



### **Premessa**

Negli ultimi decenni l'arrampicata su ghiaccio ha visto crescere la sua popolarità anche come pratica sportiva.

I rischi connessi a tale attività hanno indotto la Commissione Centrale Materiali e Tecniche del CAI ad intraprendere uno studio sul principale dispositivo di sicurezza a disposizione di chi svolge questa disciplina. Così in collaborazione con l'Università di Padova, grazie alla disponibilità dell'ing. Meneghetti, è in via di conclusione lo studio qui in parte esposto.

Attraverso un'analisi delle modalità di tenuta/rottura al variare dell'angolo di infissione, lo studio è un tentativo di confrontare due viti con filetto diverso (fig. 1) che, pur se di marchi differenti, presentano dimensioni radiali quasi coincidenti.



**Figura 1**

Rispetto alla Normativa UIAA-CEN, in cui la vite viene immersa in una mistura acqua e ghiaccio, congelata a  $-18^{\circ}\text{C}$  e poi trazionata, si sono eseguite prove con le seguenti differenze:

- Utilizzo del cemento **YTONG\***
- Avvitamento della vite nel mezzo di supporto
- Temperatura ambiente, anziché  $-18^{\circ}\text{C}$
- Configurazioni geometriche diverse.

L'Ytong è un materiale, utilizzato in edilizia, che offre il vantaggio di una gestione più semplice rispetto al ghiaccio artificiale; questo prodotto offre una costanza (e riproducibilità) delle proprietà fisiche certamente non ottenibile con il ghiaccio se non forse attraverso procedure, in ogni caso, complesse ed onerose.

La sua meccanica di cedimento/rottura, consente, a nostro parere, una base di confronto molto interessante.

Un'importante differenza rispetto all'uso degli attrezzi in parete (comune peraltro alle norme UIAA-CEN) consiste nel tipo di sollecitazione agente - nella realtà di tipo dinamico - mentre nel nostro studio trattasi di estrazioni lente. Ciò nondimeno, si ritiene che i risultati prodotti possano fornire indicazioni importanti per successive indagini che la CCMT non esclude di svolgere in un prossimo futuro (per es.: prove in ghiaccio di vario tipo, carico "variamente" dinamico, effetto di un'infissione parziale).

### **Utilizzo della vite da ghiaccio**

È nota la maniera con cui sono utilizzate nell'attività alpinistica le viti da ghiaccio; come dispositivi di protezione rappresentano l'equivalente funzionale delle diverse protezioni su roccia. La vite è avvitata manualmente nel ghiaccio e viene a costituire un ancoraggio in cui passare la corda per il tramite di un rinvio.

In caso di caduta, l'arrampicatore è tenuto dal compagno che attuerà una trattenuta per frenarlo. Sino al momento dell'arresto, lungo la catena di sicurezza andranno a scaricarsi una serie di forze dovute alla tensione della corda e all'attrito; la sosta e l'ultimo rinvio risulteranno gli elementi più sollecitati.

Se è assai probabile che in ghiaccio "buono" i carichi che si generano non causino il cedimento degli ancoraggi, non è altrettanto vero in ghiaccio "cattivo" quando carichi anche di 300 daN (o inferiori!) possono provocare la fuoriuscita della vite.

Sarà compito della cordata fare in modo che tali punti agiscano nel miglior modo possibile, cioè si dovrà operare in modo da ridurre per quanto possibile i valori di picco ed i gradienti di carico (ad es. con la corretta scelta del metodo di assicurazione e dei freni, con la costruzione di soste valide e l'attuazione di trattenute morbide, con il corretto posizionamento delle viti, ecc.).

In queste condizioni, idealmente, le viti dovranno sopportare dei carichi radiali, cioè azioni grosso modo perpendicolari ai loro assi; non sono da escludersi tuttavia, situazioni in cui l'ancoraggio dovrà resistere ad azioni con componente assiale non piccola.

Se infine consideriamo il numero di viti che l'alpinista-ghiacciatore può avere con sé, risultano definite le caratteristiche importanti - alcune inerenti aspetti funzionali, altre concernenti particolari più propriamente meccanici - che una buona vite da ghiaccio deve avere.

---

\*Ytong è un cemento cellulare a bassa densità (densità  $550\text{ kg/m}^3$  e resistenza a compressione di 4.5 MPa) il cui utilizzo è stato introdotto da Maillocheau di APAVE che ne aveva proposto l'utilizzo al posto del ghiaccio artificiale come definito dalla Norma UIAA-CEN; tuttora la proposta è in discussione con pareri discordanti tra le diverse Associazioni Alpinistiche.

Tali caratteristiche, conseguenza del progetto e del processo di fabbricazione, sono:

- basso peso
- resistenza a rottura
- resistenza all'estrazione
- facilità di posizionamento e rimozione (capacità di carotare e caratteristiche di avvitalità)
- facilità di espulsione della carota di ghiaccio interna.

Le caratteristiche minime sono indicate nella Normativa EN568 - UIAA151 [1] che definisce delle prove qualitative (non di confronto), imponendo:

- una verifica costruttiva (sono imposti dei vincoli geometrici e costruttivi)
- una prova di avvitalità
- una prova di resistenza all'uso
- una prova di resistenza a rottura e tenuta (valore minimo di tenuta a carico radiale di 1000 daN).

L'ottenimento del Label CE - UIAA è vincolo per la commercializzazione e garanzia per l'utilizzatore. Per inciso osserviamo come gran parte delle viti in commercio si sono standardizzate su dimensioni e proporzioni quasi uguali.

### **Parametri che influenzano la tenuta**

La capacità di tenuta dell'ancoraggio dipende dalle caratteristiche proprie della vite, al pari dei "fattori ambientali" esterni (che qui non tratteremo).

Nelle nostre prove, rispetto a condizioni reali, si sono eliminati alcuni parametri: si è esclusa la dinamicità del carico attraverso l'attuazione di prove "quasi statiche". Ancora, come già detto, non si è utilizzato il ghiaccio ma l'YTONG in sua sostituzione. Nell'elenco che segue sono evidenziati in neretto i parametri analizzati.

#### *Parametri interni*

- 1) Lunghezza della vite e lunghezza tratto filettato**
- 2) Diametro filetto e diametro interno vite, spessore
- 3) Filetto** (forma - passo - altezza)
- 4) Materiale, trattamenti termici, finitura superficiale
- 5) Fresa di punta
- 6) Forma e dimensioni dell'anello.

#### *Parametri esterni*

- 1) Caratteristiche del ghiaccio
- 2) Angolo di infissione**
- 3) Modalità d'applicazione del carico (direzione, velocità di variazione, ecc.).

Con riguardo ai parametri non analizzati riteniamo doveroso esporre alcune considerazioni.

In laboratorio le velocità *d'applicazione del carico* sono vincolate ai macchinari a disposizione ed in ogni caso limitate rispetto alle condizioni di carico reali in cui il picco di forza si raggiunge in alcuni decimi di secondo. Ricordiamo ancora come la sollecitazione sulla vite dipenda anche dalle condizioni con cui viene ad agire la catena di sicurezza (metodo d'assicurazione, caratteristiche della corda, tipo di trattenuta, disposizione delle protezioni, ecc.). E' perciò attendibile credere che una "buona

assicurazione” limiti picco e gradiente di sollecitazione: ciò ci ha indotto a pensare che l’adozione di carichi “quasi statici” potesse comunque portare a risultati verosimili.

Si è operato a *temperatura ambiente*. Lavorare con temperature al di sopra delle temperature di transizione duttile-fragile dell’acciaio delle viti non c’è sembrata una gran limitazione; il nostro scopo non era indagare la possibile rottura della vite ma arrivare ad estrazione (in base alle nostre attuali conoscenze ed esperienze, la rottura fragile risulta poco probabile).

L’*anello* non dovrebbe avere influenza per sollecitazioni prevalentemente radiali, mentre il suo effetto potrebbe essere rilevante, in teoria, per carichi a forte componente assiale (ciò esula comunque dai nostri intenti). Un effetto rilevabile al lato pratico è invece la praticità ed efficacia che diversi anelli possono avere in avvitamento.

La *fresa di punta* ha chiara importanza sulle prestazioni di penetrazione e avvitabilità; tuttavia, è assai probabile che influenzi anche la tenuta, in quanto provocherebbe un danneggiamento del volume di ghiaccio intorno all’imbocco del foro, zona critica nel cedimento dell’ancoraggio. Peraltro, molte e non controllabili, sono nell’uso in parete, le cause di “guasto” (si pensi alla presenza di bolle d’aria o di inclusioni solide, all’azione meccanica di pulitura con la piccozza, o in avvitamento in quanto non si attua un semplice momento torcente, ecc.).

Per ciò che riguarda gli *altri parametri* vi è da dire che certamente influiscono sulla tenuta come sulle altre caratteristiche funzionali, ma non è quantificato, o agevolmente quantificabile, il loro effetto.

### Breve presentazione delle prove eseguite

Definiamo condizione di *carico radiale* quella configurazione in cui il carico ( $F_R$ ) agisce parallelamente alla superficie di infissione indipendentemente dall’angolo ( $\alpha$ ) con cui è piazzata la vite; definiamo invece condizione di *carico assiale* l’ipotesi di forza allineata all’asse del tubo ( $F_A$ ) (fig. 2).

Le condizioni di carico studiate sono  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\alpha = \pm 20^\circ$  con il carico radiale  $F_R$ ,  $\alpha = 0^\circ$  e carico assiale  $F_A$  (fig. 3).

Le due modalità sono state distinte al fine di avere un confronto diretto per i due tipi di filetto e per verificare se esistesse una correlazione tra le tenute nelle due direzioni.

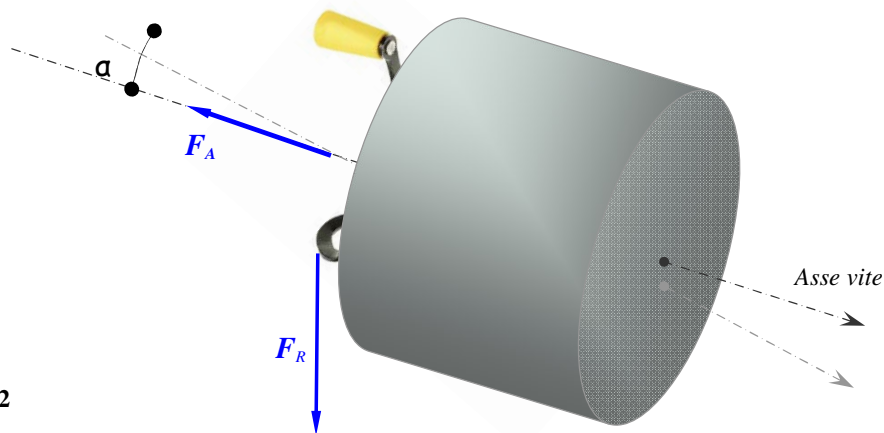
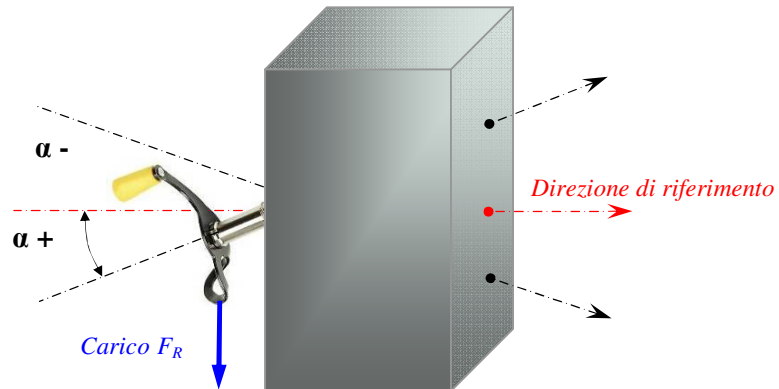


Figura 2

Si definisce l'*angolo di infissione*  $\alpha$  come indicato nelle figure 2 e 3, (è positivo un angolo con vite inclinata nella direzione del carico).



**Figura 3**

Senza entrare nei particolari, le figure 4 e 5 mostrano le configurazioni utilizzate per le estrazioni che sono state eseguite su:

- 36 su viti BD - lunghezze 13, 19, 22 cm - unico modello Turbo Screw
- 67 su viti Grivel - lunghezze 12, 15, 17 cm - modelli 360° Ultimate, con filetto dritto e inverso, Helix con filetto inverso.

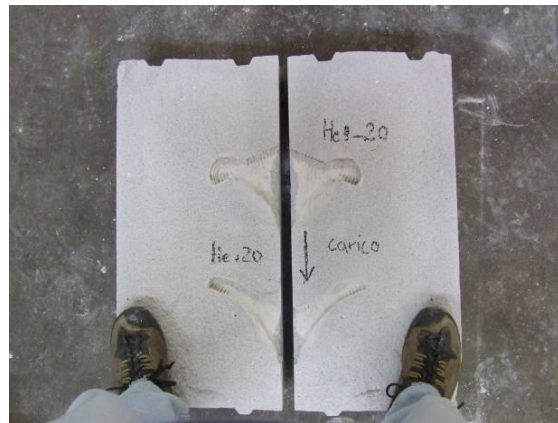
Nessuna vite ha presentato rottura né del tubo né della placchetta. Le viti lunghe sino ai 17 cm non si sono piegate, i tubi da 19 cm presentano molti casi di piegamento del gambo nel tratto non filettato (ciò avviene per tutti gli angoli di infissione - alcune viti avevano subito più di un'estrazione), tutti i tubi da 22 cm si sono piegati.



**Figure 4 - 5:** blocchi di Ytong predisposti per le estrazioni - a sinistra per le estrazioni radiali a destra per quelle assiali - ogni blocco misura 62.5:30:25 cm e pesa 36 kg.

### **Estrazioni radiali**

Le estrazioni a tutti gli angoli di infissione presentano molte analogie (e similitudine con il ghiaccio); al crescere del carico si manifesta un cedimento del supporto nella zona di compressione verso l'anello e la vite "ruota" sul piano del carico, con centro posto indicativamente a 2/3 - 3/5 della lunghezza d'infissione. Raggiunti per  $\alpha$  i 50° circa, la rotazione termina e la vite fuoriesce dal solco creatosi (fig. 6 - 7 - 8).

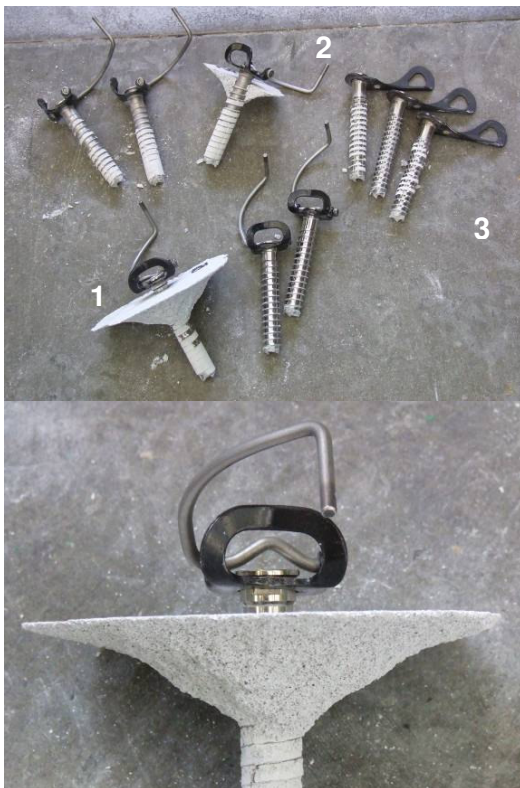


**Figure 6 - 7 - 8:** a destra i solchi ad estrazione avvenuta (tubo da 15 cm infisso a  $\pm 20^\circ$ ), a sinistra sulle vite sono evidenti le zone di lavoro a compressione (questo è per tutte le viti e per tutti gli angoli di piazzamento).

### Estrazioni assiali

Nelle estrazioni assiali si sono utilizzati 3 tubi differenti per filetto e lavorazione superficiale. A seconda del tubo si sono riscontrati comportamenti diversi (fig. 9-10):

1. *Filetto inverso Grivel* (tubo di 12 cm): mostra un gran cono d'estrazione ad indicare che vi è una distribuzione del carico efficace. Non si ha cedimento sulla superficie generata dal diametro esterno del filetto ma all'interno del materiale; è il tubo che ha presentato le tenute maggiori.
2. *Filetto dritto Grivel* (tubo di 12 cm) senza nichelatura: il cono d'estrazione è più piccolo ma ancora evidente. La tenuta risulta l'intermedia tra le tre; nel confronto con il filetto dritto BD, la presenza del cono di estrazione, probabilmente, può imputarsi alla finitura superficiale più grossolana.
3. *Filetto dritto BD* (tubo di 13 cm): si ha cedimento a taglio sul diametro esterno del filetto senza che avvenga una significativa distribuzione del carico (non si ha cono, o talvolta risulta appena accennato). Pur con una profondità di infissione superiore di 1 cm rispetto agli altri due tubi si è misurata la tenuta inferiore, forse a conferma che i filetti importanti sono quelli verso la testa.



**Figure 9-10:** le viti utilizzate per la prima sessione d'estrazioni assiali: 1 filetto inverso Grivel, 2 filetto dritto Grivel, 3 filetto dritto BD.

## Analisi dei risultati

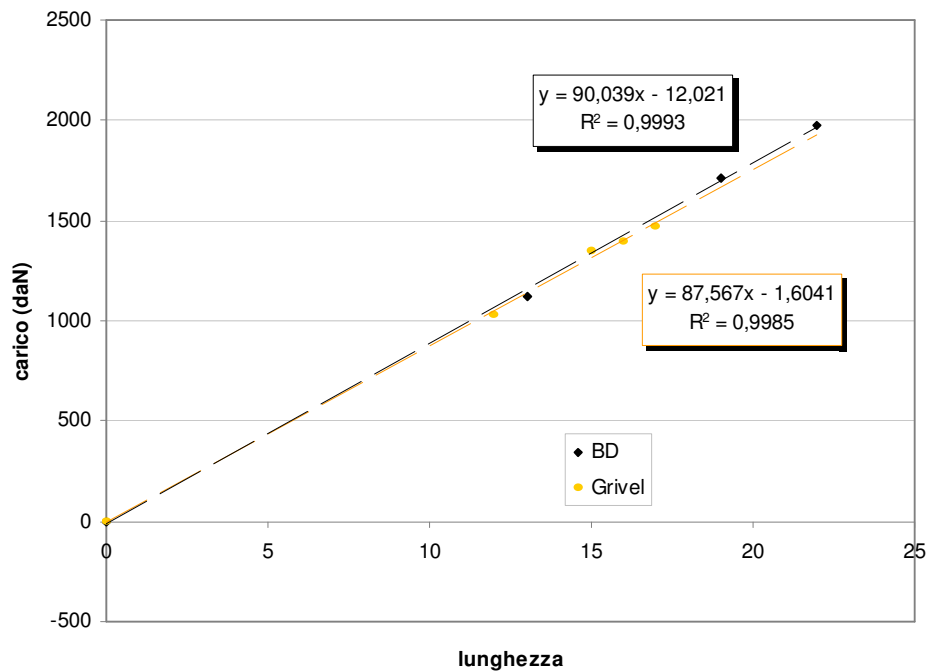
1. Per entrambi i filetti e per tutti i 3 angoli di infissione indagati, *la tenuta delle viti risulta dipendere linearmente dalla lunghezza effettiva di infissione*. Anche non separando i dati per tipo di filetto la correlazione è lineare; questo indicherebbe che *la tenuta dipende più dalle dimensioni radiali ed assiali del tubo che dal tipo di filetto* (differenze di decimi di millimetro per i due marchi).

Includendo nell'interpolazione l'origine degli assi (nessuna vite - nessuna tenuta) la retta di tenuta è sempre ottimamente definita sia per tipo di filetto (grafico 1), sia con riferimento al complessivo dei punti (grafico 2). Per le dimensioni radiali considerate possiamo affermare che in Ytong, a seconda dell'angolo di infissione, ad ogni centimetro di infissione corrisponde un incremento di tenuta di 70 - 90 daN circa (grafico 2).

2. Tutte le viti, per tutte le lunghezze e per entrambi i tipi di filetto mostrano la *massima tenuta per infissione a 0°* (grafico 3); contrariamente a quanto indicato da Harmston e Semmel [2] [3] ed in accordo con Custer [4] [5] la tenuta peggiore si ha per angoli negativi.

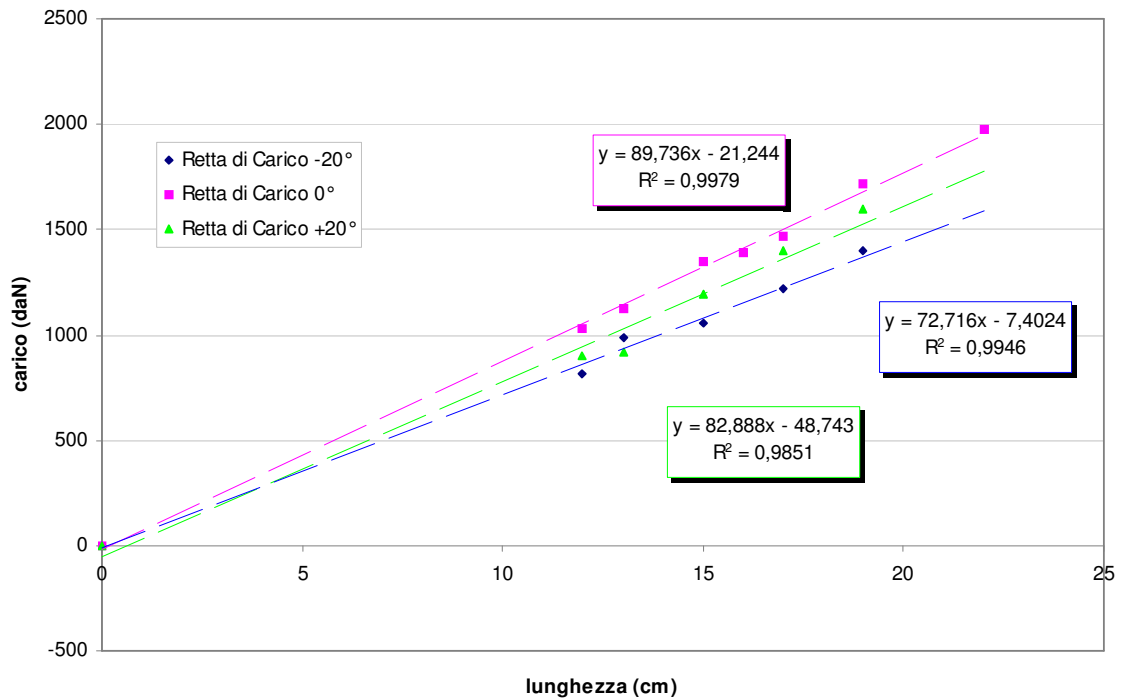
Secondo l'angolo il carico sollecita con un diverso braccio di leva l'imbocco del foro; inoltre, la componente assiale del carico è di compressione con infissione a -20°, di trazione con angolo positivo a +20°. Questo effetto combinato darebbe ragione del diverso comportamento ai differenti angoli di infissione.

3. *La tenuta ad estrazione assiale dipende dal filetto*, con un incremento del 25% circa per il filetto inverso Grivel (grafico 4). Ribadiamo come questa differenza non sembri influenzare la tenuta con carico radiale.

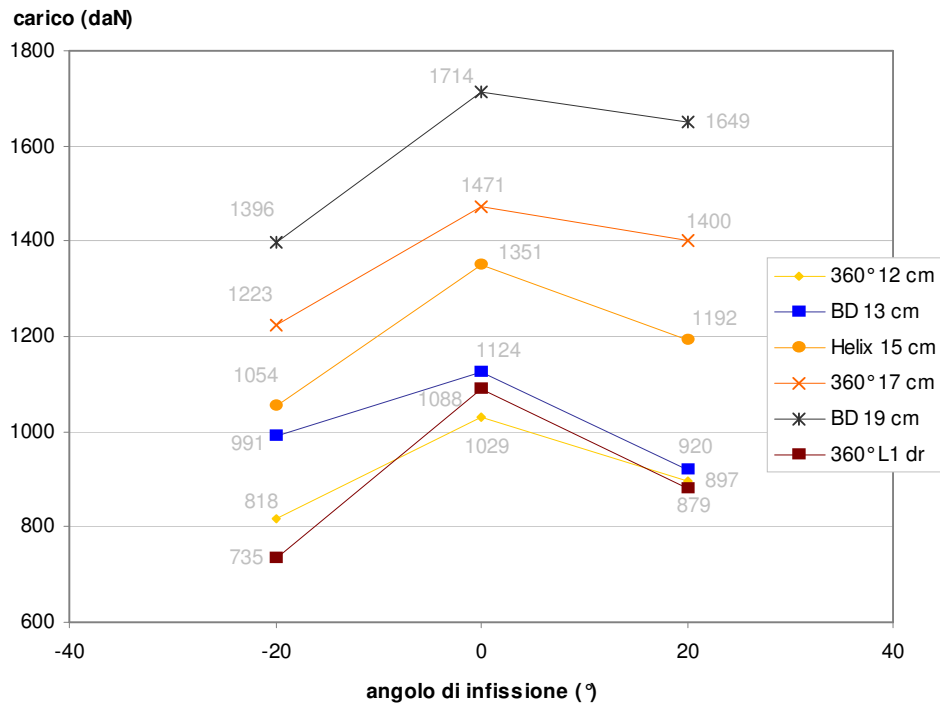


**Grafico 1:** Infissione a 0° - separatamente per tipo di filetto le rette interpolano i valori misurati per la tenuta e l'origine degli assi (nessuna vite - nessuna tenuta). Si noti che l'influenza del filetto è trascurabile.

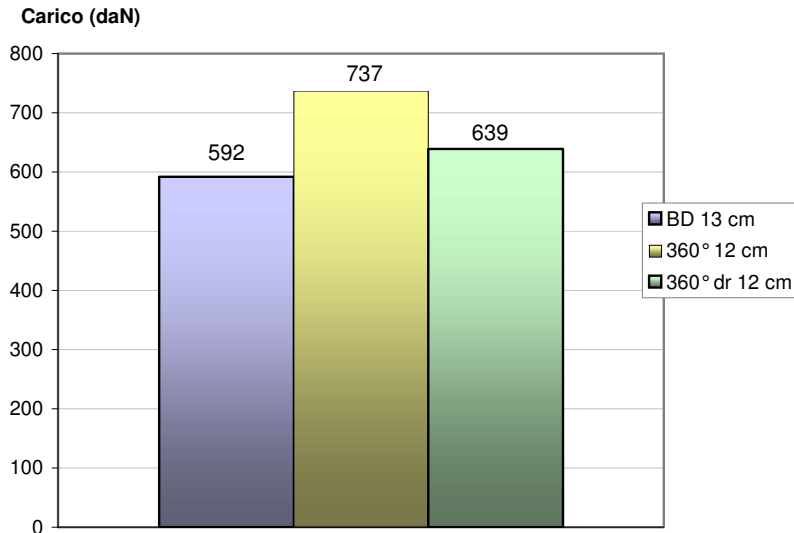




**Grafico 2:** “Rette di tenuta” per i diversi angoli di infissione, interpolano tutti i punti misurati e l’origine per i 3 angoli di piazzamento.



**Grafico 3:** Valori medi della tenuta in funzione dell’angolo di infissione (le differenze fra le viti dipendono essenzialmente dalla loro lunghezza).



**Grafico 4:** valori medi di tenuta ad estrazione assiale per viti Black Diamond e Grivel.

### Osservazioni e suggerimenti

Eventuali sperimentazioni condotte dai produttori non ci sono note mentre nella bibliografia a cui si fa riferimento, come in altre fonti, il problema della tenuta viene affrontato attraverso approcci differenti ed i vari parametri, già indicati in precedenza, sono abbinati in vario modo (non abbiamo trovato, in letteratura, un confronto tra i due tipi di filetto). Fra gli autori citati, chi lavora con il ghiaccio riporta sempre la variabilità dei risultati in dipendenza dal ghiaccio utilizzato; ad esempio con carichi dinamici si passa da ghiaccio ove nessuna vite offre garanzie di tenuta sufficienti a ghiaccio dove ogni vite non si estrae.

L'effetto di velocità e dinamicità del carico non è ancora del tutto chiaro e alcuni risultati attendono verifiche. Non ci si deve però stupire dal momento che la frattura/cedimento del ghiaccio, oltre alla causa materiale (il carico), ha bisogno di un certo tempo per attivarsi e propagarsi e questo dipende dalle caratteristiche del ghiaccio stesso. L'esistenza di una temperatura di transizione, tra comportamento fragile e plastico per il ghiaccio, dà ragione di risposte diverse a temperature diverse una volta che si applichi un qualche tipo di carico.

Pur se abbiamo compreso molti elementi, la complessa dipendenza della tenuta da angolo di infissione, le modalità di carico, il tipo e la temperatura del ghiaccio non ci permettono di fornire indicazioni specifiche di validità generale; concludiamo tuttavia con alcuni suggerimenti.

Tutti i dati e le interpretazioni conducono, in effetti, alla conferma di molte delle indicazioni che vengono fornite dai produttori e dalle Associazioni Alpinistiche sull'utilizzo delle viti, affinché sia garantita la massima sicurezza nella progressione.

Il ghiacciatore-alpinista deve affrontare con particolare attenzione l'ambiente invernale ed avvalersi in maniera corretta del materiale a disposizione; se per il ghiacciatore esperto questo risulta "naturale", per chi si avvicina a tale attività ciò deve essere spunto di riflessione:

1. L'attività alpinistica comporta rischi; il buon senso dice che questi rischi diminuiscono con preparazione fisica, psicologica e tecnica adeguate;

2. data la sua natura “effimera” e variabile il ghiaccio - e l’ambiente in cui per esso ci si muove - vanno affrontati con conoscenza e consapevolezza particolari;
3. gli ancoraggi su ghiaccio possono avere la tenuta di uno spit, ma bisogna agire considerando che questa è solo un’ipotesi e che corde bagnate o ghiacciate riducono del 50% le proprie prestazioni;
4. vista la precarietà probabile delle protezioni, devono essere presi tutti i possibili accorgimenti del caso a partire dalla costruzione di soste appropriate (con riguardo ad es. alla ripartizione del carico), alla disposizione delle protezioni, dall’adozione di metodi di assicurazione idonei all’attuazione di trattenute - per quanto possibile - morbide;
5. non posizionare le viti ad angoli negativi, tutti le ricerche mostrano come questa sia l’infissione peggiore;
6. in ghiaccio buono anche le viti corte possono fornire un’adeguata tenuta ma, quando il ghiaccio e le condizioni della salita lo consentono, è sempre preferibile una vite media (15-18 cm); le viti lunghe possono avere la loro utilità in sosta o per la costruzione di Abalakov;
7. una fresa affilata, oltre a rendere più agevole l’infissione, riduce i danni prodotti nel ghiaccio con ricadute favorevoli sulla tenuta;
8. i filetti dritto o inverso, se non mostrano differenze per carichi radiali, certamente distribuiscono diversamente la componente assiale del carico con distribuzione migliore con filetto inverso.

*NOTA - Il materiale usato nella realizzazione delle viti risulta essere in prevalenza l’acciaio (Ni-Cr, Cr-Mo, ...) ma esistono viti in titanio e in lega di alluminio Al7035. La forma è ottenuta per tornitura, la finitura è accurata e possono essere attuati trattamenti termici e/o trattamenti superficiali (nichelature, cromature); tuttavia molte lavorazioni sono “segreti” di fabbricazione di difficile accesso. Questi dettagli rendono ragione dell’ enorme diversità di comportamento che differenti viti presentano.*

*Il lettore potrebbe chiedersi come mai il parametro "diametro della vite", che sicuramente ha notevole importanza nella tenuta, non è stato considerato. Si noti che i due tipi di vite esaminati in questo studio hanno lo stesso diametro. Non pochi alpinisti si sono posti il quesito della scelta del diametro, pensando che questa derivasse da un’ottimizzazione fra due esigenze contrastanti: tenuta e facilità di inserzione. Invece, da una inchiesta fra costruttori condotta dalla CCMT, si è appurato che i tubi in commercio, da cui le viti si ricavano, sono in pratica disponibili soltanto nel diametro qui citato, perché il diametro superiore sarebbe troppo grande.*

## Riferimenti bibliografici

1. Normativa UIAA 151 - EN 568
2. Chris Harmston (1997) Myths, Cautions, and Techniques of Ice Screw Placement, <http://www.needlesports.com/advice/placingscrews.htm>
3. Von Chris Semmel, Dieter Stopper (2005) Eiskalt und doch brandheiß?, DAV Panorama 2/2005, [http://alpenverein.de/template\\_loader.php/tplpage\\_id=165&id=538&mode=details#listEntry538](http://alpenverein.de/template_loader.php/tplpage_id=165&id=538&mode=details#listEntry538)
4. Warren Bennett, Stefano Alziati (2003) Simulating and Testing Ice Screw Performance in the Laboratory - Final Report, [http://www.ocw.mit.edu/.../16-622Fall2003/010B4443-1812-4E0B-A783-2EC4A1DB708/0/alziati\\_bennett.pdf](http://www.ocw.mit.edu/.../16-622Fall2003/010B4443-1812-4E0B-A783-2EC4A1DB708/0/alziati_bennett.pdf)
5. K. Blair, D. Custer, S. Alziati, W. Bennett (2004) The effect of load rate, placement angle, and ice type on ice screw failure. - 5<sup>th</sup> International Engineering of Sport Conference, copia da D. Custer

## Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale va all'ing. Giovanni Meneghetti, mio Correlatore di Tesi, senza la cui disponibilità il presente lavoro non sarebbe mai potuto nascere.

È poi doveroso ricordare chi in una maniera o nell'altra ha offerto il suo contributo: la CCMT del CAI nelle persone di Giuliano Bressan e Carlo Zanantoni ha offerto supporto materiale e preziosi suggerimenti.

Grande collaborazione e consigli sono stati dalla GRIVEL e da Maurizio Gallo; in laboratorio senza l'apporto di Sandro Bavaresco e Renzo Segafreddo sarebbe stata molto più dura.

Infine una menzione particolare va a Maurizio Pretto dalla cui passione e preparazione abbiamo attinto elementi importanti in più di un'occasione.