento e resistenza ai carichi, ha il vantaggio di una certa flessibilità che ne facilita il trasporto oltre ad una resistenza a compressione e alla propagazione delle fratture. Entrambi i tipi sono in genere realizzati a sezione ellittica per ridurre l'azione del vento.

PROPRIETÀ FISICO- MECCANICHE DEI CAVI

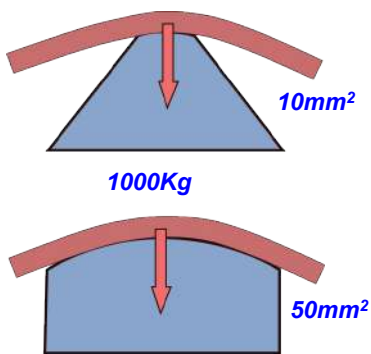
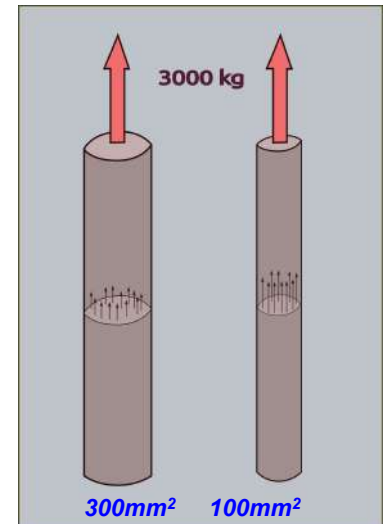
Aspetti di meccanica

Un corpo soggetto ad una forza tende a cambiare le sue dimensioni in relazione all'entità della forza. I cambiamenti possono essere di tipo elastico, quando all'annullarsi della forza il corpo ritorna alle condizioni iniziali, ma se la forza è particolarmente elevata, in relazione alle dimensioni e al materiale con cui è realizzato, si sperimenta prima una modifica dimensionale permanente (deformazione plastica) e poi la sua rottura. Per progettare o valutare un cavo (limitandoci a tale tipo di oggetto) è però necessario sostituire al concetto di forza quello di **sforzo** e al concetto di variazione delle dimensioni quello di **deformazione**.

Lo **sforzo** è il rapporto tra la forza e l'area ($s = F/A$) su cui si esercita la forza stessa. In fisica e nella tecnica uno sforzo di trazione è detto **tensione**.

Per capirne l'importanza consideriamo due cavi soggetti alla stessa forza di trazione, ma di sezione differente:

Con una forza di 3000 kg (≈ 30 kN) il primo cavo ($A = 300 \text{ mm}^2$) è soggetto a uno sforzo $s = 10 \text{ kg/mm}^2$ mentre il secondo ($A = 100 \text{ mm}^2$) è sottoposto a uno sforzo $s = 30 \text{ kg/mm}^2$. Si tratta di valori che ci fanno capire, come del resto è comprensibile, che il cavo di maggiori dimensioni è sollecitato da uno sforzo minore (lo sforzo si distribuisce su una superficie maggiore).



Per una maggiore comprensione del vantaggio di adoperare il concetto di sforzo consideriamo un altro esempio: due cavi di uguale sezione (stesso diametro) siano sollecitati da una stessa forza (1000 kg), ma uno si trova compresso su uno spigolo (10 mm^2) e l'altro su una superficie più ampia (50 mm^2). Nel primo caso lo sforzo è $s = 1000/10 = 100 \text{ kg/mm}^2$, nell'altro $s = 20 \text{ kg/mm}^2$, in accordo a quanto l'esperienza ci dimostra.

Ulteriore esempio pratico: Se una sedia ha 4 gambe larghe, regge bene il peso; se ha solo una gamba sottile, lo stesso peso agisce su una superficie piccola; è più facile che si rompa.

Passiamo alla **deformazione** che per un cavo, essendo a prevalente sviluppo longitudinale, è detta **allungamento**, definito come rapporto tra la variazione di lunghezza $\Delta L = L_{\text{finale}} - L_{\text{iniziale}}$ e la lunghezza iniziale L_{iniziale} : $\text{allungamento} = \Delta L / L_{\text{iniziale}}$. In realtà la deformazione può interessare anche la dimensione trasversale del cavo con variazione della sezione, più evidente nei cavi in fibra.

Consideriamo due cavi di diversa lunghezza (5 m e 1 m), su cui è stata misurata un uguale variazione della lunghezza (20 mm). Nel primo cavo l'allungamento è $20/5000 = 0,004 = 0,4\%$; nel secondo $20/1000 = 0,02 = 2\%$. L'incidenza della deformazione quindi, oltre dallo sforzo, dipende anche dalla lunghezza iniziale del cavo: se i due cavi sono uguali per caratteristiche costruttive, con un allungamento medio del 2%, il cavo di 5 m si allungherà di $2\% \times 5000 = 100 \text{ mm}$, mentre l'altro di $2\% \times 1000 = 20 \text{ mm}$.

Parametri relativi ai cavi

Titolo: Il peso corrispondente ad una lunghezza standard di filo o filato. Tale parametro nasce dalla impossibilità di misurare direttamente la sezione di una fibra perché facilmente deformabile e il più delle volte non circolare. Tale densità lineare (massa lineica) è misurata, a livello internazionale, in *tex*, una grandezza indicativa del peso espresso in grammi per 1.000 metri di prodotto.

Titolazione: È la procedura utilizzata per determinare il titolo di una fibra

Forze applicate: espresse in Newton [N] o in chilogrammi [kgf] ($9,81 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$)

Tenacità dei filati: Rapporto tra il carico di rottura di un filo, espresso in N ed il titolo espresso in *tex* [N/tex]. Più è alta, meno peso serve per ottenere la stessa resistenza. Tale definizione non va confusa con la tenacità nel senso meccanico generale, come indicato nelle note riportate più avanti

Allungamento: Deformazione, espressa in % della lunghezza iniziale, del cavo per effetto di forze di trazione. Nella lingua tecnica inglese per i cavi il termine impiegato è *stretch*, in sostituzione del generico *elongation*.

Caratteristiche meccaniche

Carico (load), inteso come sollecitazione, sforzo, espresso in kgf (più correttamente in N – newton) a cui è sottoposto un materiale, un componente, una struttura. I carichi si dividono in • *carichi statici*, le sollecitazioni a cui è comunque soggetta una struttura semplice o complessa, quale un albero, un cavo, una manovra in genere, ... per azione di pesi o precarichi e • *carichi dinamici* dovuti alle forze (forze d'inerzia) generate in una struttura sottoposta ad accelerazioni o decelerazioni. Un esempio di carico dinamico si ha quando una improvvisa raffica, agendo sulle vele, sollecita maggiormente le manovre in cavo o durante una improvvisa strambata che provoca un aumento della sollecitazione sulle scotte, ma anche sulle cime di ormeggio per effetto di improvvise azioni meteomarine.

Resistenza meccanica (strength), la massima sollecitazione (sforzo) che un materiale o componente può sostenere prima del cedimento strutturale, dove per "cedimento" si intende: • Rottura (separazione fisica delle parti); • Deformazione plastica irreversibile (per materiali duttili); • Instabilità (per carichi di compressione).

Tipi di Resistenza, secondo il tipo di sforzo applicato: • *trazione (tensile strength)*; • *flessione (bending strength)*; • *compressione (compressive strength)*; *taglio (shear strength)*; • *torsione (twist strength)* o combinazione di questi.

Per i cavi si definiscono i seguenti parametri meccanici:

Carico nominale, lo sforzo a cui è sottoposto un cavo nel normale impiego, corrispondente quindi a quello valutato in fase progettuale, in funzione del servizio a cui esso è destinato

Carico di rottura (breaking strength), forza massima di trazione che può sopportare il cavo in relazione alle sue caratteristiche fisiche (massa lineica, diametro, ecc.) ed è il carico applicato nella prova di rottura a trazione, sempre superiore a quello minimo garantito

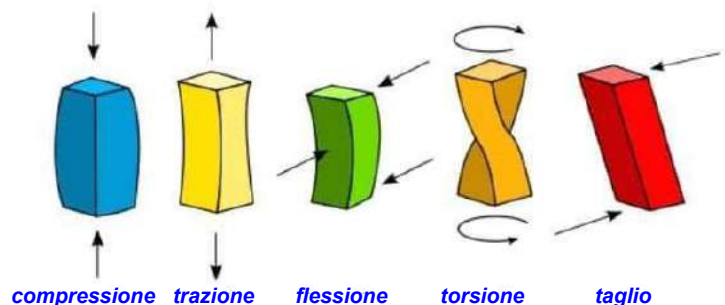
Carico minimo di rottura (Minimum breaking strength MBS), il più basso valore di carico di rottura per cui il cavo si strappa parzialmente o totalmente. Esso è indicato dal produttore in corrispondenza di ogni cavo

Carico di esercizio o di lavoro (working load WLL), carico massimo al quale può essere sottoposto un cavo in esercizio, ottenuto dividendo il carico massimo per il fattore di sicurezza. In pratica è il carico di progetto o carico nominale. Tipicamente, se non altrimenti indicato dal produttore, corrisponde al 20% del carico di rottura ($F_s = 5:1$)

Coefficiente o fattore di Sicurezza (F_s - safety factor - sf), parametro per il quale bisogna dividere il carico di rottura di un cavo per determinare il suo carico di esercizio, quello che garantisce la sicurezza di non danneggiare il cavo. Un $F_s = 5$ (o 5:1) indica che il carico di rottura è 5 volte il carico di lavoro

Creep, tradotto in italiano come *scorrimento viscoso*, è un fenomeno di lenta deformazione a cui vanno soggetti i materiali e in particolare le fibre sintetiche, sottoposti a sforzo costante e duraturo. Una delle cause di allungamenti permanenti dei cavi.

Carico di lavoro e fattore di sicurezza sono esaminati più avanti.



Modulo elastico (o di elasticità), noto anche come *modulo di Young*, è una grandezza fisica (**E**) definita come rapporto tra uno sforzo di trazione (tensione) e la corrispondente deformazione, un fenomeno che manifestano tutti i materiali, alcuni meno e altri di più: acciaio 210; ottone 100; tungsteno 350 GPa. Il tungsteno, avendo un alto valore del modulo E, mostra una deformazione minore rispetto, ad esempio, all'acciaio a parità di tensioni. Si tenga presente, come d'altra parte è indicato dall'aggettivo elastico, lo sforzo applicato deve essere tale che il materiale abbia ancora un comportamento elastico, vale a dire può riprendere la sua forma iniziale al cessare dello sforzo stesso. Se si superasse tale limite il materiale si deformerebbe definitivamente, prima con una deformazione plastica e poi con la sua rottura. In definitiva **E** è indicativo della rigidità intrinseca di un materiale, della sua deformazione elastica per azione di un carico applicato. La sua unità di misura è il Pascal (N/m²) o i suoi multipli come il GPa (gigapascal) o il MPa (megapascal).

Il modulo di elasticità è una caratteristica di un dato materiale e dei prodotti realizzati interamente e in maniera omogenea con esso. Ma per i cavi, che non hanno caratteristiche omogenee, il comportamento alla deformazione varia non solo con il materiale ma anche con il tipo di costruzione. Così un cavo di acciaio 7x19 ha un valore del modulo di elasticità E diverso da quello del materiale acciaio. Non a caso nelle pubblicazioni tecnico/scientifiche per i cavi è in uso il termine Modulo elastico "apparente", ricavato comunque come rapporto tra la forza esercitata sul cavo (in genere il 20-30% del carico di rottura) e la variazione della corrispondente lunghezza.

Per una comprensione più approfondita del legame modulo E-allungamento ricorriamo a qualche formula.

Dalla definizione data di **modulo elastico E**, quale rapporto tra lo sforzo di trazione (tensione) applicato e il corrispondente allungamento si ha:

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

dove F/A è lo sforzo (rapporto forza su area della sezione) e $\Delta L/L$ è l'allungamento (**e**).

Da tale formula si può ricavare l'allungamento: $e = \frac{\Delta L}{L} = \frac{F}{EA}$

Consideriamo, come esempio, di avere un cavo spiroidale di acciaio inox, per il quale si conosce E; dal diametro nominale ricaviamo la sezione A; a questo punto per una forza F nota potremmo ricavare l'allungamento e da questo, sapendo la lunghezza della fune, quale sarà la lunghezza effettiva del cavo sotto quello sforzo. Purtroppo, come già detto, una fune non è un prodotto omogeneo, in questo caso di acciaio.

Ci vengono in aiuto i produttori che hanno ricavato, direttamente dai loro cavi, il Modulo elastico apparente (a volte nei cataloghi inglesi è detto *Strand modulus*) che dipende da diversi fattori: • dal **materiale** o meglio dalla classe di resistenza dell'acciaio. La produzione dei cavi parte da fili di ben definito carico di rottura (secondo una classe degli acciai stabilita dalle norme), una scelta che viene fatta dal produttore; • dal **numero di fili**: più è alto, minore è il Modulo e maggiore è l'allungamento. Il monofilo (tondino) è infatti il cavo con il minore allungamento; • dalla **costruzione**: una formazione più stretta come quella dei cavi spiroidali presenta un maggiore valore del Modulo e quindi un allungamento minore rispetto ai cavi a trefoli. I cavi Dyform, in virtù della loro compattezza, mostrano un minore allungamento rispetto ai corrispondenti spiroidali. Inoltre il valore del modulo E non è costante nell'intero campo di elasticità a causa della contrazione che subisce la sezione trasversale di un cavo. Quest'ultima caratteristica ci fa comprendere che la determinazione dell'allungamento secondo la formula precedente è da considerarsi approssimata, con risultati incerti per le funi metalliche; più vicini ai valori effettivi per i cavi spiroidali rispetto a quelli a trefoli che subiscono, sotto carico, una maggiore contrazione della sezione trasversale. Il valore di E assunto è quindi un valore medio, valutato dai produttori sottoponendo i cavi a uno sforzo di trazione corrispondente ad una percentuale del carico di rottura. Da quanto su descritto si comprende che per i cavi sintetici non è possibile determinare allo stesso modo l'allungamento per mancanza di un valido modulo di elasticità apparente.

Ciò perché l'effettiva area resistente subisce sostanziali modifiche quando il cavo è sotto tensione (basta ricordare ciò che è stato detto per i cavi hollow braid) e per la presenza di almeno due materiali diversi nei cavi a doppia treccia.

Se in generale non ha importanza conoscere il valore effettivo dell'allungamento di un cavo, vi sono casi in cui la sua conoscenza, pur approssimata, può essere utile, come ad esempio quando, nel sostituire ad esempio una sartia, si deve tagliare un cavo lungo d'acciaio: l'allungamento potrebbe non essere recuperato dall'aridatoio.

In questi casi, anche se con le dovute approssimazioni, risulta comodo valutare l'allungamento del cavo sotto carico. Più avanti nel paragrafo di approfondimento sull'allungamento verrà presentata una formula pratica per determinarlo.

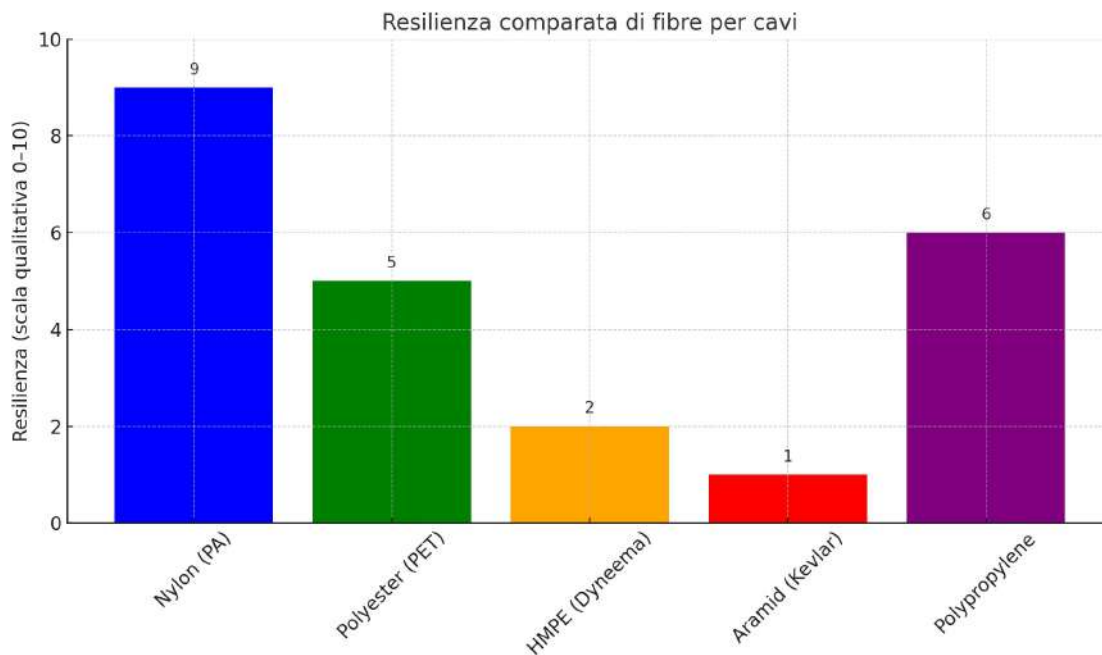
Rigidità elastica di un cavo (*Elastic Stiffness*), definita come la resistenza di un cavo all'allungamento sotto carico, pari a $E \times A$, dove E è il modulo elastico apparente e A è l'area effettiva della sezione trasversale del cavo (per un cavo in acciaio è l'Area metallica), dipendente dal tipo di costruzione.

Fatica (*fatigue*), fenomeno di progressiva diminuzione delle prestazioni meccaniche di un elemento soggetto a sollecitazioni variabili nel tempo in modo ciclico, con alternanza di valori massimi e minimi. Tali condizioni, nonostante i valori massimi di carico siano inferiori a quelli di rottura del materiale, portano, in tempi più o meno lunghi, alla rottura dell'elemento (*rottura per fatica*). Piegare un filo di ferro avanti e indietro; all'inizio resiste, poi si rompe. Un materiale può resistere a uno sforzo grande una volta, ma se lo sforzo è ripetuto tante volte, anche se piccolo, può rovinarsi. Il fenomeno peggiora con la temperatura. L'argomento è approfondito in un successivo paragrafo.

Note:

La **tenacità meccanica** è la capacità di un materiale o di un oggetto, e quindi anche di un cavo, di assorbire energia fino alla rottura, anche se si deforma. Non basta essere duri o rigidi: un materiale tenace assorbe energia, si piega, si allunga, ma non si spezza subito. Una matita di grafite si spezza subito se piegata: ha una bassa tenacità; una bottiglia di plastica schiacciata si deforma ma non si rompe: è tenace; un cavo in nylon è molto tenace: si allunga molto prima di rompersi, assorbendo molta energia.

La **resilienza** è la capacità di un materiale di assorbire energia in modo elastico e ritornare alla forma originale. Riguarda solo la parte elastica. Misura la resistenza a impatti o urti improvvisi senza danni permanenti.



Il grafico mostra la resilienza comparata (in scala qualitativa da 0 a 10) di alcune fibre comunemente usate per i cavi:

- **Nylon (PA)**: Alta resilienza (9) – eccellente capacità di assorbire energia, utile in ormeggi dove è richiesta una resistenza allo strappo
- **Polipropilene**: Resilienza media (6) – discreta flessibilità e capacità di assorbire energia.
- **Poliestere (PET)**: Resilienza moderata (5) – buone prestazioni generali ma meno elastico del nylon.
- **HMPE (Dyneema)**: Bassa resilienza (2) – molto resistente ma poco elastico.
- **Aramid (Kevlar)**: Resilienza molto bassa (1) – rigido e sensibile a shock meccanici improvvisi.

Sollecitazioni meccaniche semplici

forza applicata effetto

<i>trazione</i>	i cavi entrano in tensione e tendono ad allungarsi
<i>flessione</i>	i cavi si flettono, incurvando l'asse fibroso
<i>compressione</i>	(nel senso trasversale) diminuzione dello spessore del cavo
<i>torsione</i>	due sezioni trasversali parallele e non adiacenti del cavo ruotano di un determinato angolo
<i>taglio</i>	scorrimento di due sezioni parallele e contigue

Proprietà meccaniche fondamentali dei cavi

Proprietà	Descrizione sintetica	Sollecitazione correlata
Tenacità meccanica (<i>Toughness in inglese tecnico</i>)	Capacità di un materiale (o cavo) di assorbire energia prima della rottura	Urti o carichi dinamici
Tenacità del filato (<i>Tenacity in inglese tessile</i>)	Resistenza alla rottura per unità di massa del filato; è un indice di resistenza specifica del filato	Carichi statici in relazione al peso
Elasticità	Capacità di allungarsi e tornare alla forma originaria	Carico dinamico e urti
Flessibilità	Capacità di piegarsi senza danneggiarsi	Piegamenti ciclici, passaggi su pulegge
Comprimibilità	Reazione alla compressione trasversale	Serraggio su winch, passaggi stretti
Resilienza	Capacità di assorbire energia elastica senza danno	Urti improvvisi
Resistenza a fatica	Resistenza a cicli ripetuti di carico-scarico	Variazioni continue di tensione
Resistenza all'abrasione interna	Usura tra fibre durante flessioni	Uso ciclico e piegamenti
Resistenza all'abrasione esterna	Usura sulla calza a contatto con superfici	Scorrimento in bozzelli, winch
Stabilità dimensionale	Resistenza al creep (allungamento permanente)	Tensioni statiche prolungate

Classe resistenza fili metallici

Le norme prevedono 5 valori della sollecitazione a rottura del singolo filo dei cavi di acciaio, da 1370 a 2160 N/mm². Si tratta di valori nominali per cui, limitandoci alle ultime tre classi (le prime due non sono più in uso) gli intervalli sono:

classe 3: 1770 N/mm²: da 1570 a 1770

classe 4: 1960 N/mm² : da 1770 a 1960

classe 5: 2160 N/mm² : da 1960 a 2160

Non si va oltre per non incorrere in una eccessiva fragilità dei fili.

Carico di lavoro

La determinazione del carico di lavoro, il carico di esercizio di un cavo, è un'operazione complessa, a causa della vasta gamma di applicazioni, condizioni d'uso e fattori ambientali che ne influenzano il comportamento. I dati forniti dai produttori, tipicamente il **Carico Minimo di Rottura (MBL - Minimum Breaking Load)**, si riferiscono a cavi nuovi, in condizioni ideali, con giunzioni ottimizzate e in assenza di sollecitazioni dinamiche critiche. Quanto segue si riferisce in particolare all'uso diportistico, dove le condizioni sono generalmente meno gravose rispetto ad applicazioni industriali (es. sollevamento con gru) o alpinistiche, per le quali norme specifiche definiscono parametri ben più stringenti.

Per garantire un sufficiente margine di sicurezza tra le sollecitazioni operative e la resistenza del cavo, si introduce il **Fattore di Sicurezza (fs)**, definito come il rapporto tra il carico di rottura (MBL) e il carico massimo di lavoro (**WLL - Working Load Limit**): $fs = MBL/WLL$

Un $fs = 5$ indica, ad esempio, che il carico di rottura è cinque volte superiore al carico di lavoro, il quale corrisponde quindi al 20% ($100/fs$) del MBL.

La scelta del fattore di sicurezza deve prioritariamente garantire che il carico di lavoro si mantenga all'interno del **campo di comportamento elastico** del materiale. Per i cavi in acciaio, il **limite elastico (Yield Strength)** è ben definito e si attesta tra il 55% e il 65% del MBL; superarlo comporta una deformazione permanente. Per i cavi in fibra sintetica, dotati di un comportamento **viscoelastico**, il concetto di limite elastico è più sfumato. Il rischio di deformazione permanente dipende non solo dall'entità del carico, ma anche dal tempo di applicazione e dalla temperatura, come evidenziato dal fenomeno del **creep (scorrimento viscoso)**, un progressivo allungamento nel tempo sotto carico costante.

Il range di deformazione elastica varia notevolmente in base al materiale:

- Il **Nylon** (Poliammide) presenta una regione elastica fino circa il 15-25% del MBL. Superare questo limite compromette irreversibilmente le sue proprietà meccaniche.
- Le **fibre HMPE** (es. *Dyneema*, *Spectra*) mostrano un comportamento quasi lineare fino a un valore molto alto, tra il 50% e il 60% del MBL, apparentemente paragonabile a quello dell'acciaio.

Tuttavia, è un errore applicare agli HMPE gli stessi fattori di sicurezza bassi dell'acciaio. I cavi in fibra sono infatti sensibili a fattori di degrado assenti nei metalli, come: Danni da abrasione e piegature; Sensibilità ai carichi ciclici (fatica) e alle temperature elevate; Rottura fragile (senza preavviso), a differenza di quella duttile dell'acciaio.

I **fattori di sicurezza** tipici sono:

- Cavi in acciaio:

Per manovre fisse (es. sartie, paterazzi): Richiedono un margine più alto per la stabilità dell'albero. Si adottano valori di FS da 2.5 a 3.5.

Per manovre correnti (es. drizze, scotte di acciaio, volanti): In questo caso, la maneggevolezza (flessibilità e diametro ridotto) e la performance sono prioritarie. Per applicazioni agonistiche o su barche leggere, è pratica comune adottare fattori di sicurezza più contenuti, da 1.5 a 2.5. Questo compromesso consente di utilizzare cavi di diametro minore, più facili da maneggiare e con minore attrito nei passaggi, accettando un margine operativo inferiore grazie alla sostituzione frequente e al monitoraggio costante dello stato del cavo.

- Cavi in fibra sintetica:

Crociera: Da 4 a 5 (per garantire durata e compensare degrado ambientale e usura).

Regata: Da 2.5 a 3.5 (dove il peso e il minor ingombro sono critici, ma la sostituzione è più frequente).

Applicazioni critiche (es. sartie in fibra, paranchi): Fino a 6-8. Si aggiunge, per sola informazione non essendo argomento del presente manuale, che una volta determinato lo sforzo che sollecita a monte una manovra, il carico effettivo esercitato sulla cima dovrà tenere conto di un'eventuale sistema funicolare con il sui vantaggio meccanico e gli inevitabili attriti.

Si approfondisce il fenomeno dell'Allungamento con le sue componenti:

Qualsiasi cavo, sia esso tessile o metallico, subisce fin dal primo utilizzo una deformazione in lunghezza proporzionale allo sforzo di trazione applicato. Questo fenomeno è legato all'elasticità delle fibre o dei fili che compongono l'elemento resistente del cavo, nonché alla sua specifica costruzione.

Quando una cima nuova viene sottoposta a tensione per la prima volta, si osserva un allungamento che persiste anche dopo la rimozione del carico. Tale estensione, determinata dal materiale e soprattutto dalla struttura del cavo, raggiunge il suo valore massimo dopo pochi cicli di carico e rimane sostanzialmente invariata per tutta la vita utile del prodotto (fatta eccezione per l'allungamento da *creep*). Per questo motivo,

viene definita **allungamento permanente** o **allungamento di costruzione** (*constructional stretch*). Oltre a questa componente, una cima nuova può presentare un ulteriore allungamento temporaneo, noto come **allungamento per isteresi** (*hysteresis stretch*), che può scomparire nel giro di poche ore o giorni. Questo effetto è generalmente trascurabile, soprattutto nel caso di cavi destinati all'uso diportistico. Per ridurre l'allungamento costruttivo, alcuni produttori applicano un processo di *prestiratura*, specialmente su cavi progettati per impieghi specifici.

I valori tipici dell'allungamento permanente variano in base al materiale e alla struttura del cavo.

Per cavi metallici:

- Cavi 1x19:
 - Acciaio al carbonio: ~0,018%
 - Acciaio inossidabile: ~0,021%
- Cavi a trefoli (es. 7x19): a causa della struttura più aperta, presentano deformazioni significativamente maggiori (es. 0,33% per l'acciaio inox).

A questo punto, il cavo, anche completamente scarico, ha raggiunto una nuova lunghezza stabile, determinata dalla somma dell'allungamento permanente e di un eventuale allungamento per isteresi (in genere trascurabile).

Da questo momento in poi, il cavo avrà un comportamento elastico lineare quando sottoposto a carico sotto la soglia elastica. In particolare:

- Ogni applicazione di tensione comporterà un **allungamento elastico** (*elastic stretch*), perfettamente reversibile al rilascio del carico
- Questo comportamento si mantiene fino a circa il 50-60% del carico di rottura per i cavi in acciaio
- Oltre questa soglia, iniziano a verificarsi deformazioni plastiche irreversibili

I produttori caratterizzano questo comportamento elastico mediante:

- curve carico-allungamento per ciascun prodotto
- valori di allungamento in percentuale a carichi standard (tipicamente 10%, 20% o 30% del carico di rottura)

Tra le fibre sintetiche, quelle hi-tech presentano un modulo elastico più elevato, garantendo un allungamento elastico significativamente ridotto. I cavi HMPE offrono un allungamento contenuto, migliorando sensibilmente il controllo delle manovre.

Così una scotta a basso allungamento mantiene meglio l'assetto iniziale, anche con variazioni della direzione del vento, mentre in altri casi una certa elasticità è necessaria per dissipare energia e proteggere l'attrezzatura. Ne sono esempi la manovra del vang la cui elasticità consente di mitigare l'azione sulla vela da improvvisi sovraccarichi o le sollecitazioni sulle galloce di una linea di ormeggio.

L'allungamento elastico può essere ridotto solo passando a un cavo di diametro maggiore, a un cavo con una maggiore resistenza alla rottura o con un cavo avente un'elasticità tabellata inferiore.

Per stimare l'allungamento di un cavo in acciaio si può impiegare l'espressione successiva, derivata da quella già nota del modulo elastico:

$$e = \frac{\Delta L}{L} = \frac{F}{E_c d^2}$$

in cui al modulo E si è sostituito il valore **Ec** (detto **modulo elastico corretto**) che include E, il rapporto $\pi/4$ e il fattore di riempimento della formula originaria. Gli altri parametri, inalterati, sono la forza **F** a cui è soggetto il cavo, espressa in kN e **d** il diametro nominale del cavo in mm.

Per i valori di Ec si rimanda alla tabella riportata più avanti, ricavata da dati disponibili presso alcuni produttori.

Esempio: si abbia un cavo 1x19 in acciaio AISI 316 ($E_c = 88,5 \text{ kN/mm}^2$) da 7 mm ($d^2 = 49$) lungo 15 m (15000 mm), soggetto a un carico di 22 kN; il suo allungamento permanente sarà di: $0,021 \cdot 15000 / 100 = 3 \text{ mm}$ mentre l'allungamento elastico sarà: $e = 22 / (49 \cdot 88,5) = 0,0051$ che moltiplicato per 15000 = 76 mm per complessivi 79 mm di allungamento che vanno confrontati con il valore di regolazione dell'arridatoio.

	Ec [kN/mm ²]	
tipo cavo	acciaio al carbonio	acciaio inox
tondino		155
1x19	98,8	88,5
7x7	64,4	57,5
7x19	57,5	42,6

Fatica

Fenomeno meccanico che comporta la progressiva degradazione di un materiale sottoposto a sollecitazioni cicliche di carico e scarico. Questo processo può portare al cedimento strutturale (rottura per fatica) dopo un numero variabile di cicli (cumulabili nel tempo), anche quando le sollecitazioni applicate rimangono sempre ben al di sotto del carico di rottura statico del materiale.

Studiata per la prima volta alla fine del XIX secolo su componenti meccanici, la fatica interessa non solo i cavi metallici ma anche quelli in fibre sintetiche. Il meccanismo interviene per sollecitazioni di trazione, flessione e torsione, spesso tra loro combinate, esaltate da eventuali variazioni termiche ripetute. Il processo di degrado è tipicamente caratterizzato dalla formazione di microfratture con successiva propagazione e cedimento finale. Il fattore più importante è il range di carico ($\Delta s = S_{\max} - S_{\min}$): più è ampio minore è la vita a fatica. Un cavo sempre in leggera tensione (pre-tensionato) sopporterà molto meglio le sollecitazioni aggiuntive.

Si riportano alcuni aspetti sulla vita a fatica:

1) *Cavi in fibre sintetiche*

Impiegati per drizze, scotte, cime d'ormeggio e altre manovre correnti su una barca a vela, sono continuamente sottoposti a carichi variabili, specialmente durante virate o strambate con cicli di tensione e rilassamento che provocano stress ripetuti delle fibre. Quando le cime passano attraverso bozzelli, winch o vengono piegate attorno a bitte o verricelli, subiscono sollecitazioni da flessione ripetuta. Queste piegature possono sollecitare ciclicamente le fibre riducendo la resistenza della cima. Analogamente, per le cime di ormeggio le sollecitazioni ripetute indotte dal moto ondoso (la causa principale dei carichi ciclici), da corrente e vento, influenzano la vita a fatica dei cavi. Anche il freddo e l'esposizione ai raggi UV hanno un'influenza negativa sulla resistenza residua dei cavi.

2) *Cavi metallici*

Tipicamente utilizzati per il sartame (manovre dormienti), sono sottoposti a carichi costanti con possibili sollecitazioni a fatica da piegature ripetute (fatica da flessione), soprattutto in condizioni di mare mosso per rollio e beccheggio. Questa flessione, sebbene minima, può accumularsi nel tempo, causando la rottura dei fili interni. La combinazione di sollecitazioni meccaniche e corrosione rende i cavi metallici suscettibili a rotture improvvise. Anche nelle manovre correnti i cavi metallici possono essere soggetti a stress per carichi dinamici ripetuti da flessione e torsione. I cavi spiroidali hanno una tendenza naturale a torcersi sotto carico se non si prendono opportuni provvedimenti nella corretta scelta dei terminali. Il fenomeno va tenuto sotto controllo con opportune strategie di prevenzione consistenti in ispezioni periodiche, soprattutto in corrispondenza dei terminali allo scopo di rilevare cricche e principi di corrosione.

Cricca, sottile e profonda frattura, punto di concentrazione di stress, evoluzione di una microfrattura spesso invisibile o difficile da individuare a occhio nudo, che può progredire rapidamente attraverso la struttura sotto carichi sia statici che ciclici anche favorito da condizioni ambientali corrosive, fino a giungere alla rottura improvvisa del componente metallico. Tipico fenomeno nel settore della metallurgia, trova le cause nella presenza di impurità, per microstrutture non uniformi o per tensioni residue dovute ai processi di lavorazione.

Sforzi sulle manovre delle vele

Per stimare la sollecitazione a cui è sottoposta la manovra di una vela si ricorre solitamente a formule empiriche o a grafici reperibili in diversi manuali e pubblicazioni tecniche dei produttori di cavi, vele e attrezzature navali. Come è intuibile, il carico di lavoro, ad esempio sulla scotta del fiocco, dipende dalla superficie velica e dall'intensità del vento apparente – combinazione vettoriale tra vento reale e il vento di avanzamento (opposto della velocità dell'imbarcazione).

La forza esercitata dal vento sulla vela è proporzionale al quadrato della sua velocità: se il vento raddoppia la sua intensità, la forza aumenta di quattro volte. Ne consegue che, se l'imbarcazione è dotata di più vele di prua (come di consueto), occorre valutare ciascuna di esse separatamente. Un genoa 1 (di grande superficie) non può essere mantenuto in condizioni di vento forte, poiché genererebbe carichi eccessivi. Allo stesso modo, un'imbarcazione più piccola non può reggere, a parità di tipologia di vela, pur con una superficie minore, la stessa intensità di vento sopportata da una barca più grande, a causa della minore stabilità dello scafo e del ridotto momento raddrizzante.

Un metodo per individuare il carico massimo prevedibile è di esaminare le vele intermedie. In particolare, il genoa 3 (o la sua equivalente superficie del rollafiocco) spesso critico: sebbene non sia la vela più grande, è quella che tipicamente si utilizza nelle condizioni di vento più forte in cui una barca può ancora mantenere velocità elevate. Questa combinazione di superficie velica significativa e alta velocità del vento apparente può generare i carichi massimi assoluti sull'attrezzatura.

Un'ultima considerazione riguarda il carico in corrispondenza della vela più piccola, la tormentina che rappresenta la vela per le condizioni di tempesta estrema, dove comunque la priorità è il governo della barca e non la velocità.

La formula empirica più nota (dovuta all'architetto navale inglese Roger Marshall) e utilizzata per stimare con buona approssimazione il carico F (espresso in chilogrammi-forza, kgf) sulla scotta del genoa di imbarcazioni dislocanti, è la seguente:

$$F = S \cdot V^2 \cdot 0.021$$

dove:

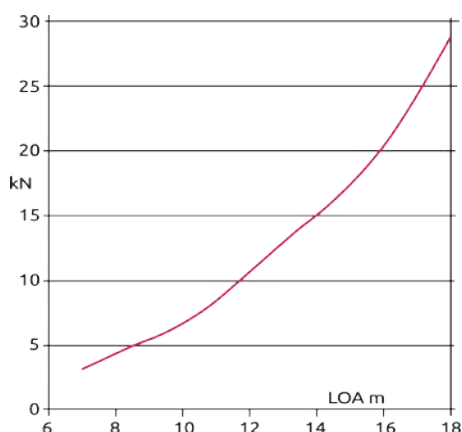
- S = superficie velica (in m^2)
- V = velocità del vento apparente (in nodi - kn), variabile da 15 a 40 kn, secondo le dimensioni dell'imbarcazione

Il coefficiente sperimentale 0.021 incorpora i coefficienti aerodinamici di portanza e resistenza, l'assunto di un angolo di scotta medio e l'efficienza della vela.

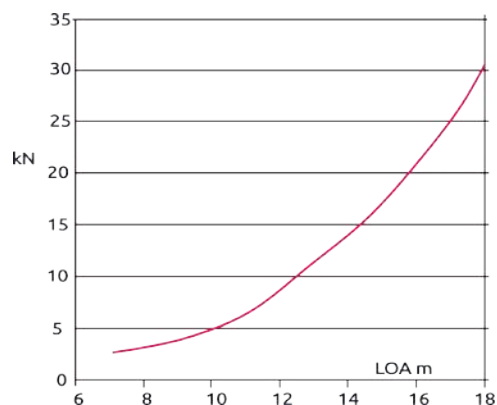
Le scotte degli spinnaker possono essere scelte una o due misure inferiori alla scotta del genoa 3, mentre per i bracci si utilizzano cime di uguale diametro o uno superiore.

Per il carico di lavoro massimo al punto di scotta della randa si può applicare ancora la formula già vista (quando il punto di scotta non si trova lontano dalla varea del boma), moltiplicandola per un fattore correttivo di 1,5 (proposta dal rigger italiano Danilo Fabbroni). Il 20% di tale valore può considerarsi lo sforzo massimo che si oppone al movimento del carrello sul trasto. Per le drizze del genoa e della randa si può ritenere valido considerare un carico di lavoro pari all'80% dei carichi delle rispettive scotte. La borosa, se agisce a doppino, può essere dimensionata per un carico di lavoro metà di quello della scotta della randa.

Altrettanto valido è l'impiego di grafici che, in funzione della lunghezza della barca (LOA) o del dislocamento, forniscono una stima dei carichi massimi attesi sulle manovre principali.



Carichi scotta fiocchi - Monoscafo armato in testa d'albero



Carichi scotta randa - Monoscafo armato in testa d'albero

Cime di ormeggio

Nella terminologia marinara italiana classica esiste solo un verbo, **ormeggiare**, con cui si identificano le operazioni svolte per assicurare a uno o più punti di presa una nave o una imbarcazione, con mezzi di propulsione fermi, mediante elementi di ritenuta quali cavi, catene e ancore sotto l'azione del mare e del vento. L'insieme delle operazioni condotte per ormeggiare un galleggiante è detto **ormeggio**. Con questi due termini si coprono tutte le possibili espressioni quali ormeggio alla boa, in andana, all'ancora, ecc. L'espressione ormeggio all'ancora non va confusa con **ancoraggio** che indica non l'azione bensì lo specchio acqueo, detto anche **sorgitore**, dove si dà fondo all'ancora. Altro termine inerente l'ormeggio è **attraccare**, con cui si intende quella fase di avvicinamento (*accosto*) di un galleggiante con il fianco a una banchina o ad un'altra unità per operazioni di sbarco, imbarco o trasbordo. L'azione è detta **attracco** o **attraccaggio**.

In inglese e quindi nell'uso internazionale (vedere *IALA -International Dictionary of Marine Aids to Navigation*), si impiega il termine *mooring* che, analogamente al nostro ormeggio, ha un ampio significato potendo riferirsi a un qualsiasi galleggiante assicurato a un punto fisso, come un molo, una boa, ma anche all'ancora in acque libere. Quest'ultima condizione ha, nell'inglese due termini specifici, *anchorage*, il luogo (ancoraggio o sorgitore) e *anchoring*, la manovra per ancorare (andare all'ancoraggio). Altri termini inglesi inerenti l'argomento, impiegati soprattutto in ambito marittimo commerciale, sono *docking* (da *dock* – molo, banchina, scalo, ma anche bacino), che indica l'attracco di una nave o imbarcazione lungo una struttura come un molo o una banchina o in un bacino. Si comprende che le segnalazioni visive presenti in un porto o su una via d'acqua, utili a indirizzare una nave o un'imbarcazione verso l'ormeggio, sono indicate nei documenti internazionali come *docking signal*, detti anche *Traffic Control Signals*. Pertanto il termine *docking* generalizza il nostro attracco, che è invece indicato con il termine *berthing* se riferito a una nave assicurata a un molo per operazioni di sbarco, imbarco e sosta prolungata. Una maggiore comprensione si ricava da un paragone con il parcheggio di un'auto, che abbiamo trovato in un corso inglese di *shipping*: Immagina di parcheggiare un'auto: *Docking* è simile all'entrare in qualsiasi posto disponibile in un centro commerciale; *Berthing* è come parcheggiare in uno spazio riservato, progettato per specifici veicoli; *Mooring* è più simile al sostare l'auto in un campeggio non fornito di spazio specificamente attrezzato, ma sufficiente a garantirne la sicurezza.

La scelta di una cima di ormeggio deve tener conto di: resistenza a trazione, a fatica e a sollecitazioni dinamiche, nonché durata, protezione dai raggi UV; flessibilità, maneggevolezza.

Resistenza a trazione e a fatica: Le cime devono essere capaci di contrastare le azioni esterne perurbatrici dovute al vento, alle onde e alle correnti. In genere ci si affida a tabelle da cui si sceglie il diametro del cavo, per fibra e costruzione, in funzione della lunghezza o del dislocamento dell'imbarcazione. Una tale pratica consente scelte idonee per condizioni più frequenti di ormeggio, in genere per i cavi più diffusi. Il miglior modo, così come avviene sulle navi, è quello di determinare, pur nella inevitabile approssimazione, il carico di rottura minimo che le cime di ormeggio debbano garantire e con questo valore procedere a una più efficace scelta che tenga conto delle altre esigenze richieste dalle cime per l'ormeggio.

Una stima della forza del vento (F_w [kg]), su una imbarcazione può essere ricavata dalla seguente formula, derivata dall'equazione di Bernouille, un fisico svizzero del '700, applicata ad esempio per ricavare la resistenza al vento di una struttura:

$$F_w = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$$

- ρ = densità aria $\approx 1,225 \text{ kg/m}^3$ (in condizioni standard)
- C_d = coefficiente di resistenza ≈ 1.23 (valore medio)
- A = superficie esposta al vento (m^2)
- v = velocità del vento (m/s)

Vento (Beaufort)	Velocità (nodi)	(m/s)
3 (brezza)	7	4
5 (vento teso)	19	10
7 (vento forte)	33	17
9 (burrasca forte)	47	24

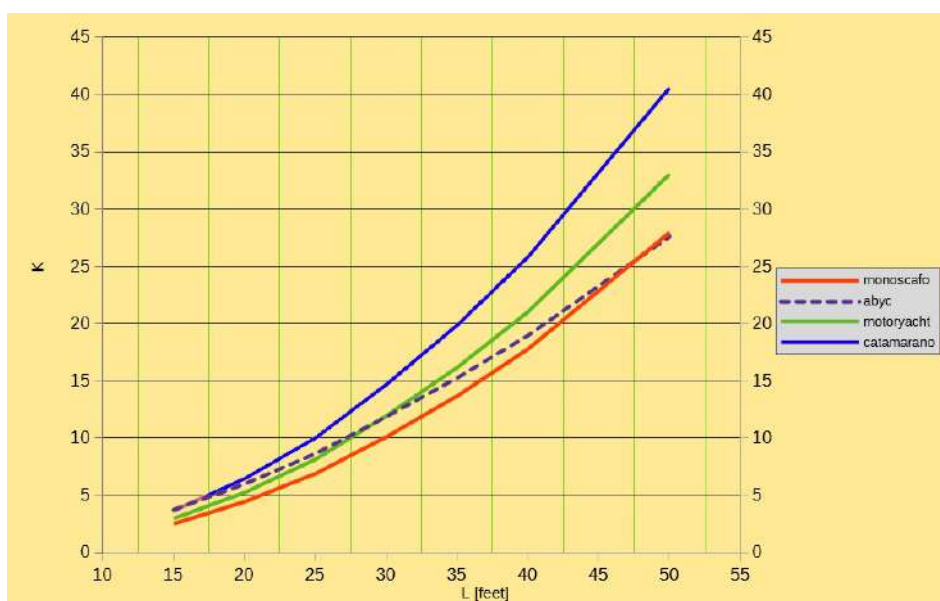
Un altro metodo di stima è quello suggerito dall'ABYC (*American Boat and Yacht Council*), un ente, senza scopo di lucro, fondato nel 1954, che stabilisce gli standard per la costruzione e la manutenzione delle unità da diporto negli Stati Uniti. Il calcolo della forza del vento si ricava dalla seguente formula:

$$F_w = 0,0089 L^{1.66} V^2 \quad F_w \text{ [kg]}; L \text{ [m]} \text{ lungh. imbarcazione}; V \text{ [kn]} \text{ velocità del vento.}$$

Per facilitare il calcolo si è elaborato un grafico, impiegando la prima formula, che per tipologia di imbarcazione fornisce il valore di un fattore K con cui ricavare la forza del vento (in kN) in funzione della velocità del vento scelta in m/s. Per raffronto la linea tratteggiata rappresenta la formula proposta dall'ente americano.

Esempio di dimensionamento delle cime per un ormeggio in banchina:

Imbarcazione da 40 piedi, dislocamento 11 tonnellate. Dal diagramma si valuta un



Forza del vento $F_w [N] = K V^2$ (V in m/s)

coefficiente $K = 18$; ipotizzando condizioni di vento forte (forza 7 da 33 nodi = 17 m/s) la spinta del vento sarà: $F_w = 18 \times 17^2 = 5200$ N (Newton) corrispondenti a $5200/9,81 \sim 530$ kg. Tale valore rappresenta il carico minimo che una cima singola deve contrastare se lo sforzo fosse costante. In mare, le raffiche e i movimenti dello scafo generano forze dinamiche ben superiori a quelle statiche. È quindi prudente moltiplicare il valore ottenuto per un fattore compreso tra 4 e 5: $530 \text{ kg} \times 5 = 2.650$ kg. Questa è la forza massima che il sistema di ormeggio potrebbe dover sopportare. Per conoscere il carico di rottura minimo (MBL) si deve moltiplicare tale carico massimo di lavoro per un fattore di sicurezza (f_s), tipicamente pari a 2: $MBL_{\text{totale}} = 2.650 \text{ kgf} \times 2 = 5.300$ kgf.

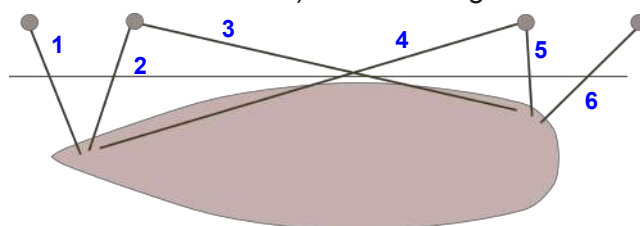
Distribuzione dello Sforzo tra le Cime: Supponendo di utilizzare 4 cime (2 a prua e 2 a poppa), il carico non si distribuisce mai perfettamente in modo uniforme. Per un calcolo conservativo, è buona norma presupporre che solo due cime (una a prua e una a poppa) siano attive nel sostenere lo sforzo principale. Pertanto, ogni cima singola dovrebbe avere un carico di rottura non inferiore a: $MBL_{\text{totale}} / 2 = 5.300 \text{ kgf} / 2 \approx 2.600$ kgf

Una scelta adeguata potrebbe essere una cima trecciata in poliestere (non prestirato, per mantenere una buona elasticità) con un diametro di 18-20 mm, il cui carico di rottura si attesta indicativamente tra i 3.000 e i 4.000 kgf, soddisfacendo quindi ampiamente il requisito. Per un ormeggio provvisorio, si potrebbe optare per un cavo piano in nylon da 12-14 mm, materiale noto per la sua alta elasticità e capacità di assorbire gli strappi.

Un metodo rapido impiegato dai cantieri richiede che ogni cavo debba sopportare almeno il 25% del dislocamento. Nell'esempio: $11000 \times 0,25 = 2750$ kg, molto prossimo ai 2600 calcolati sulla lunghezza.

Naturalmente nella valutazione incide il luogo (protetto o meno dal vento e dal mare) e dalla configurazione

dell'ormeggio. A una banchina, un molo o un pontile, se l'imbarcazione è ormeggiata di fianco si preferisce l'impiego di 4 cime, mentre nell'ormeggio in andana, tipico dell'area mediterranea, due cime assicurano la poppa (il caso più frequente) o la prora a terra e una terza, in posizione opposta, assicura l'unità a un corpo a mare, in genere un gavitello ancorato al fondo marino. Diverso è il caso di un ormeggio all'ancora in cui ci si affida a una sola cima, catena o a una linea mista cavo/catena.



- 1) prodese (barbetta) - head line 2) traversino - breast line
- 3) spring - aft spring
- 4) spring - forward line 5) traversino - quarter line 6) poppese (codetta) - stern line

Durata: le cime di ormeggio sono soggette a usura significativa per abrasione, specialmente nei punti di contatto con anelli, bitte, galloce e la banchina stessa. Il poliestere offre generalmente una migliore resistenza all'abrasione rispetto ad altre fibre. È fondamentale proteggere le parti più sollecitate per prolungarne la vita operativa.

Protezione dai raggi UV: l'esposizione prolungata alla luce solare diretta è una delle principali cause di degrado delle fibre. Il poliestere dimostra un'ottima resistenza ai raggi UV, mantenendo le sue proprietà meccaniche più a lungo; il nylon, sebbene superiormente elastico e ideale per assorbire i carichi d'urto, è più vulnerabile al deterioramento da UV e richiede una maggiore attenzione se lasciato costantemente esposto.

Flessibilità e maneggevolezza: caratteristiche cruciali per una gestione pratica e sicura a bordo. I cavi trecciati sono da preferire per la loro morbidezza, flessibilità e minore predisposizione a formare cocche, rendendoli più facili da manipolare e stivare.

Ormeggio all'ancora

La linea di ancoraggio (o *anchor rode* in inglese) può essere realizzata in catena, in cima tessile (nylon, poliestere) o in configurazione mista, combinando cioè un tratto di catena a uno in cavo. Ogni soluzione presenta caratteristiche distinte che ne determinano l'impiego.

La Linea in Catena:

La catena è la soluzione più efficace per l'ancoraggio. Il peso delle sue maglie fa sì che la linea si disponga naturalmente secondo una curva detta **catenaria**. Si tratta di una forma vantaggiosa perché:

- Mantiene il tratto iniziale, quello a contatto con l'ancora, quasi parallelo al fondo (limitatamente all'entità del tiro).
- Minimizza la componente verticale della forza di trazione, evitando così di far "spedare" (sollevare) l'ancora dal fondo.
- Assorbe le sollecitazioni dinamiche (strappi causati dal vento e dal moto ondoso) grazie alla sua inerzia, smorzandone l'effetto sull'ancora.

La Linea in Cima Tessile:

L'uso della cima (spesso in nylon) è comune per ancore di piccole dimensioni o su imbarcazioni sotto i 10-12 metri, dove il peso eccessivo di una lunga catena a prua sarebbe svantaggioso. In questo caso, la funzione di ammortizzatore delle sollecitazioni dinamiche è affidata all'elasticità della cima stessa. Il nylon è la fibra sintetica preferita per questa funzione, grazie al suo elevato allungamento (fino al 25-30%, contro il 10-15% del poliestere). Tuttavia, i cavi in nylon tendono ad assorbire acqua e, col tempo, possono irrigidirsi. Per questo, il poliestere (meno elastico ma più resistente all'abrasione e all'usura) è a volte preferito per un uso più duraturo.

La Soluzione Mista:

Un'ottima alternativa è l'accoppiamento di un tratto di catena (a contatto con l'ancora) a una cima tessile. Questa configurazione manifesta alcuni vantaggi di entrambe le soluzioni:

- Riduce il peso complessivo rispetto a una linea interamente in catena.
- La catena iniziale garantisce il corretto appoggio dell'ancora sul fondo, riducendone il rischio di ribaltamento e mitiga la componente verticale del tiro oltre a proteggere la cima dall'usura causata dallo sfregamento su rocce o sabbia.
- La cima fornisce elasticità per assorbire gli strappi e leggerezza per essere maneggiata più facilmente.

Tipologie di Cime

Per l'ancoraggio le tre tipologie più comuni nella nautica da diporto sono:

1. Cavo Piano (a 3 legnoli)

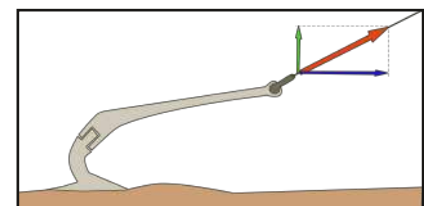
- Vantaggi: È la tipologia tradizionale e generalmente più economica.
- Svantaggi: È poco maneggevole e tende a torcersi sotto carico, formando delle fastidiose cocche. Questi difetti si accentuano all'aumentare del diametro, che si sconsiglia di superare i 16 mm; l'impiego possibile del nylon in questa costruzione è per diametri tra i 6 e i 12 mm.
- Impiego: Scelta economica per imbarcazioni piccole, ma spesso evitata per via della sua scarsa maneggevolezza e tendenza a torcersi.

2. Cavo a 8 Legnoli ("Squareline")

- Vantaggi: Costruzione moderna e bilanciata che non si torce sotto tensione. Rispetto al cavo piano, le versioni in nylon restano molto più flessibili e si irrigidiscono di poco quando sono bagnate.
- Svantaggi: Nei primi utilizzi può tendere a impigliarsi; questa caratteristica si riduce dopo un primo periodo di "assestamento" sotto carico.
- Impiego: Ottimo compromesso, è una tipologia diffusa e versatile per l'ancoraggio principale su imbarcazioni da diporto.

3. Cavo a Doppia Treccia ("Braid on Braid")

- Vantaggi: Offre la migliore maneggevolezza, flessibilità e facilità di stivaggio. A parità di diametro, è più leggero delle altre due tipologie.
- Svantaggi: È generalmente la scelta più costosa. La sua costruzione complessa lo rende più difficile da impiombare alla catena o alla cicala, rispetto ai precedenti tipi.
- Impiego: Preferito per piccole imbarcazioni, gommoni o come cima per un'ancora di rispetto su barche più grandi, dove la facilità di gestione è prioritaria. Meno comune per l'ancoraggio principale di imbarcazioni di media stazza.



La scelta della cima più idonea per un ormeggio all'ancora, in termini di resistenza a trazione, può farsi seguendo le procedure già illustrate per le cime di ormeggio in banchina, considerando che lo sforzo è sostenuto, salvo ormeggio in afforco, da una sola linea di ancoraggio. Per una linea mista la cima deve avere un carico di rottura almeno uguale a quello della catena. Una catena in acciaio ha una resistenza nominale a rottura indicata da un grado: G30 e G40, i valori tipici più usati, corrispondono a 30 kg/mm² e 40 kg/mm² di resistenza unitaria a rottura.

Dall'area della sezione si ricava il valore minimo del carico di rottura della catena: *catena 8 mm* => $A = \pi \cdot d^2/4 = 3,14 \cdot 64/4 \approx 50,3 \text{ mm}^2$ che va moltiplicato per 2 per tenere conto che la sezione resistente è doppia => $CR = 30 \cdot 50,3 \cdot 2 \approx 3000 \text{ kg}$, un valore garantito da una cima in nylon o in poliestere di 14 mm.

Qualora l'imbarcazione non fosse già corredata di catena, questa può essere dimensionata ricorrendo ai regolamenti pubblicati dalle società di classificazione navale, quali il RINA o il Lloyd's Register. In rete è possibile ottenere in maniera gratuita le *Rules for Classification and Construction - Yachts and Boats up to 24 m* del Germanischer Lloyd che è stata una società di classificazione di navi fondata nel 1867 ad Amburgo, in Germania e che dal 2013 si è fusa con la società di classificazione norvegese Det Norske Veritas (DNV). Le regole relative all'ancoraggio (riportate nel documento gl_i-3-3) sono ad oggi ancora valide. Attraverso la valutazione di un opportuno **modulo di armamento** (o tramite il dislocamento) è possibile ricavare le dimensioni della maglia di catena (tipo G30) da assicurare all'ancora. Dal modulo di armamento, per mezzo di tabelle, suddivise in imbarcazioni a vela o a motore, è possibile anche conoscere i calumi minimi delle catene, tenendo presente che tali lunghezze si riferiscono ad ancoraggi in acque poco profonde (*sheltered waters*).

Si conclude questo breve paragrafo ricordando che è necessario ispezionare regolarmente le cime soprattutto in corrispondenza delle impiombature per individuare eventuali segni di usura e garantire l'integrità del sistema di ancoraggio.

Carichi a strappo - all'ormeggio

Una cima si dice sottoposta a un carico a strappo (in ingl. shock load) quando è investita da energia estremamente rapida e di forte intensità. Si tratta di un termine ingegneristico indicativo di un carico dinamico che per un tempo molto breve sollecita a trazione il cavo allungandolo, giungendo, se l'intensità della forza è particolarmente elevata, a "strappare" le fibre come se fossero sottoposte a un carico statico molto superiore a quello di esercizio.

In presenza di sollecitazioni dinamiche sovrapposte ai carichi statici all'ormeggio, soprattutto all'ancora, è buona norma che il carico di lavoro (Working Load Limit - WLL) non superi il 20% del carico di rottura minimo (Minimum Breaking Load - MBL). Questo rapporto corrisponde a un fattore di sicurezza pari a 5 ($FS = MBL / WLL = 100\% / 20\% = 5$).

L'analisi dei dati di diversi produttori per i cavi double-braid in nylon rivela un aspetto fondamentale: a parità di tale fattore di sicurezza, l'allungamento percentuale (ϵ) al carico di lavoro può variare sensibilmente, spaziando da un 3,5% a un 12%. Questa ampia variabilità è imputabile alle differenze costruttive (come la titolazione dei filati e il tipo di intreccio), le quali si riflettono direttamente sulle proprietà meccaniche del cavo. In particolare, il modulo di elasticità apparente (E) di questi cavi può variare in un intervallo compreso tra 0,8 e 2,5 GPa:

- I valori più bassi (es. 0,8 - 1,2 GPa) caratterizzano cavi altamente elastici, ideali per assorbire energia.
- I valori più alti (es. 2,0 - 2,5 GPa) indicano cavi più rigidi, generalmente più resistenti all'abrasione ma meno performanti nell'assorbimento degli shock.

Il principio fisico alla base della protezione dell'ormeggio è la conversione dell'energia potenziale del movimento (e/o dell'energia cinetica) della barca in energia elastica (E_a) immagazzinata nel cavo.

Questa energia assorbita è calcolabile come: $E_a = (F * \Delta L) / 2$ (energia di una molla) dove F è la forza media di trazione e ΔL l'allungamento totale del cavo.

Poiché l'allungamento totale è dato da $\Delta L = \epsilon * L$ (dove ϵ è l'allungamento percentuale e L è la lunghezza a riposo del cavo), ne consegue che la capacità di assorbimento energetico è massimizzata da:

1. Alta deformazione (ϵ): Un cavo con un modulo elastico (E) basso si allunga di più a parità di forza.
2. Maggiore lunghezza (L): Un cavo più lungo offre una "corsa" elastica maggiore.

In sintesi, un cavo più lungo e più elastico (basso E) è in grado di assorbire quantità di energia molto maggiori, limitando le forze di picco trasmesse all'ancoraggio e allo scafo.

Quando l'energia da assorbire supera la capacità del sistema, la forza F nel cavo aumenta per consentire un ulteriore allungamento (ϵ). Se questa forza si avvicina al carico di rottura (MBL) del cavo, si raggiunge il limite di sicurezza dell'ormeggio.

Si è elaborato un diagramma di confronto delle capacità di assorbimento energetico per cavi double-braid in nylon.

In esso sono tracciate due curve di energia specifica (in kgm/m) al carico di lavoro (WLL) pari a 1/5 del carico di rottura minimo (MBL).

Tali curve rappresentano gli estremi del range di elasticità disponibile. La curva superiore si riferisce a cavi altamente elastici (basso modulo E), ideali per massimizzare l'assorbimento degli shock; quella inferiore rappresenta cavi più rigidi (alto modulo E).

I valori di energia specifica riportati rappresentano quindi il lavoro massimo che un metro di cavo può compiere in allungamento (assorbire) rimanendo all'interno del suo carico di lavoro nominale (WLL). Utilizzare il cavo in questo regime garantisce che non sia soggetto a sovraccarichi dannosi e che abbia una lunga vita operativa.

Utilizzo del diagramma:

Lo scopo dello strumento è stimare la lunghezza L di cavo necessaria ad assorbire un'energia incidente E_a in piena sicurezza:

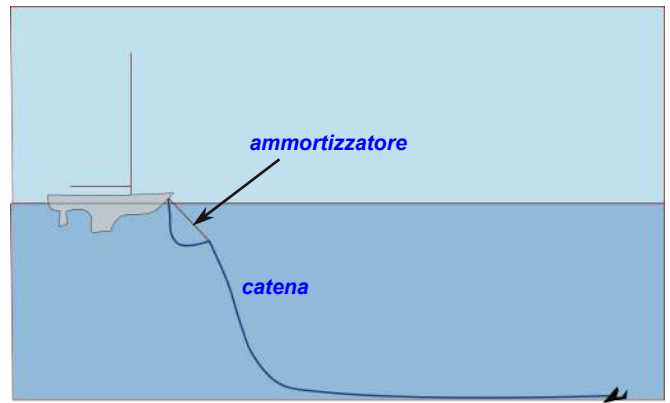
1. Dal grafico, individuare l'energia specifica E_{as} [kgm/m] per il diametro e il tipo di cavo scelti.
2. La lunghezza minima necessaria è data da: $L = E_a / E_{as}$.

Selezionando una lunghezza pari o superiore a L, si garantisce che l'energia venga dissipata senza che la tensione nel cavo superi il suo carico di lavoro sicuro (WLL).

Si ricorda che una linea di ancoraggio in solo cavo è adatta per ancore e imbarcazioni più piccole, essendo quella in catena la più adatta, dove le sollecitazioni a strappo vengono assorbite dalla catena, in virtù della sua particolare forma geometrica, la catenaria, nonché da apposito smorzatore (snubber) costituito da un

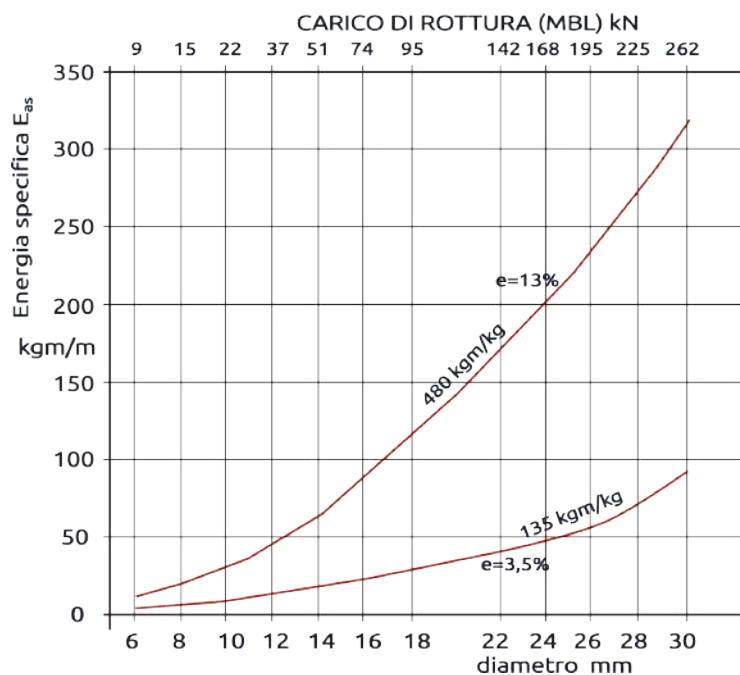
tratto di cima molto elastica, tipicamente in nylon, di adatte dimensioni (lunghezza e diametro) abbozzata in un punto finale di catena e un punto di presa sulla prua. Esistono validi programmi (anchorage calculator), anche per dispositivi mobili, che aiutano nelle scelte più idonee.

Nota: • Il diagramma riportato va considerato come strumento comparativo e indicativo. I valori assoluti infatti possono variare in base al produttore del cavo. Per progetti definitivi, è indispensabile fare riferimento ai dati tecnici del fornitore.



Esempio

Una imbarcazione all'ancora con 3 t di dislocamento (D) sia sottoposta a oscillazioni a strappo misurate in circa 0,5 m di oscillazione dell'unità (Δh). La cima dell'ancora sia una doppia treccia in nylon di 18 mm di diametro, che dal grafico ha un range di energia assorbibile per unità di lunghezza $E_{as} \approx 30 \div 120$ kgfm/m. L'energia potenziale da contrastare vale: $D \cdot \Delta h = 1500$ joule (kgfm). Il range di lunghezza varia tra $1500/30$ e $1500/120 \Rightarrow 50 \div 12,5$ m, con una minore sollecitazione per i valori più alti. Naturalmente la scelta deve tener conto anche del fondale. Si tenga presente che per ridurre le sollecitazioni dovute all'azione ondosa, può essere utile spostarsi su un maggiore fondale.



Cogliere un cavo

Cogliere, raccogliere una cima in spire successive (dette *duglie*, da cui anche il termine equivalente *adugliare* o *addugliare*) sovrapposte, per poterla poi stendere facilmente all'occorrenza.

Una esecuzione non adatta arreca un danno da torsione al cavo che si manifesta con la comparsa di cocche al momento dell'utilizzo riducendo la capacità di carico del 15-20%. Il fenomeno è tanto più vistoso quanto maggiore è il tempo in cui il cavo mal colto è stato riposto.

Si esegue in modi diversi, a seconda che si tratti di una cima ritorta o trecciata.

Per i **cavi ritorti**, in particolare i cavi piani a 3 legnoli, caratterizzati da un orientamento finale tipicamente di tipo "Z", commettitura destrorsa (quella per cui una rotazione antioraria tenderebbe ad aprirla):

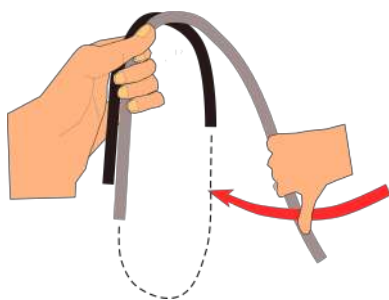
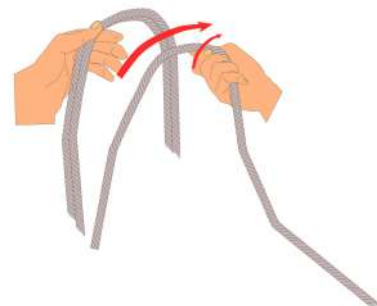
- si afferra un capo con la mano sinistra (a partire dal dormiente se la cima è assicurata a una galloccia, un verricello);
- con pollice e indice della mano destra si eseguono, con movimento orario, successive spire circolari disponendole sovrapposte nella mano sinistra, applicando anche una leggera torsione oraria ad ogni spira.

Cime di maggiore peso vanno colte in orizzontale, ad esempio addugliandole in coperta.

Se la cima dovesse essere a commettitura "S" le volte vanno colte in senso antiorario.

Per le **cime intrecciate**, caratterizzate da una costruzione bilanciata, il metodo delle spire tonde sovrapposte presenta il rischio di formare cocche al momento dell'utilizzo. Il modo più idoneo di addugliare consiste quindi nell'alternare colli a diversa torsione ovvero raccogliendo le spire ad 8.

Nel primo caso, a **colli alternati**, si esegue un collo tondo in senso orario, seguito da un collo ruotato di 180°.



1) Si afferra la cima



2) ruotando la mano si porta il collo sulla mano sinistra



3) si sovrappongono le duglie

Per ottenerlo si afferra la cima con la mano destra avendo il dorso di fronte e quindi, mentre si ruota la mano, si porta il nuovo collo sugli altri della mano sinistra.

Importante alla fine dell'esecuzione è evitare di passare un estremo della cima all'interno della matassa per non rischiare che la cima si incattivi al momento di stenderla. Interessante è l'uso di tale metodo anche per cavi elettrici, cavi metallici e tubi dell'acqua.

Metodo con **colli ad otto**:

- afferrare un capo con la mano sinistra;
- prendere una lunghezza di cima stendendola con la destra;
- con la destra portare la cima verso sinistra applicando contemporaneamente una leggera rotazione oraria verticale della mano, portandola di poco avanti così da favorire la formazione naturale di un collo a forma di 8;
- si prosegue con un'altra lunghezza di cima (il più possibile uguale alla precedente) con un successivo collo ad 8 e così via.

Nei disegni sono illustrate le posizioni delle mani nelle fasi di realizzazione delle duglie.

Dopo qualche esercizio si raggiunge una buona capacità nella corretta raccolta della cima.



1) Si afferra la cima e si ruota appena la mano

2) la mano destra nell'avvicinarsi alla sinistra viene spostata appena in avanti

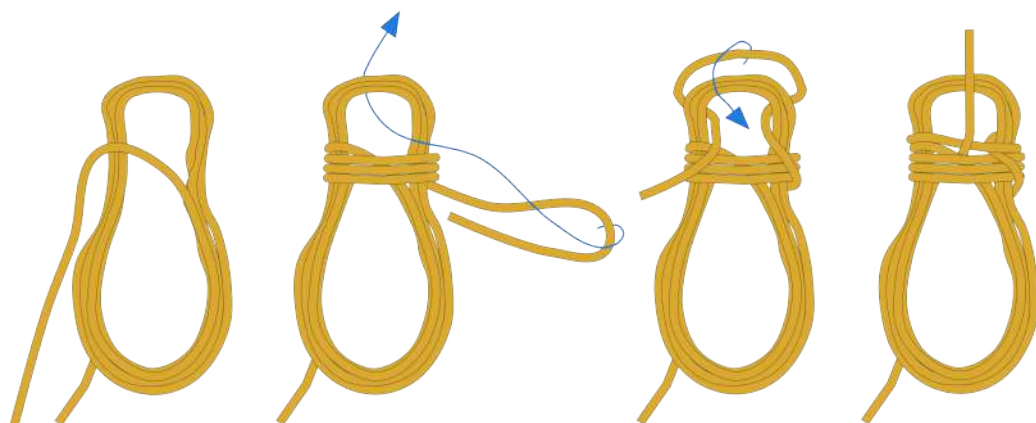
Serrare la matassa

Per tenere unita una matassa di cavo dopo averla addugliata si può utilizzare il corrente in vari modi ovvero impiegando una semplice cimetta o uno stroppo aperto fornito di bottone o coccinello, in special modo per matasse pesanti e cavi spessi.

Si riportano graficamente due metodi:

il primo, denominato in qualche testo come **metodo della gaschetta**, era in uso sulle navi mercantili della seconda metà dell'800 quando, trovandosi nel porto, invece di usare i semplici gerli per serrare la vela quadra al pennone, si faceva uso di un'allacciatura con un'unica cima anch'essa chiamata *gerlo* o, per una tracrizione italiana dell'inglese *gasket*, *gaschetta*. La cimetta dopo essere stata adugliata e serrata veniva assicurata nella parte superiore del pennone da cui pendeva sulla vela.

Il secondo metodo impiega un **nodo parlato ganciato**, applicabile a matasse di poche duglie. Il nodo deve essere ganciato per facilitarne lo scioglimento per la sua tendenza a incattivirsi.

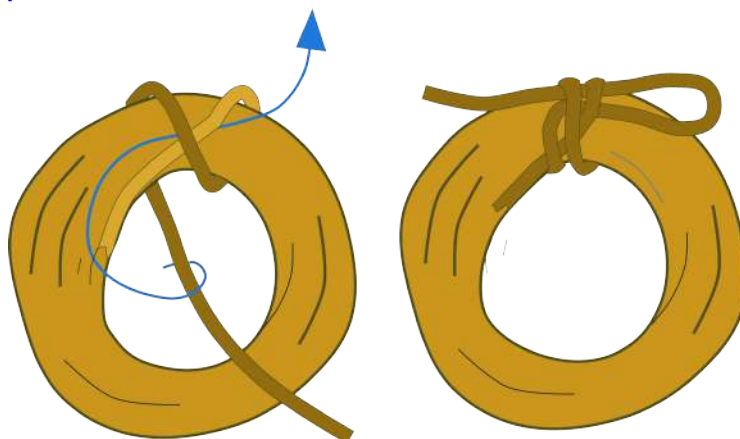


IL METODO DELLA GASCHETTA

si fanno quattro o cinque volte vicino alla testa della matassa; si passa il corrente a doppino nell'occhio

per poi ribaltarla sulla parte superiore della stessa matassa.

IL METODO CON NODO PARLATO GANCIATO



Impalmature

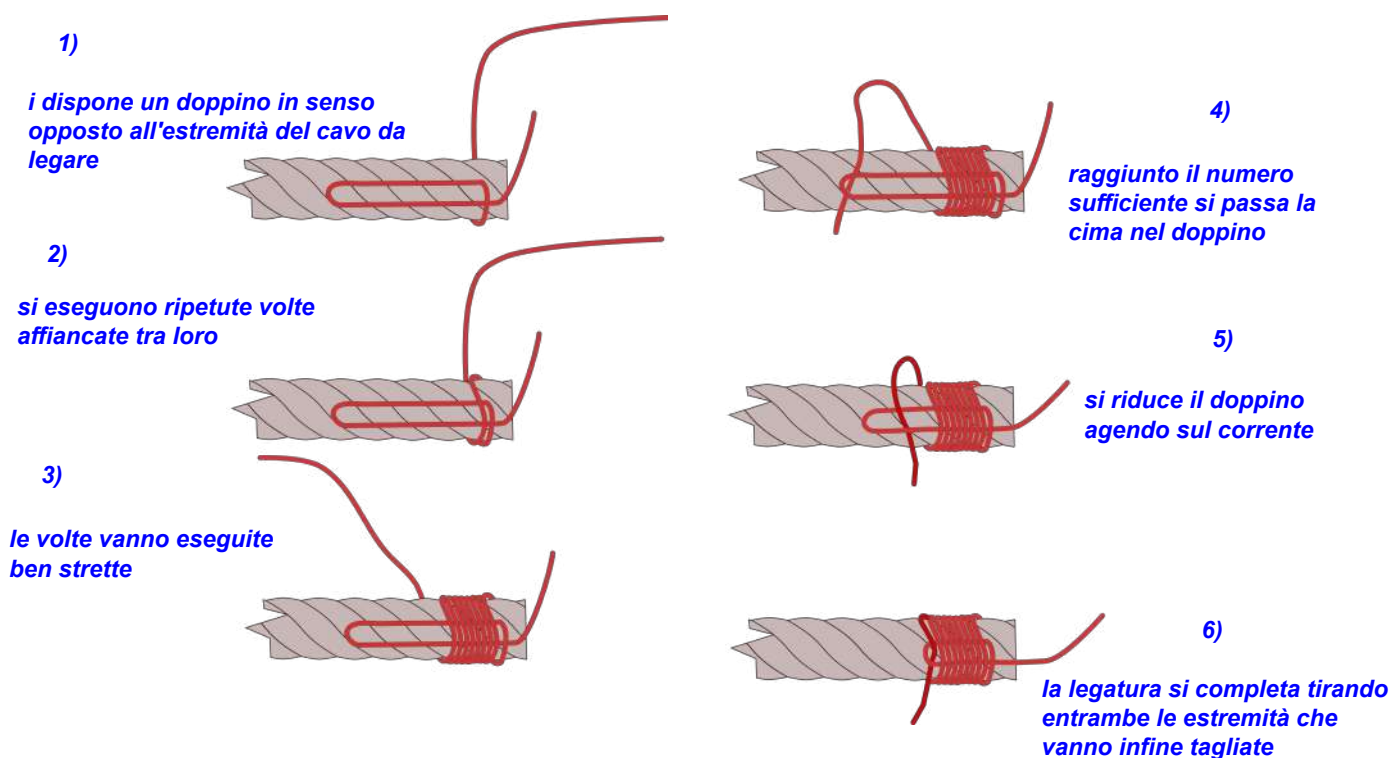
Si tratta di legature eseguite all'estremità di un cavo (*legature in cima*) per tenere uniti e ben serrati i legnoli ad evitare che si possano discommettere. Questo genere di lavoro è particolarmente indicato per i cavi piani i cui legnoli, specie se in fibre sintetiche, tendono a perdere facilmente la commettitura.

Molto spesso si ricorre alla fusione a caldo (tipicamente eseguita con un accendino) delle estremità delle filacce, un'operazione che, in generale, andrebbe evitata o quanto meno eseguita in maniera appropriata dove necessaria. La fusione eseguita impropriamente può dar luogo all'irrigidimento dell'estremità della cima peggiorandone la maneggevolezza e creando un possibile punto di appiglio ogni volta che la cima viene fatta scorrere. A tal proposito si fa notare che quando si acquista una cima solitamente il commerciante la taglia con un coltello a caldo (taglia scotte a caldo) e ne fa una matassa, non sempre addugliata come si deve. Una qualunque cima è un prodotto costituito da elementi in continuo movimento reciproco. Limitandoci a una cima a doppia treccia la fusione delle estremità impedisce alla guaina esterna di muoversi in maniera adeguata quando andremo a sciogliere la matassa. Quindi la prima operazione è quella di troncare le estremità fuse, stendere la calza per tutta la lunghezza, un'operazione detta *mungitura* e quindi effettuare l'impalmatura, previa fusione, se realizzata ad arte, dell'estremità dell'anima.

Della nutrita famiglia delle impalmature (in ingl. *whipping*) si riporta la più semplice, realizzata con legatura piana, detta così per essere costituita da successive volte affiancate di filo sottile (spago o lezzino), eventualmente colorato per esaltare l'aspetto estetico, in poliestere preferibilmente cerato e resistente all'usura. La regola generale vuole che il numero di spire sia tale da avere una estensione della legatura pari al diametro della cima su cui va realizzata. Così per una cima di 10 mm si eseguono non meno di 12 passate con uno spago di 0,8 mm (*whipping twine*).

L'impalmatura descritta e illustrata più avanti è una **impalmatura semplice** (*ordinary whipping*) che, pur essendo efficace in molte occasioni, non ha certamente una lunga durata, soprattutto se la cima su cui è realizzata subisce continue sollecitazioni.

Per i cavi calzati è ancora possibile impiegare una legatura piana, ma ricorrendo a una passata con ago all'inizio e alla fine dell'esecuzione.



UNITÀ DI MISURA

Lunghezze

Oltre alle unità decimali (tipicamente il metro [m] e il millimetro [mm]), per i cavi si impiegano le unità di misura inglesi: pollice (inch) [in] e piede (feet) [ft]

Pesi

Nelle specifiche sui cavi, alle unità decimali (chilogrammo [kg] e grammo [gr]) può comparire anche la libbra (pound/libra) [lb]. Per i cavi le misure di peso si riferiscono all'unità di lunghezza, tipicamente 1 metro o 1 piede (indicate a volte come *densità lineare*) o all'unità di volume, in genere cm³. I simboli più ricorrenti sono pertanto [kg/m] o [lb/ft] e [g/cm³]

Forze, sollecitazioni

L'unità riconosciuta a livello internazionale è il Newton [N], anche se continua ad essere impiegato il kg, per il quale ufficialmente vale l'equivalenza: 1 kg = 9,81 N (per scopi pratici 1 kg = 10 N). È preferibile l'uso del simbolo [kgf] (chilogrammi forza), al posto di [kg] per sottolineare la caratteristica di forza espressa dal valore associato.

Multipli più frequentemente impiegati: [daN] (decanewton) = 10N; [kN] (chilonewton) = 1000N

Sforzi, pressioni, modulo di elasticità

Si tratta di grandezze fisiche definite come rapporti tra una forza e l'area della superficie su cui agisce. Nello sforzo, detto anche tensione, la forza è generica, mentre nella pressione la forza è quella esercitata dal fluido perpendicolare alla superficie. Il rapporto di una forza di 1 Newton su una superficie di 1 m² è indicato con l'unità di misura Pascal [Pa].

Così 20Pa = 20N/m²

Altre unità di misura di sforzo più impiegate sono: kN/mm²; MPa (megapascal) che esprime il fattore 10⁶ (1 con 6 zeri, ovvero un milione di Pa) e GPa (gigapascal) con fattore 10⁹ (1 con 9 zeri, ovvero un miliardo di Pa)

Nelle unità anglosassoni si ritrova lb/in² (libbre su pollice quadrato), spesso indicato con l'acronimo psi (*pound square inch*)

lunghezze

da	a	fattore moltiplicativo	da	a	fattore moltiplicativo
in (inch)	mm	25,4	mm	in	0,0394
ft (feet)	m	0,305	m	ft	3,28

peso

da	a	fattore moltiplicativo	da	a	fattore moltiplicativo
kg	lb	2,205	lb	kg	0,454
kg	g	1000			
kg/m	lb/ft	0,672	lb/ft	kg/m	1,488

forze, sollecitazioni

da	a	fattore moltiplicativo	da	a	fattore moltiplicativo
N	kg	0,102	kg	N	9,81
N	lb	0,2248	lb	N	4,448

sforzi, modulo di elasticità

da	a	fattore moltiplicativo	da	a	fattore moltiplicativo
N/mm ²	kg/mm ²	0,102	kg/mm ²	N/mm ²	9,81
GPa	kN/mm ²	1			
N/mm ²	lb/in ²	145,04	lb/in ²	N/mm ²	0,0069
MPa	N/mm ²	1			

Velocità

Il nodo è una unità di misura per la velocità equivalente ad un miglio nautico l'ora, corrispondente a 0,514 m/s. In ambito internazionale il simbolo utilizzato è **kn**

Unità di misura: la confusione tra chilogrammi e newton

Nella pratica, per quantificare una forza si utilizza ancora e spesso il chilogrammo (kg), nonostante il Sistema Internazionale (SI) preveda l'uso del newton (N). Questa scelta può generare ambiguità, poiché il kg, nell'SI è l'unità di misura della massa (m) – proprietà intrinseca di un corpo che ne esprime la quantità di materia – mentre il newton è la misura di una forza, tra cui vi è il peso (P), la forza con cui un corpo è attratto da un campo gravitazionale, calcolato come: $P=m \cdot g$

dove: m = massa (kg), g = accelerazione di gravità ($\sim 9,81 \text{ m/s}^2$ sulla Terra).

Pertanto: 1 kg di massa $\times 9,81 \text{ m/s}^2$ equivale a 9,81 N. Il newton, quindi, è l'unità corretta per esprimere forze, compreso il peso che agisce su una bilancia. In ambiti tecnici, quando si incontra un valore in kg, possiamo senz'altro considerarlo come appartenente ad una forza o a un peso.

Il termine massa compare esplicitamente solo nelle espressioni energetiche messe a disposizione dalla fisica, mentre spesso e purtroppo erroneamente, è usato quale equivalente di peso, come descritto più avanti.

Massa vs. Peso: un chiarimento fondamentale

- la **massa** è invariante (es. 1 kg resta 1 kg sulla Terra, sulla Luna o nello spazio).
 - il **peso** varia con la gravità (es. la massa di 1 kg pesa $\sim 9,81 \text{ N}$ sulla Terra, ma solo $\sim 1,62 \text{ N}$ sulla Luna).
- Per evitare equivoci, quando si parla di forza in contesti tecnici, sarebbe preferibile usare il chilogrammo-forza (kgf), definito come la forza esercitata da 1 kg di massa sotto gravità standard ($1 \text{ kgf} \approx 9,81 \text{ N}$). Ma in pratica ciò non avviene e sono pochi gli autori di testi tecnici che ne fanno uso.

Densità e peso specifico

Anche qui la distinzione è cruciale:

- **Densità**: massa per unità di volume (o lunghezza, nel caso lineare detta massa lineica).

Unità: kg/m^3 o kg/m .

- **Peso specifico**: peso per unità di volume (o lunghezza). Unità: N/m^3 o N/m .

Nella pratica corrente, come già detto, massa e peso sono considerate, erroneamente, equivalenti.

Si ricorda che per i cavi in fibra si fa riferimento al **titolo** (ved. proprietà meccaniche dei cavi) che, in campo internazionale, è espresso dal **tex**, unità di misura definita come il peso in grammi di 1000 metri di filo o filato. Più spesso si impiega il dtex (decitex) o il ktex (kilotex) per i quali si riportano i valori in peso corrispondenti al metro e al chilometro:

- dtex: 0,1 mg/m - 0,1 g/km es. 40 dtex corrispondono a 4 mg/m o 4 g/km
- ktex: g/m - kg/km es. 40 ktex corrispondono a 40 g/m o 40 kg/km (4 kg/100m)

A titolo informativo viene riportato un estratto di specifica tecnica in cui si può comprendere quanto detto: i dati vanno considerati come pesi anche se si impiega il termine massa. Così massa lineare (detta anche massa lineica) è in pratica il peso (e non la massa) per unità di lunghezza.

Così ktex è il peso in kg di 1000 m (1 km) di prodotto (se fosse una massa il valore riportato nella colonna del peso in kg/100m non sarebbe 1/10 del valore ktex)

SAGOLA 16/24 FUSI IN POLIAMMIDE				
Diametro Numero di riferimento	Massa lineare		Peso	Carico di rottura
	nominale	tolleranza		
mm	ktex	%	kg/100m	daN
2 perlon	2,3		0,23	120
3	7		0,7	150
4	12		1,2	260
5	20		2	400
6	27		2,7	600

GLOSSARIO SUI CAVI

Raccolta di termini marinari e non che riguardano il settore dei cavi, inclusi i termini meglio definiti in altre parti del presente testo

A

- Abbisciare**, (To fake down) disporre in coperta un cavo o una catena a linee parallele, non sovrapposte
- Abbittare**, (to bitt) dar volta una catena o un cavo d'ormeggio attorno ad una bitta con un giro, detto *giro di bitta*
- Abbozzare**, (to stop) derivato da *bozza*, ha il significato generico di trattenere provvisoriamente, di operare una ritenuta
- Abrasion**e, (abrasion) usura di un cavo per sfregamento superficiale o interno
- Accavigliare**, (to belay to a pin) da *caviglia* (pin), legare, avvolgere un cavo attorno ad una caviglia durante una manovra, dar volta a una caviglia
- Adugliare** o addugliare (to coil), raccogliere un cavo in spire tonde regolari, dette *duglie*, le une sulle altre, pronto all'utilizzo. Detto anche e più frequentemente, *cogliere* una cima, una lenza, una manovra, ecc.
- Agguantare**, (to snub) fermare provvisoriamente un cavo, una catena che scorre
- Ago**, (needle) utensile costituito da un'astina di acciaio con un'estremità appuntita e l'altra fornita di un foro, la *cruna*, per il quale si fa passare la *gugliata*.
- Alare**, (to haul) mettere in forza un cavo o una catena. Il termine tirare è impiegato solo in alcune espressioni: un'imbarcazione si *tira* in secco, a terra; si recupera la catena dell'ancora *tirandosi* a picco.
- Allacciatura**, (lacing) nell'attrezzatura navale è, genericamente, una legatura provvisoria, eseguita con un sol cavo. Un esempio è lo *strafilaggio*
- Allascare**, o *lascare*, (to ease) ha il significato di mollare, senza imbando, un cavo, la catena dell'ancora, una manovra, ecc.
- Allungamento**, (*elongation* - stretch) deformazione di un corpo da sollecitazione meccanica o da variazione di temperatura
- Alzare**, (to hoist) una vela, la bandiera, una segnalazione, una deriva mobile
- Ammainare**, (to lower) far scendere dall'alto un qualunque oggetto: un'imbarcazione di salvataggio; una bandiera, una scala, ecc.. Opposto di *alzare*
- Anima**, (core) elemento centrale di un cavo piano, doppia treccia o metallico
- Arricavo**, (standing end) nell'attrezzatura navale, è l'estremità fissa di un cavo o di un sistema funicolare, sinonimo del più usato *dormiente*. Per analogia è anche chiamato arricavo l'elemento, in genere metallico, a cui fa dormiente la cima
- Arridare**, (to set up) regolare una manovra fissa mediante *arridatoio*
- Arridatoio**, (turnbuckle) da *rida*, detto anche *tenditore* (termine non propriamente marinaresco), meccanismo impiegato per mettere in tensione opportuna una manovra dormiente
- Assicurare**, (to faster) dar vola una manovra corrente, una cima e per estensione, fissare stabilmente parti dell'attrezzatura: un gavitello all'ancora, un arridatoio, un grillo, ecc.
- Assuccare**, (to draw up) di origine genovese, indica il tirare a segno un cavo o stringere un nodo (nodo assuccato) o una legatura.
- Attrincare**, o *trincare* (to gammon), eseguire una *trincatura*

B

- Balestrare**, (to sweat up) aumentare la tensione di un cavo già in tensione tirandolo come si carica una balestra o la corda di un arco
- Balumina**, (leech) il lato poppiere delle vele di taglio
- Banchina**, (wharf) tratto delle rive dei porti e delle rade dove possono attraccare le navi per lo sbarco e imbarco di merci e passeggeri
- Battagliola**, (rail) protezione sui lati del ponte di una imbarcazione, costituita da candelieri uniti da cavi orizzontali detti *draglie*
- Bendatura**, (parcelling) protezione di un cavo metallico eseguita mediante una striscia di tela catramata per proteggerlo dall'umidità. La benda è poi fasciata
- Bigotta**, (*dead eye*) specie di bozzello senza puleggia con tre o 4 occhi in cui passava un cavo, detto *corridore* o *rida*, per mettere in forza le manovre dormienti, antesignana dell'*arridatoio* (derivato da *rida*)

Bocca di rancio, (fairlead) detta così per la forma che ricorda le chele di un granchio, posta in murata alle estremità dello scafo, dà libero passaggio e guida ai cavi di ormeggio, tonneggio e rimorchio

Borosa, (reefing line) manovra per terziuolare la randa

Borrello, o *borello* (toggle) specie di caviglia per unire rapidamente due gasse, passando prima una gassa dentro l'altra per poi infilare il borrello per bloccarle

Bottone, (knob knot) nodo di ingrossamento praticato all'estremità di una cima per non farla sfilare da un occhio

Bozza, (tail) spezzone di cavo o catena assicurato ad un estremo (ad es. un golfare), atto a trattenere provvisoriamente una manovra corrente o una catena

Bozzello, (block) denominazione marinara delle carrucole, dispositivi costituiti da una o più pulegge

Braca, (sling) o *braga*, un cavo, una catena o un sistema di cavi o catene per assicurare un oggetto che deve essere sollevato e ammainato per attività di carico e scarico

Braccio, (guy) ciascuna delle due manovre correnti di orientamento di un pennone o del tangone dello spinnaker: braccio di sopravento (lazy guy), detto semplicemente *braccio*, e braccio di sottovento (working guy), noto come *scotta*

Brancarella, (cringle) un tempo era un canestrello dotato di redancia impiombato al gratile di una vela; oggi è ciascun occhio rinforzato (reef cringle), della *balumina* della randa per il passaggio della borosa

Bugna di scotta, (clew) l'angolo di una vela a cui è assicurata la scotta

C

Calumo, lunghezza di cavo e/o catena di una linea di ormeggio all'ancora (anchor scope) o per rimorchio

Canestrello, (grommet) anello in cavo ottenuto senza far uso di nodi

Capeggiare, (end-for-ending) invertire il cavo di un paranco ai primi segni di usura

Carico di rottura, (breaking load) massima forza sopportabile da un cavo prima di rompersi

Caviglia, attrezzo di forma conica in legno o metallo impiegato sui legnoli nelle impiombature (marlingspike); piolo in legno o in ferro (pin), tipico dei velieri, per dare volta alle manovre correnti

Cavo, (rope) termine generico di ogni corda, fune, cima, in uso in marina

Chiaro, *in chiaro* (clear), di manovra corrente o catena libera di essere impiegata, esente da cocche e impedimenti in genere; *mettere in chiaro*: liberare una manovra o catena da qualunque impedimento all'uso

Cima, (line o rope) termine generico di cavo tessile di sezione media

Cioccare, (to surg) filare lentamente una manovra corrente o un cavo d'ormeggio

Cocca, (kink) distorsione dei legnoli di un cavo per eccessiva torcitura

Coccinello, (*toggle*) cilindretto, un tempo di legno duro, oggi in plastica, assicurato a una. Serve a creare una unione provvisoria con una gassa della stessa (formando uno stroppo) o di altra cima (ad es. per assicurare una bandiera alla propria drizza)

Coda, (tail) tra le varie definizioni è la cima di prolungamento di una manovra corrente per permetterne un più agevole maneggio

Cogliere, (to coil) vedere *adugliare*

Commettere, (to lay) torcere filacce o legnoli di fibre tessili per formare un cavo piano

Cordame, (cordage) l'insieme dei cavi di bordo

Corridore, (runner) detto anche rida, era il cavo passante per le bigotte con cui si tesavano le sartie e i paterazzi. Per estensione è sinonimo del corrente di una manovra

Corrosione, (corrosion) fenomeno chimico-fisico tipico dei cavi metallici per umidità, contatto con metalli di diversa natura (corrosione galvanica)

D

Dare volta, (belaying to) avvolgere e fissare a una bitta, una caviglia, una galloccia, l'estremità di un cavo di ormeggio, rimorchio, una manovra corrente

Destrorso, *commettitura destrorsa* (right-laid), ottenuta con torsione oraria, opposta di *levogiro*

Discommettere, (to unlay) opposto al commettere, separare gli elementi di un cavo. Può essere fortuito o voluto, come per la preparazione delle impiombature

Disimpegnare, (to clear), in chiaro, liberare una manovra, un cavo, una catena impegnata o incattivata

Dispassare, (reeve off) far scorrere un cavo in senso opposto a quello iniziale, disimpegnandolo da uno o più bozzelli

Doppino, (bight) cavo ripiegato su se stesso per un tratto più o meno lungo
Drizza, (halyard) manovra corrente per alzare vele, bandiere o aste
Duglia, (coil) ciascuna spira di un cavo avvolto su se stesso per poterlo riporre
Dugliare, vedere adugliare

E

Esotico, (exotic) termine generico assegnato alle fibre hi-tech (vectran, kevlar, ecc.)

F

Fasciare, (to serve) o *imbalumare*, eseguire una fasciatura

Fasciatura, (serving) protezione dei cavi eseguita nei punti dove può aversi una maggiore usura, a mezzo di minutenza avvolta in senso contrario alla commettitura. Un tempo per i cavi in acciaio la fasciatura era preceduta da una bendatura

Fatica, (fatigue) fenomeno di degrado nel tempo di un materiale per sollecitazioni cicliche

Ferramenta, (hardware) generico termine riferito a qualunque accessorio in metallo dell'armamento di una imbarcazione, quali galloce, bozzelli, arridatoi ...

G

Ganciato, (slipped) detto di un nodo che si completa inserendo a doppino il corrente per poterlo sciogliere facilmente (come nei lacci per scarpa)

Gassa, (eye) occhio realizzato con un nodo, una impiombatura o con manicotti metallici

Genoa, vela di prua, inferita allo strallo, che si differenzia dai fiocchi per avere la bugna di scotta più a poppavia dell'albero e un superiore allungamento di scotta

Gerlo, (sea gasket) voce generica di cordicelle, un tempo realizzate con comando intrecciato, ma anche tratti di sagola assicurati sul lato poppiero dei pennoni con cui si serravano le vele quadre una volta imbrogliate. Oggi il termine è assegnato ai corti pezzi di cima con cui si serra la randa al boma una volta ammainata

Gherlino, un tempo era un grosso cavo torticcio, inferiore solo alla gòmena, anch'esso impiegato per ormeggio, rimorchio e tonneggio. Oggi il termine indica cavi piani ottenuti con doppia torsione del filato che conferisce morbidezza, resistenza all'abrasione e ne migliora la lavorabilità

Ghia, sia una piccola e maneggevole cima, sia un particolare sistema funicolare (double whip), un tempo molto diffuso a bordo.

Ghinda, (hoisting rope) tradizionalmente era il nome della manovra impiegata per sollevare (*ghindare*) un oggetto lungo la verticale di un sostegno per porlo in opera. Attualmente è il nome del circuito di drizza del fiocco di alcune derive, come il 470, non inferite allo strallo.

Ghindare, (to hoist) alzare un oggetto lungo il suo sostegno agendo sulla *ghinda*

Gola, (groove) scanalatura di una puleggia in cui scorre il cavo

Golfare, (padeye) anello metallico di varia foggia, fornito di base con uno o due perni di fissaggio, impiegato per incocciarvi bozzelli, ganci, ecc.

Gòmena, (cable, hawser) termine indicativo dei grossi cavi torticci, un tempo impiegati per ormeggio, tonneggio e rimorchio, oggi sostituiti da cavi più piccoli e maneggevoli.

Gratile, o ralinga (boltrope), cavo piano un tempo cucito per rinforzare l'orlo di una vela o di una tenda; oggi solo sul lato di inferitura

Guarnimento, (rigging) ogni elemento per tenere in opera alberi, aste o per manovrare vele, ecc.

Guarnire, (to rig) attrezzare un'asta, un'ancora, un paranco, ecc. per poter svolgere uno specifico compito

Gugliata, (needleful) termine del tessile indicante la quantità di filo infilata ogni volta nell'ago per cucire

I

Imbalumare, equivalente di fasciare (to serve) anche se più propriamente è eseguire una fasciatura costituita da una benda cucita

In bando, (slack) parte di una manovra corrente o di un cavo che si deve recuperare, ma anche la parte che occorre filare per non tenerla in tensione. Es. la drizza è inbando; *recupera* inbando!; *fai* inbando! - filare per allentare la tensione del cavo; *molla* inbando! - filare del tutto il cavo

Impalmatura, (whipping) legatura in corrispondenza dell'estremità di una cima (detta anche legatura in cima), con più spire di filo, per evitare che si discommetta

Impiombatura, (splice) unione di due cavi mediante l'intreccio reciproco dei legnoli o dei trefoli

Incappellare, (to fix) inserire una gassa, un collare, un anello su un'asta, una bitta ...

Inferire una manovra (to reeve), passare una cima in uno o più bozzelli per armare un sistema funicolare

Intregnaturatura, (worming, serving) lavorazione sui cavi piani consistente nell'avvolgere una minutenza (*verme*) nel solco tra i legnoli prima di fasciarlo

Intugliare, (to bend) unire due cavi a mezzo di legatura o con nodi, gasse, per ottenerne uno più lungo, come nel tonneggio, rimorchio e ormeggio

Intugliatura, (bend) sia l'operazione di *intugliare*, sia la stessa unione

L

Legatura, (lashing) disposizione di successive passate di cima sottile per l'unione di due cavi, di due parti o l'estremità di uno stesso cavo. Un tempo esistevano numerose espressioni a seconda del modo di esecuzione: *legatura piana*, quella costituita da successive volte senza sovrapposizioni, altrimenti detta *legatura in croce* di cui la più nota è la *legatura portoghese*, con passate alternate tra l'avanti, il centro e il dietro delle parti da unire

Legnolo, (strand) elemento costitutivo dei cavi

Levogiro, (counterclockwise), in senso antiorario

Lezzino, (housing, houseline) grosso spago facente parte delle *minutenze*

M

Maglietto per fasciare, (serving mallet) attrezzo in legno, dotato di scanalatura, per eseguire le fasciature in maniera serrata e rapida

Manovre, (rigging) sigole parti dell'attrezzatura, quali cavi, catene, sistemi funicolari, guarniti agli alberi e alle vele, distinte in dormienti e correnti. Le prime, tra cui le sartie, gli stralli, i venti, ecc., sono in cavo d'acciaio, un tempo in fibre vegetali e attualmente anche in fibre hi-tech; le seconde sono genericamente formate da cavi in fibra sintetica, raramente in cavi di acciaio. Ad esse appartengono le drizze, le scotte, le mura, ecc.

Merlino, (marline) il più sottile dei cavi piani, appartenente alla famiglia delle *minutenze*

Messaggera, (messenger line) piccola sagola usata per facilitare la messa in opera di una manovra corrente, come la drizza della randa in un albero cavo

Minutenze, (cordage) termine generico dei cavi minori in fibra

Modulo di armamento, (Equipment Number) valore numerico, calcolato secondo alcuni parametri caratterizzanti la grandezza dell'unità navale, con cui si accede in apposite tabelle che forniscono le dotazioni minime di sicurezza quali ancore, catene, cavi di ormeggio, ecc.

Molo, (jetty) prolungamento della terraferma a protezione della costa la cui parte interna ha, in genere, la funzione di banchina di ormeggio

Mungere, (to milk) termine moderno consistente nel far scorrere la calza di un cavo a doppia treccia per poterla stendere eliminando eventuali rigonfiamenti

N

Nodo, (knot) intreccio eseguito su uno o più cavi per diversi scopi

O

Occhio, (eye) termine assegnato a ogni foro, anello di qualunque materiale, ecc. In particolare quello formato nell'esecuzione di un nodo o per *impiombatura*

Ordire un paranco, (to reeve, to rig) inferire un cavo nelle pulegge dei bozzelli che costituiscono il sistema funicolare. Anche guarnire

P

Paglietto, (mat, chafing gear) stuoia in cordicelle intrecciate o in tela, un tempo a protezione dei cavi di ormeggio o di rimorchio dallo sfregamento, ma anche come tappeto, parabordo, ecc.

Penzolo, (pendant) corta cima che pende da un elemento per vari scopi come quelle impiegate per sospendere un gancio, un bozzello o per passare una manovra

Poliammide, (polyamide) classe di polimeri, indicati con l'abbreviazione PA, sostanzialmente costituita dal

nylon nelle sue varie tipologie. Il nylon dei cavi è PA 6,6, la prima poliammide prodotta industrialmente

Poliesteri, (polyester) famiglia di polimeri di cui il più impiegato nel campo delle fibre sintetiche è il polietilene tereftalato (PET), un polimero termoplastico

Poliolefine, (poliolefin) termine collettivo di materie plastiche a cui appartengono il *polipropilene* (PP) e il *polietilene* (PE)

Pontile, (pier) opera lunga e stretta, perpendicolare alla terraferma, realizzata in genere su pali (simile a un ponte da cui il termine), posta all'interno o fuori dei porti, adibita all'attracco di navi o all'ormeggio del naviglio minore

R

Rassettare, mettere in ordine cavi (to coil down), manovre, vele, ecc.

Recuperare l'inbando, (take up the slack) tesare una manovra lasca (in bando) senza metterla in forza

Redancia o *radancia* (thimble) anello in legno, metallo o plastica, normalmente a forma di goccia, con una profonda scanalatura periferica per alloggiarvi la gassa di un cavo o di una cima per proteggerlo dallo sfregamento e distribuire gli sforzi

Rinvio, (fairlead) dispositivo atto a modificare la direzione di una manovra corrente

Ritenuta, (holdfast) che serve a tenere in posizione, che fa ritegno, un elemento dell'attrezzatura

Rizza, (lashing) sistema di cavi o catene atto a tenere ben fisso un oggetto sotto i movimenti della nave

Rizzare, (to lash) fissare un oggetto con *rizze*

Rizzatura, (lashing) l'operazione per *rizzare* un oggetto

S

Sacchetto lanciasagole, (canvas bag) piccolo contenitore in tela appesantito da sabbia o piombo, rivestito in cavo, munito di una sagola, a cui è assicurato il cavo di ormeggio, rimorchio o tonneggio

Sagola, (line) sottile cavo piano o intrecciato tra i sei e i dieci millimetri

Sbirro, (selvagee) anello in cavo, simile a un lungo *canestrello*, impiegato per assicurare un paranco a un cavo o a un'asta

Scappellare, (to unbitt) opposto a incappellare

Scotta, (sheet) manovra corrente per orientare le vele al vento

Self-tailing, vano circolare fornito sulla parte superiore della campana di particolari verricelli in grado di trattenere la manovra corrente mentre viene recuperata per metterla in forza

Sferire, (to unreeve) opposto di inferire

Strafilaggio, allacciatura (marling lashing) di due pezzi di tela ottenuta con merlino, chiamato anch'esso strafilaggio, passato per occhielli realizzati lungo i bordi

Stroppo, (strop) anello in cavo utilizzato per unire un oggetto mobile ad uno fisso (*stroppare*), permettendone i movimenti. Tipici esempi sono lo stroppo del remo con cui lo si assicura allo scalmio; lo stroppo di un bozzello (in cavo o in metallo sagomato) che ne avvolge la cassa permettendone la sospensione e l'uso (binding). Simili allo stroppo sono lo *sbirro* e la *brancarella*.

T

Terminale, (terminal) componente meccanico assicurato all'estremità di una manovra corrente o dormiente

Tesare, (to trim) recuperare l'inbando, portare alla giusta tensione una manovra

Testimone, equivalente, non marinaro, di *messenger*

Tirante, (working end) l'estremità di una manovra corrente su cui si esercita lo sforzo di trazione, mentre il lato opposto fisso è detto *dormiente* (standing end)

Tonneggiare, (to tow) manovrare un galleggiante per mezzo di cavi da un punto ad un altro in un porto

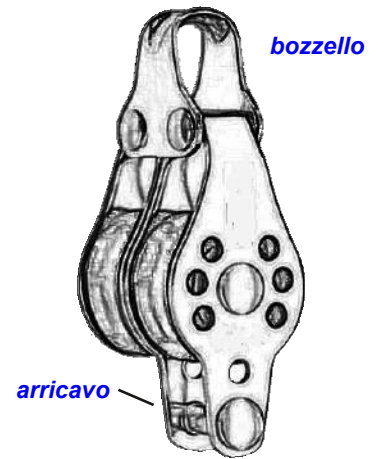
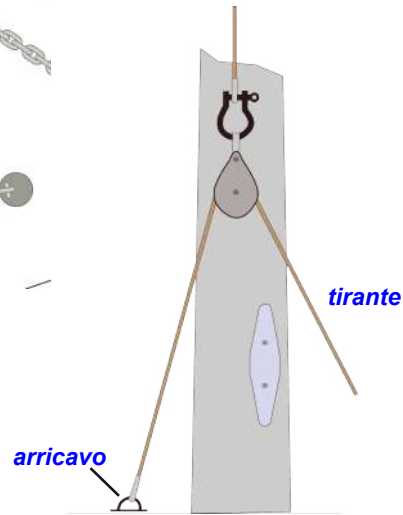
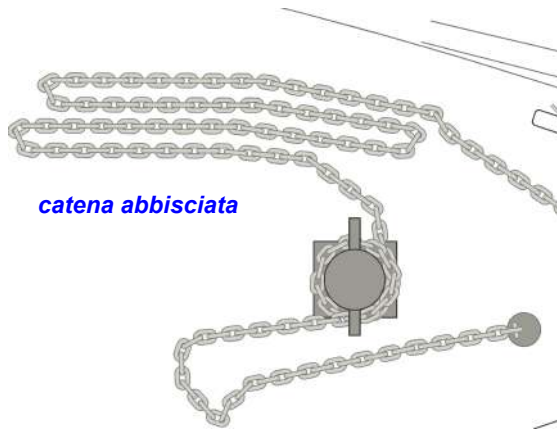
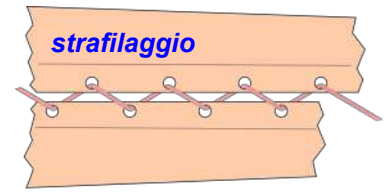
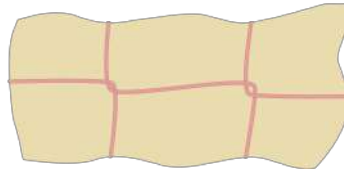
Tonneggio, (towing) l'azione del tonneggiare da cui cavo di tonneggio; boa di tonneggio, ecc.

Trefolo, (yarn) il primo elemento costitutivo dei cavi tessili

Trinca, (gammoning) legatura robusta e stretta costituita da numerose passate in cavo o catena tra due elementi

Trincatura, o *trinca*

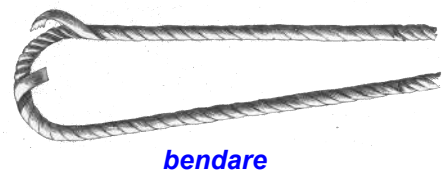
allacciature



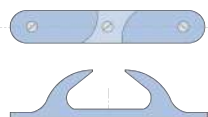
arridatoi



balestrare una manovra

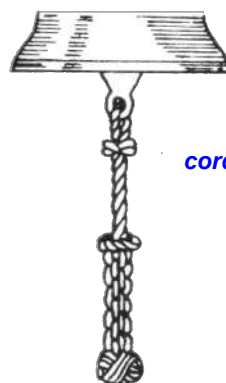
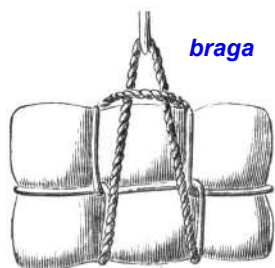
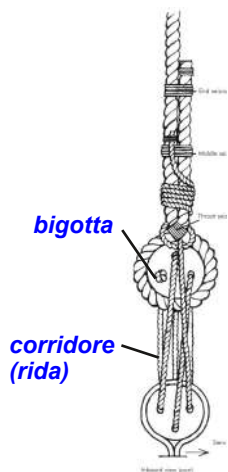


applicazione di una bozza

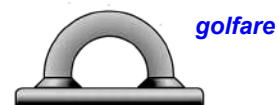
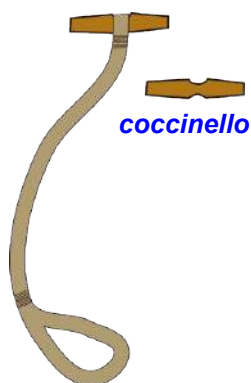


bocca di rancio

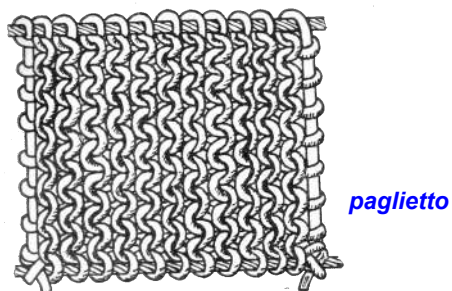
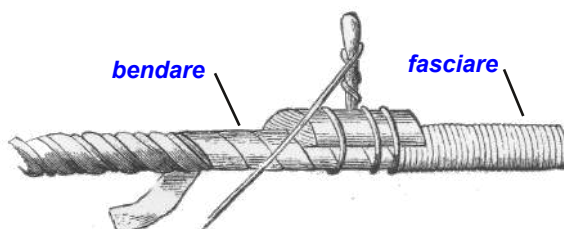
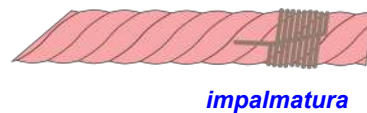
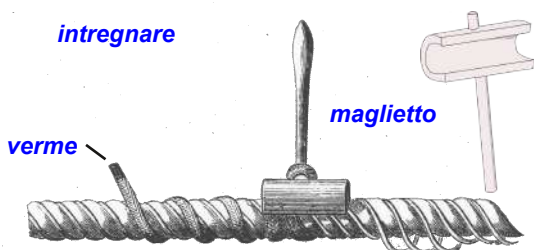




formazione di un canestrello

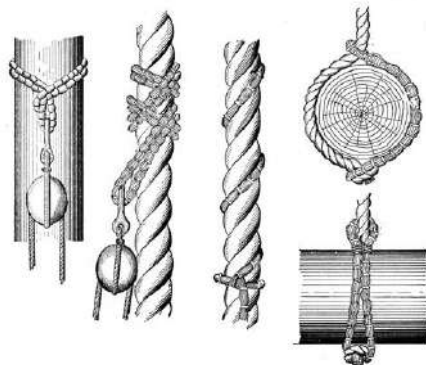


intregnare

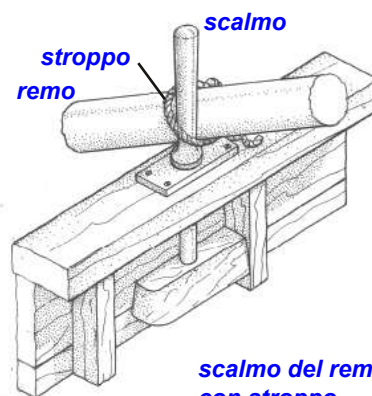




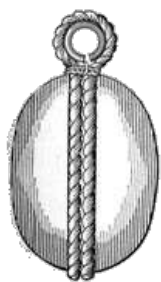
sbirro



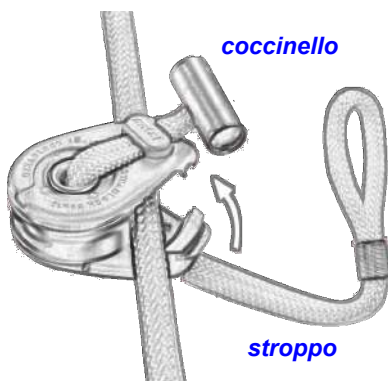
applicazioni di uno sbirro



scalm del remo con stropo



antico bozzello con stropo



pastecca con stropo cin dyneema - Antal

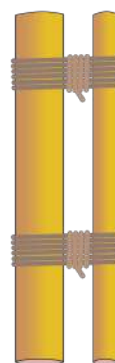
stropo con bottone



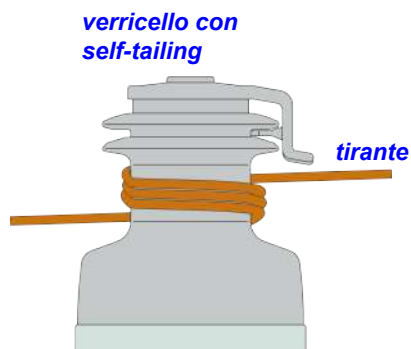
redancia



terminale



trinca



verricello con self-tailing

tirante