

CLAUDIO SMIRAGLIA - GUGLIELMINA DIOLAIUTI
GIOVANNI PERETTI - GIUSEPPE MAGRIN

«GUERRA BIANCA» E GLACIOLOGIA LE GALLERIE NEI GHIACCIAI DELL'ORTLES-CEVEDALE (*)

Durante il primo conflitto mondiale molte operazioni militari vennero condotte sul fronte alpino italo-austriaco anche a quote elevate (al di sopra dei 3.000 m), in particolare sui gruppi montuosi dell'Adamello e dell'Ortles-Cevedale («Guerra Bianca»). Anche se queste operazioni ebbero solo una lievissima influenza sull'evoluzione del conflitto e sul quadro strategico complessivo, il contesto geomorfologico e climatico nel quale vennero intraprese le rende di estremo interesse anche per le tecniche utilizzate per combattere e sopravvivere in un ambiente totalmente ostile (Keller, 2009). Gli eventi di alta quota svoltisi in particolare sul gruppo montuoso ampiamente glacializzato dell'Ortles-Cevedale vennero anche identificati come «le più alte battaglie della storia» e descritti in numerosissime opere dalle più classiche – ad esempio quelle di Viazzi (1977; 1997), Viazzi e Martinelli (1996), Urangia Tazzoli (1995), Magrin (1994) – fino a quelle più recenti di Magrin e Peretti (2007) e Fantelli, Magrin e Peretti (2008).

Il teatro degli eventi fu la più vasta area glacializzata delle Alpi italiane con quote massime di poco inferiori ai 4.000 m. Nel primo anno di guerra vi fu l'occupazione da parte delle truppe imperiali dello spartiacque fra il confine svizzero e il Monte Cevedale con l'installazione di presidi stabili anche sulle vette più elevate, come la Koenigspitze (Gran Zebrù), 3.857 m, e l'Ortler (Ortles), 3.905 m.

Oltre ai condizionamenti derivanti dalla particolare morfologia del terreno, come l'elevata energia del rilievo (2.600 m fra Bormio e la Koenigspitze) e le vaste superfici glaciali (il Ghiacciaio dei Forni copriva circa 17 km² rispetto agli 11 attuali), furono soprattutto le condizioni meteo-climatiche a creare i maggiori problemi ai due opposti eserciti. In particolare l'inverno 1916-1917 fu estremamente avverso dal punto di vista meteorologico. Oltre alle temperature partico-

(*) Gli autori ringraziano i colleghi che hanno collaborato fornendo documenti storici, commenti e suggerimenti e in particolare il professor Georg Kaser dell'Università di Innsbruck. Il presente lavoro è stato realizzato anche nell'ambito del progetto PRIN 407 2010/2011 (2010AYKTAB_006).

larmente rigide (il febbraio 1917 fece registrare alla stazione di Sils Maria, con una media di $-9,6^{\circ}\text{C}$, uno dei mesi di febbraio più freddi dal 1864 e al Passo Gavia le temperature scesero a -32°C), furono le precipitazioni a condizionare le attività belliche (in totale si ebbero circa 50 m di neve caduta) e a provocare il maggior numero di vittime; fra il 12 e il 13 dicembre 1916 («S. Lucia Nera») si ebbero sul fronte italiano Stelvio-Gavia 127 travolti di cui 56 vittime.

Il particolare ambiente roccioso e glaciale del massiccio Ortles-Cevedale e le condizioni meteo-climatiche richiesero la predisposizione di nuove tecniche e sistemi logistici per il combattimento e, soprattutto, per la sopravvivenza delle truppe impegnate. Su entrambi i versanti del fronte fu fondamentale l'esperienza di combattenti esperti di quel tipo di terreno, come guide alpine, montanari, valigiani, e anche alpinisti cittadini, spesso dotati di conoscenze di tipo geologico o glaciologico. Un esempio di queste tecniche e di questi adattamenti è rappresentato dalle gallerie scavate nei ghiacciai, che fra l'altro offrivano importanti informazioni sperimentali alla giovane scienza della glaciologia. Le motivazioni iniziali degli scavi di gallerie nei ghiacciai furono di tipo prettamente logistico, come ricovero di truppe e deposito di materiali (Galluccio e Cola, 2001); l'esempio più noto fu certamente quello della *Eisstadt*, la «città di ghiaccio» realizzata dagli austriaci nel Ghiacciaio della Marmolada che, dall'inizio del 1915 alla fine del 1917, con uno sviluppo di 12 km ospitò anche più di 300 militari (Viazzi e Andreoletti, 1977; De Bernardin e Wachtler, 2009).

Sull'Ortles-Cevedale numerose furono le gallerie scavate nel ghiaccio anche per motivazioni prettamente offensive, come quella della Trafoier del 1917 (Margrin e Peretti, 2007) (fig. 1).

Secondo Bertarelli (1923), che partecipò almeno in parte ai lavori e che dopo la guerra ne percorse la quasi totalità, le caratteristiche generali di queste gallerie si possono così sintetizzare: 1) numero di gallerie principali scavate nel ghiaccio: 16; 2) estensione complessiva: 11,4 km; 3) quota minima: 2.940 m; 4) quota massima: 3.857 m (Koenigspitze) con un breve tratto a 3.902 m sulla vetta dell'Ortler; 5) lunghezza massima 2.000 m (galleria del Colle delle Pale Rosse); altre due gallerie ebbero una lunghezza superiore a 1.000 m (Ghiacciaio Camosci e Trafojer); 6) sezione maggiore: 3 m di larghezza e 2,5 m di altezza (Galleria di Capanna Milano-Ghiacciaio dello Zebrù) (fig. 2); in tutte le altre gallerie la larghezza era inferiore all'altezza.

Per quanto riguarda le tecniche di scavo venivano normalmente utilizzati, da parte di uno-due picconieri, piccozze a manico corto, dopo avere sperimentato con scarso successo esplosivi e fiamme ad acetilene; i ritmi di avanzamento erano di 4-5 m al giorno per 10 ore di lavoro e squadre di 6-8 uomini su una sezione di $2 \times 0,80$ m. Oltre alle difficoltà meccaniche dello scavo e alle durissime condizioni ambientali di lavoro (ad esempio la ridottissima aerazione), altri problemi riguardarono l'allontanamento del materiale di risulta (normalmente frammenti di ghiaccio di piccole dimensioni staccati con il piccone), che veniva effettuato con rudimentali slitte di legno, e le elevate temperature interne insieme



Fig. 2 – *La galleria Capanna Milano – Ghiacciaio Zebrù*

Fonte: foto di G. Bertarelli, in Magrin e Peretti (2007)

all'elevata umidità e la deformazione delle gallerie a causa del flusso del ghiaccio che richiedevano un costante lavoro di manutenzione, almeno per quelle scavate direttamente nel corpo dei ghiacciai e non sulle pareti di ghiaccio. Già pochi anni dopo la conclusione del conflitto (fra il 1919 e il 1921) molte gallerie risultarono scomparse o non più percorribili, in particolare quelle scavate nelle lingue dei ghiacciai. Nel 1921 apparvero ancora in buono stato quella che dal Ghiacciaio dello Zebrù saliva al Colle della Miniera e quella scavata sulla parete sud-ovest della Koenigspitze (Bertarelli, 1923). Un'ultima evidenza venne rinvenuta nel 2009 da uno degli autori della presente nota (G. Magrin): è la traccia della sezione trasversale della galleria austriaca che con una lunghezza di 200 m dal Passo di Campo (3.334 m) portava alla Cima di Campo (3.480 m). Nella sezione, oltre alla dislocazione degli strati di ghiaccio, erano bene evidenti numerosi fili metallici (fig. 3). In questa zona non sono state trovate evidenze di altre gallerie, anche se l'attuale fase di intenso regresso glaciale sta portando alla luce



Fig. 3 – *L'ultima evidenza della galleria austriaca Cime di Campo-Punta Spiriti*

Fonte: foto di G. Magrin (2009)

grandi quantità di resti bellici, ad esempio bombe, depositi di munizioni, fili spinati e in qualche caso anche resti mummificati di corpi di soldati.

Lo scavo delle gallerie nel ghiaccio, la loro manutenzione e frequentazione hanno fornito sicuramente utili informazioni all'evoluzione degli studi glaciologici, come indicato da Bertarelli (1923) e soprattutto da von Klebelsberg (1920).

Come scrive Bertarelli (1923): «Uno specialista di glaciologia avrebbe tratto utile insegnamento anche dalla somma di esperienza biennale di guerra che, sotto l'aspetto di alcune pratiche consuetudini, si era già imposta nella dura realtà all'osservazione profana dei forti soldati, intenti a così grandi altezze alla lotta contro il nemico agguerrito. L'osservatore avrebbe inoltre, dalla varietà delle circostanze di posizione, di altitudine, di direzione delle opere scavate nel ghiaccio, dedotte alcune considerazioni certo importanti per lo studio dei movimenti dei ghiacciai alpini».

Nei primi anni del XX secolo la glaciologia non ha ancora iniziato la transizione dalla «Lewis school», dove si enfatizzano gli aspetti geografico-fisici e geologici dei ghiacciai, alla «Nye school», dove l'enfasi è posta sui caratteri matematico-fisici, e alla «Röthlisberger school», dove prevalgono gli aspetti geofisici (Clarke, 1987). È vero tuttavia che la maggior parte dei concetti fondanti lo studio dei ghiacciai fu posta in essere relativamente presto nello sviluppo di questa disciplina scientifica (Knight, 2011). A metà del XIX secolo, infatti, erano già in

corso accese discussioni ad esempio sulle modalità del flusso glaciale che coinvolsero fra gli altri Agassiz, Forbes, Hopkins, Tyndall (Walker e Waddington, 1988) e successivamente Marchi, Hess, Weinberg, fino a Deeley e Parr, i cui scritti sulla viscosità del ghiaccio di ghiacciaio vengono pubblicati nel 1914.

Le osservazioni effettuate nelle gallerie scavate nel ghiaccio durante la prima guerra mondiale, soprattutto nel gruppo Ortles-Cevedale, seppur non sistematiche ed organiche, ad eccezione di quelle di von Klebelsberg (1920) sul versante austriaco (il loro scopo non era ovviamente di tipo scientifico!), offrirono tuttavia una ricca messe di dati sperimentali utili alla nascente glaciologia (ricordiamo che i più noti e fondamentali lavori di Somigliana sulle leggi del flusso glaciale sono degli anni Venti e quelli di Nye e Glenn sulle relazioni fra tensioni e deformazioni sono degli anni Cinquanta del XX secolo).

Fra le acquisizioni «pratiche» più importanti vanno ricordate quelle riguardanti il flusso glaciale e le sue caratteristiche viscoplastiche o meglio viscosi non lineari (Cuffey e Paterson, 2010), ben osservate da Bertarelli (1923) nella galleria della Capanna Milano-Ghiacciaio dello Zebrù. In particolare egli descrive il rapido movimento e il rapido schiacciarsi della galleria con intense torsioni laterali e con una evidente pressione dal basso verso l'alto (è la componente di emersione della velocità del ghiacciaio teorizzata da Reid, 1896, ritenuta un paradosso da molti suoi contemporanei). Bertarelli (1923) inoltre riporta osservazioni sulla maggiore rigidità del ghiaccio superficiale e sulla sua maggiore velocità a confronto del ghiaccio a maggiore profondità, caratterizzato da più elevata plasticità, nonché sulle velocità ridotte del flusso nelle zone di calotta, come la cima dell'Ortles o le due sommità degli Eiskogele (Coni di Ghiaccio).

Altre osservazioni interessanti riguardano le varie componenti del bilancio di massa glaciale, in particolare l'importanza dell'alimentazione eolica nei bacini di accumulo, che compensa gli effetti dell'ablazione a quote inferiori, e i rapidi processi di metamorfismo anche invernali che, sempre in zone di calotta, trasformano la neve in ghiaccio. Le osservazioni riguardano ancora i due Eiskogele, dove le gallerie attraversavano esclusivamente ghiaccio compatto e non neve, e manifestavano solo pochissime variazioni nella loro sezione. La neve di valanga, pur abbondante, presentava invece dei processi di metamorfismo molto lenti e anche se compattata si dimostrava troppo debole e deformabile per lo scavo delle gallerie, come si verificò per la galleria del Ghiacciaio dei Camosci.

Di particolare interesse infine le osservazioni riguardanti le differenze di flusso e quindi la diversa persistenza delle gallerie scavate nelle lingue glaciali, cioè nel corpo dei ghiacciai veri e propri, rispetto a quelle realizzate sulle pareti di ghiaccio al di sopra delle crepacce terminali. Le prime, come ben evidenziato dalla galleria Capanna Milano-Ghiacciaio dello Zebrù, richiedevano faticosissimi e continui lavori di manutenzione a causa del movimento del ghiacciaio (10-30 m all'anno), il cui flusso era in gran parte dovuto allo scivolamento basale. Il ghiaccio pur ripido delle pareti, come osserva Bertarelli (1923), è invece «quasi assolutamente immobile e si conserva inalterato, a grande altezza, per lunghi

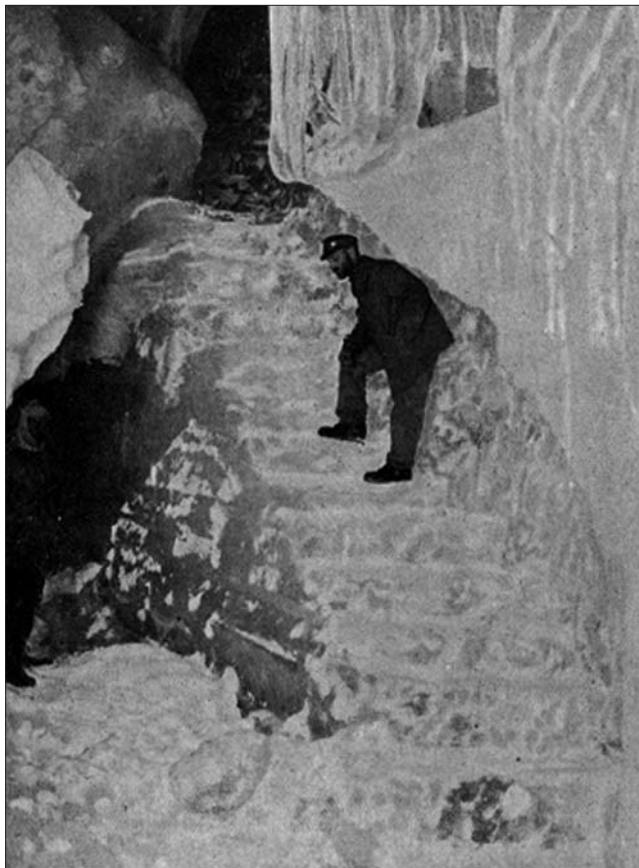


Fig. 4 – *La galleria nel crepaccio terminale del Cristallo*

Fonte: foto di R. von Klebelsberg (1920)

anni». In particolare la galleria Ghiacciaio dello Zebrù-Colle della Miniera non ebbe mai bisogno di manutenzione nell'anno e mezzo durante il quale fu usata. Nonostante la notevole inclinazione del tratto superiore (40° - 60°), il movimento era praticamente inavvertibile e ancora nell'agosto 1921 fu ritrovata in buono stato. Si tratta probabilmente delle prime segnalazioni sperimentali delle diverse dinamiche di accumulo e ablazione, e quindi di flusso, fra colate glaciali e pareti di ghiaccio (Galluccio e Righetti, 1995). Su queste ultime infatti il flusso, lentissimo, è dovuto prevalentemente a deformazione interna, caratteristica del ghiaccio «freddo». Non risultano misurazioni di temperatura del ghiaccio in queste gallerie; è tuttavia molto probabile che esse fossero scavate in «ghiaccio freddo». Tenendo conto infatti delle quote delle gallerie e della loro esposizione (3.410-3.588 m con esposizione nord per la galleria Schneeglocke-Trafojer Eiswand; fi-

no a 3.553 m con esposizione nord-ovest per la galleria Ghiacciaio dello Zebrù-Colle della Miniera; 3.434-3.444 m con esposizione nord-ovest per la galleria Passo Sulden (Solda)-Mitscherkopf), la presenza di nevato «freddo» e di ghiaccio «freddo» può ritenersi molto probabile. Infatti secondo Suter e altri (2001), che hanno utilizzato un modello a regressioni lineari multiple, basato su misure della temperatura del nevato, altitudine ed esposizione, il limite inferiore della probabile presenza di nevato «freddo» sulle Alpi dovrebbe essere 3.400 m per le esposizioni nord e 3.600 m per le esposizioni nord-ovest e nord-est, mentre il limite per la sua presenza possibile dovrebbe essere 3.000 m per tutte le esposizioni indicate. Di fatto anche nella galleria scavata sulla parete sud-ovest della Koenigspitze, a circa 3.400 m, Bertarelli (1923) osservò che il ghiaccio era del tutto immobile e che nel 1921 la galleria era ancora intatta.

Osservazioni sul campo molto approfondite sulle gallerie del versante austriaco (specialmente quelle del Cristallo, Madatsch, Trafojer, Ortler e Koenigspitze), furono realizzate da von Klebelsberg (1920), che fra il 1914 e il 1917 servì nell'esercito austriaco come ufficiale di artiglieria e nel 1918 come «geologo di guerra» (fig. 4). Von Klebelsberg è uno dei padri della glaciologia e della geomorfologia glaciale e i risultati delle sue osservazioni soprattutto sulla struttura di nevato e ghiaccio e sulla dinamica glaciale raccolti nelle gallerie di ghiaccio durante il conflitto (von Klebelsberg, 1920), furono veramente significativi e innovativi, anche se la loro diffusione internazionale fu al momento alquanto limitata.

Non risulta che, dopo quelle di Bertarelli compiute subito dopo la fine del conflitto, vi siano state altre osservazioni volte anche all'acquisizione di dati scientifici. Oggi tutte le gallerie sono virtualmente scomparse (Franzosi, 1977). Come scrisse Bertarelli (1923): «Sarebbe interessante di poter seguire per alcuni anni ancora, fino al loro disfacimento, le vestigia che ancora rimangono di queste opere di guerra. Se ne potrebbero ricavare altre note utili alla glaciologia. Ma per chi vi ha durato tre lunghi inverni, l'interesse scientifico passa in ultima linea. Un ricordo nostalgico prende il sopravvento. Il disperdersi di queste testimonianze è pieno di melanconia. Ma, forse, la scomparsa di questi avanzi della grande tragedia è augurale: vanno nel nulla, lontani nel tempo, per non rinnovarsi più».

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BERTARELLI G., *Le gallerie di guerra nei ghiacciai dell'Ortler. Osservazioni sul movimento dei ghiacciai*, in «Le Vie d'Italia», 1923, pp. 760-774.
- CLARKE G.K.C., *A Short History of Scientific Investigation on Glacier*, in «Journal of Glaciology», Special Issue, 1987, pp. 4-24.
- CUFFEY K.M. e W.S.B. PATERSON, *The Physics of Glaciers*, Oxford, Elsevier, 2010.
- DE BERNARDIN A. e M. WACHTLER, *La città di ghiaccio. La Grande Guerra nelle viscere della montagna*, Bolzano, Athesia, 2009.
- FANTELLI U., G. MAGRIN e G. PERETTI, *Battaglie per il San Matteo. Le battaglie più alte della storia*, Bormio, Alpinia, 2008.

- FRANZOSI P.G., *Le gallerie di guerra nei ghiacciai alpini*, in «Rivista Militare Italiana», 1977, pp. 88-92.
- GALLUCCIO A. e G. COLA, *La Guerra Bianca nell'Ortles-Cevedale: il ghiaccio scrigno della memoria*, in «Terra Glacialis», 2001, 4, pp. 9-24.
- GALLUCCIO A. e F. RIGHETTI, *La riduzione delle pareti di ghiaccio alpine, un contributo allo studio del fenomeno*, in «Annuario della Sezione Valtellinese del CAI», 1995.
- KELLER T., *The Mountains Roar: The Alps during the Great War*, in «Environmental History», 2009, 14, 2, pp. 253-274.
- VON KLEBELSBERG R., *Glazialgeologische Erfahrungen aus Gletscherstollen*, in «Zeitschrift für Gletscherkunde», 1920, 11, pp. 156-184.
- KNIGHT P.G., *Glaciology*, in V.P. SINGH, P. SINGH e U.K. HARITASHYA (a cura di), *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*, Dordrecht, Springer, 2011, pp. 440-443.
- LANGES G., *La guerra tra rocce e ghiacci. La guerra mondiale 1914-1918 in alta montagna*, Bolzano, Athesia, 1981.
- VON LEMPRUCH A. e G. VON OMPTEDA, *Ortles. La guerra fra i ghiacci e le stelle*, Bassano del Grappa, Itinera Progetti, 2005.
- VON LICHEM H., *Guerra in montagna 1. Ortles, Adamello, Giudicarie*, Bolzano, Athesia, 1996.
- MAGRIN G., *La più alta battaglia della storia. Punta San Matteo nel Gruppo Ortles-Cevedale 1918*, Valdagno, Rossato Editore, 1994.
- MAGRIN G. e G. PERETTI, *Battaglie per la Trafojer. La Guerra 1915-18 sul più alpinistico settore del fronte*, Bormio, Alpinia, 2007.
- MARSEILER S., U. BERNHART e F.J. HALLER, *Ghiacciai che scoprono la storia. Il fronte dell'Ortles 1915-1918*, Bolzano, Athesia, 1998.
- MARTINELLI U., *La guerra a tremila metri, dallo Stelvio al Gavia*, Chiari, Nordpress, 2009.
- REID H.F., *The Mechanics of Glaciers*, in «Journal of Geology», 1896, 4, 8, pp. 912-928.
- SUTER S., M. LATERNER, W. HAEBERLI, M. HOELZLE e R. FRAUENFELDER., *Cold Firm and Ice of High-altitude Glaciers in the Alps: Measurements and Distribution Modelling*, in «Journal of Glaciology», 2001, 47, 156, pp. 85-96.
- URANGIA TAZZOLI T., *La guerra sulle alte vette e sui monti dell'Ortles-Cevedale*, Chiari, Nordpress, 1995.
- VIAZZI L., *Guerra sulle vette, Ortles-Cevedale, 1915-1918*, Milano, Mursia, 1977.
- VIAZZI L., *La guerra alpina sul fronte Ortles-Cevedale*, Chiari, Nordpress, 1997.
- VIAZZI L. e A. ANDREOLETTI, *Con gli alpini sulla Marmolada, 1915-1917*, Milano, Mursia, 1977.
- VIAZZI L. e U. MARTINELLI, *La guerra a tremila metri. Dallo Stelvio al Gavia*, Chiari, Nordpress, 1996.
- WALKER J.C.F. e E.D. WADDINGTON, *Descent of Glaciers: Some Early Speculations on Glacier Flow and Ice Physics*, in «Journal of Glaciology», 1988, 34, 118, pp. 342-348.

«WHITE WAR» AND GLACIOLOGY: ICE TUNNELS IN THE GLACIERS OF THE ORTLES-CEVEDALE GROUP. – During the first world war many military operations were conducted at very high altitude in the Ortles-Cevedale range («White War»). In that occa-

sion many tunnels into the glaciers (16 in total) have been dug as shelter for troops up to a maximum altitude of 3,857 m. The excavation and the maintenance work of the ice tunnels made interesting and quite innovative field observations possible for the new science of glaciology. In particular significant and useful information have been provided on the viscoplastic characteristics of ice flow, on the importance of Aeolian accumulation, on the distinction between the basal sliding of glacial tongues and the internal deformation of the ice walls.

Claudio Smiraglia

Guglielmina Diolaiuti

*Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra «Ardito Desio»,
Comitato Glaciologico Italiano*

claudio.smiraglia@unimi.it

guglielmina.diolaiuti@unimi.it

Giovanni Peretti

Centro Nivometeorologico ARPA Lombardia, Bormio (SO)

g.peretti@arpalombardia.it

Giuseppe Magrin

bepimagrin@libero.it