

ICEBERG nelle ALPI?

Giovanni Kappenberger
CH-6565 San Bernardino

**ICEBERGS IN THE ALPS?
From glacier to lake**

In the last decades, following strong and ongoing climate change and global warming that led to progressive glacier retreat, melt water production has steadily increased; not always this water flows downstream. In the late 1990s, water pools started to form in the rock basin filled with ice fed from the Chüeboden glacier, at 2,670 m asl, in Valle Bedretto/upper Ticino. These pools then gradually formed a pond and then a true lake, with the glacier tongue being immersed. In 2020 the iceberg gradually grew, adding a number of ice pieces, even though of small size. Then, in late November 2020, a large volume of ice came to the surface: a large piece of the glacier tongue broke away and then smashed into pieces to form a number of icebergs of unusual large size for the Alpine environment. The level of the lake, with a surface of 120,000 m², decreased by 2 meters, which caused the sudden displacement of 2 million cubic meters of ice. This and other observations and measurements carried out during 9 surveys between December 2020 and October 2021 have been collected in a booklet ("Gli iceberg del Gerenpass - poetica del ghiaccio", published by Salvioni Edizioni, December 2021). This article presents a part of this study, focusing on its scientific aspects.

*Nella pagina a fronte:
insieme degli iceberg del Lago Geren
ripresi il 18.12.2020. Sul retro le Alpi
Bernesi con in Finsteraarhorn e lo
Schreckhorn.*

*Attached photo:
the icebergs of lake Geren taken on
18.12.2020. In the background: the
Bernese Alps with the Finsteraarhorn
and the Schreckhorn*

UNA TRASFORMAZIONE DA GHIACCIAIO A LAGO

Negli ultimi decenni di forte e continuo riscaldamento climatico, con il progressivo ritiro dei ghiacciai, la produzione di acqua di fusione si è fatta importante; non sempre essa scorre a valle. Nella conca di roccia riempita di ghiaccio da parte del ghiacciaio del Chüeboden, a 2670m, in Valle Bedretto/alto Ticino, alla fine degli anni '90, hanno iniziato a formarsi delle pozze d'acqua che pian piano sono diventate un laghetto e poi un vero lago, mentre la lingua del ghiacciaio si trovava immersa. Nel 2020 è aumentata la produzione di iceberg, quali pezzi di ghiaccio anche numerosi, ma con dimensioni ridotte. A fine novembre del 2020 poi, in un attimo, è salito a galla un importante volume di ghiaccio: un grosso pezzo della lingua di ghiacciaio si è staccata e si è frantumata in maniera da produrre numerosi iceberg di notevoli dimensioni per un ambiente delle nostre Alpi. L'abbassamento del livello del lago di una superficie di 120'000 m², è stato di 2 m e ha contribuito a valutare il volume di ghiaccio spostato di colpo, ossia 2 milioni di m³. Questa e altre osservazioni e misurazioni effettuate durante 9 uscite tra il dicembre 2020 e l'ottobre 2021 sono state descritte in un libretto ("Gli iceberg del Gerenpass - poetica del ghiaccio", pubblicato da SalvioniEdizioni, dicembre 2021). Questo articolo ne presenta una parte, ossia quella con un carattere più scientifico.



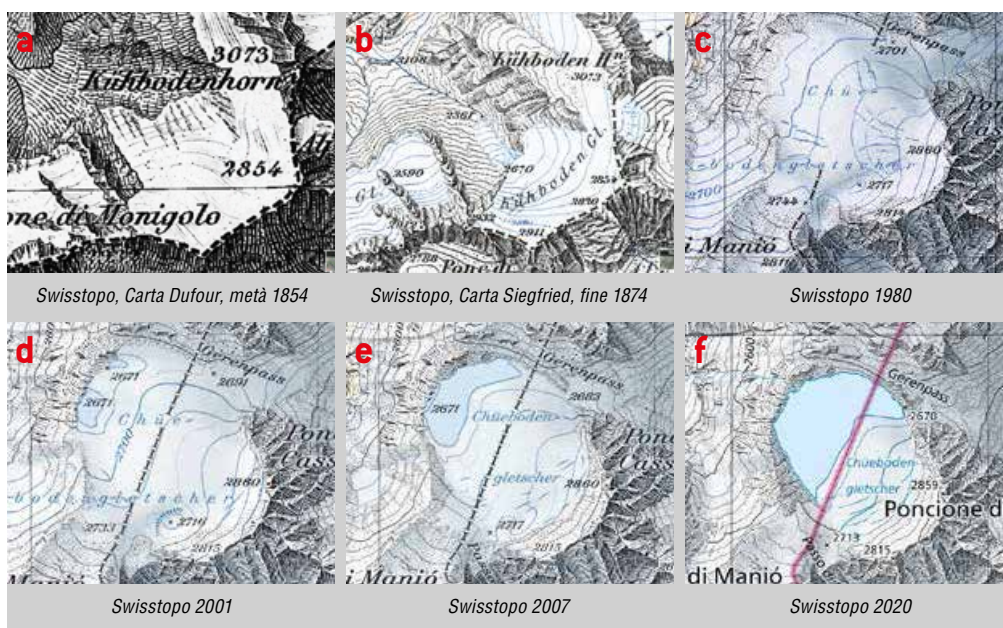


Fig. 1 - Settembre 2012: vista aerea del lago del Geren, con la Valle Bedretto e Airolo sullo sfondo.

Fig. 2 - Riporto cartografico dell'ultimo secolo con l'evoluzione del ghiacciaio Chüeboden e del rispettivo lago del Geren.

GHIACCIO E ACQUA

Negli ultimi decenni di forte e continuo riscaldamento climatico, con il progressivo ritiro dei ghiacciai, la produzione di acqua di fusione si è fatta importante; non sempre essa scorre a valle: a volte si accumula fino a formare un lago glaciale nelle conche rocciose, modellate dai ghiacciai nel corso dei millenni. Più o meno frequentemente dalla lingua del ghiacciaio si staccano dei pezzi di

ghiaccio che poi galleggiano sul lago, alla deriva. Anche al lago del Geren (il laghetto del ghiacciaio del Chüeboden non ha ancora un nome ufficiale, lo chiameremo d'ora in poi lago del Geren), in Val Bedretto, sullo spartiacque tra il Canton Ticino e il Vallese, in Svizzera, fino all'estate 2020 si scorgevano solo piccoli blocchi di ghiaccio di questo tipo, di scarso interesse. Fino al 26 novembre 2020, quando la pace di quel piccolo an-

golo di mondo è stata improvvisamente scombusolata. Ma prima di raccontare la nascita dei nostri giganti di ghiaccio, facciamo un passo indietro nella storia geoclimatica.

EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO DEL CHÜEBODEN E DEL LAGHETTO DEL GEREN

La conca di roccia presente sullo spartiacque tra Ticino e Vallese, presso il Gerenpass, è stata per secoli ricolma di ghiaccio. Negli ultimi anni del millennio scorso si è assistito alla formazione delle prime pozze surglaciali, formatesi sulla superficie del quasi pianeggiante ghiacciaio del Chüeboden. Col tempo queste pozze d'acqua si sono ingrandite e unite fino a formare un unico lago a forma di mezzaluna, ai piedi dei ripidi pendii rocciosi del Chüebodenhorn, esposti a sud, che favoriscono la fusione. Il ghiacciaio del Chüeboden si sta quindi gradualmente trasformando nel lago del Geren. Per decenni lo sviluppo del lago è stato seguito con attenzione, anche perché gli sbocchi verso il Vallese e verso il Ticino nei primi anni duemila erano ancora ricoperti di ghiaccio e non permettevano di capire da che parte sarebbe defluita l'acqua, se verso il Vallese o il Ticino; questa era un'informazione importante nel caso di un cedimento e relativo svuotamento improvviso del lago o di parte di esso. Il confine tra i due cantoni attraversa infatti il bacino idro-glaciologico in maniera rettilinea. Oggi i due sbocchi sono liberi da ghiaccio, sappiamo che l'acqua del lago defluirà verso il Vallese. Il ghiacciaio invece è situato soprattutto sul versante ticinese, ai piedi e all'ombra delle guglie del Poncione di Cassina Baggio (Fig.1).

Il ghiacciaio del Chüeboden ha raggiunto la sua massima estensione dall'ultima glaciazione verso la metà del diciannovesimo secolo, con una lingua di ghiaccio che scendeva verso la Val Bedretto e un'altra che scendeva verso il Vallese (Figg. 2a,b,c,d,e,f). Da allora e fino agli

anni Settanta del secolo scorso, il riscaldamento climatico e il conseguente ritiro dei ghiacciai è avvenuto per cause che potrebbero ancora essere considerate naturali con una breve pausa fredda all'inizio del ventesimo secolo e attorno agli anni Settanta (Fig. 3). Dagli anni Ottanta in poi, invece, il riscaldamento del clima è stato fortemente accelerato dalle attività umane, che immettono gas-serra nell'atmosfera.

Paragonando le condizioni geografiche e climatiche del ghiacciaio del Chüeboden con quelle di altri suoi simili, come ad esempio il ghiacciaio del Basodino (che misuro e documento da trent'anni) appare plausibile che il Chüeboden stia perdendo uno spessore da 1 a 2 metri ogni estate (Figg. 4a,b).

EMERSI DALLA PROFONDITÀ DEL LAGO

Confrontando le due immagini della pagina precedente, si osserva che la formazione di blocchi galleggianti, aumenta nel corso dell'estate: se nei pressi del Gerenpass il ghiacciaio sparisce ancora nel lago in modo lineare, più lontano si vede che c'è stata una frattura, molto probabilmente all'origine delle piccole zattere di ghiaccio che si sono distribuite su buona parte dello specchio d'acqua. La presenza di abbondanti blocchi galleggianti sul laghetto del Geren alla fine di agosto 2020 era già di per sé una situazione particolare: generalmente i pezzi di ghiaccio che d'estate si staccavano dal ghiacciaio, venivano assorbiti dal lago nel corso della stessa estate, sciogliendosi. Durante l'estate 2020 essi sono stati talmente abbondanti da mantenere la temperatura dell'acqua continuamente vicina allo zero, portando la fusione al minimo. Il 9 settembre 2020 i piccoli blocchi di ghiaccio alla deriva erano stati sospinti verso la parte settentrionale del lago ad opera del vento da sud. Poi, si sa, a quasi tremila metri di quota l'inverno arriva presto e ricopre tutto di bianco, ma, sotto la neve, acqua e ghiaccio continuano la loro danza si-

lenziosa. Chi il 29 novembre si è guardato attorno dalla cima del Chüeboden ha visto uno scenario molto sorprendente: una serie di iceberg di diverse forme e dimensioni si ergevano su una parte del

lago del Geren, come modellati dalle mani di uno scultore misterioso (Fig. 5). Tre giorni dopo essere venuti alla luce dalle profondità del lago, gli iceberg si sono presentati nudi, non ancora



Fig. 3 - Cordone morenico lasciato dalla lingua del ghiacciaio del Chüeboden che dal Gerenpass scendeva verso sud-est.



Fig. 4 - Luglio 2020 (Giorgio Valenti) (a), Agosto 2020 (Max Bognuda) (b).



Fig. 5 - Prima foto degli iceberg scattata il 29 novembre 2020 dal Chüebodenhorn (Jasmine Vismara).

Fig. 6 - Finsteraarhorn in fondo al centro. Due immagini del 18.12.2020, alla mia prima uscita. La neve di inizio dicembre ha ricoperto i giganti di ghiaccio.

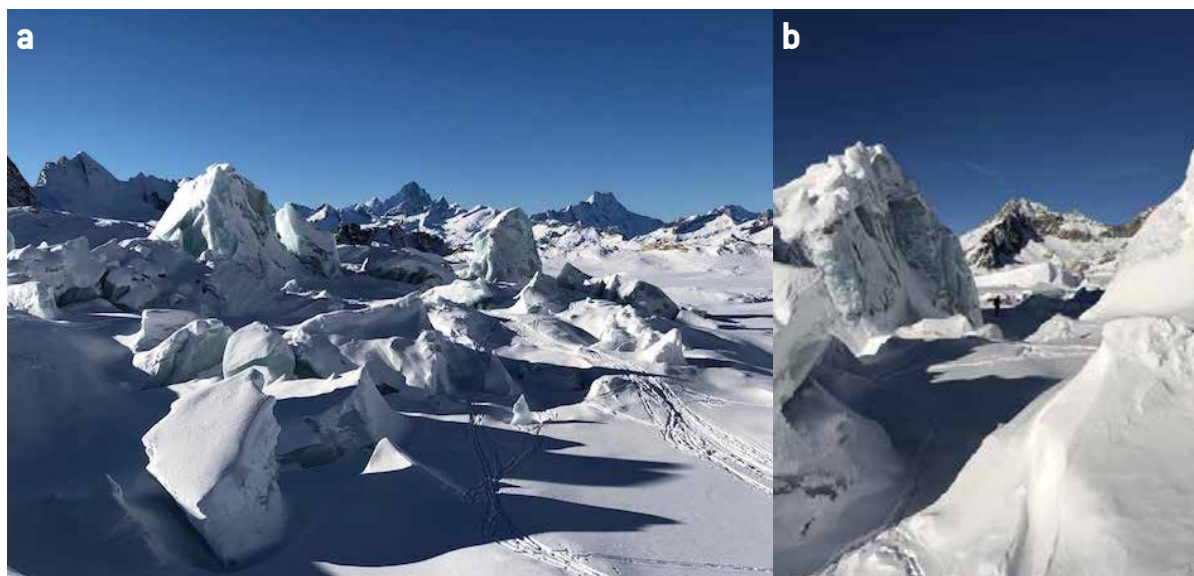


Fig. 7 - Iceberg "Irene" (a) e... Iceberg "Olav" (b) 18.12.2020, Iceberg "Due Balene" ha sollevato il sandwich di ghiaccio lacustre (c).



Fig. 8

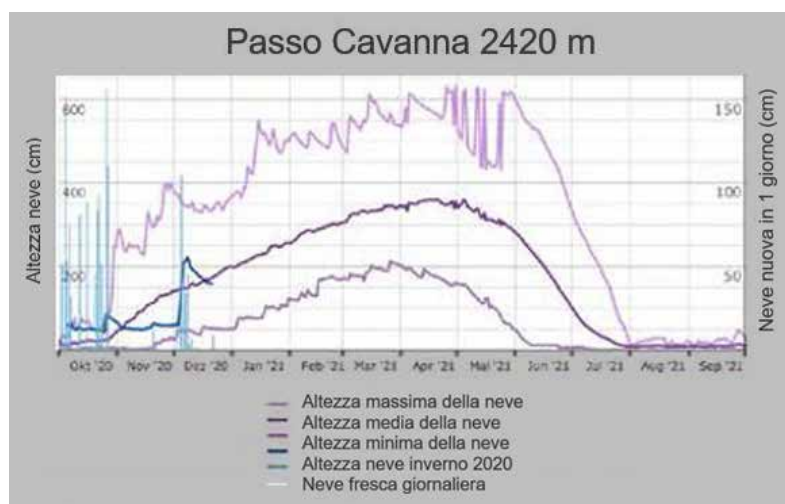


Fig. 9



ricoperti di neve, agli occhi dei primi visitatori. Sembravano essere tenuti a battesimo da un padrino d'eccezione, il Finsteraarhorn, maestoso re delle Alpi bernesi. La poltiglia di acqua e ghiaccio circostante è stata delimitata da una "cresta di pressione" che ha fermato l'espansione dinamica degli iceberg; essa si è creata nello scontro tra gli iceberg e il ghiaccio lacustre, già piuttosto consistente a fine novembre.

Le copiose nevicate di inizio dicembre hanno poi ricoperto il ghiaccio vivo degli

iceberg, trasformandoli in una schiera di bianchi guardiani dei luoghi (Figg. 6a,b). E' stato il vento ad assumere in seguito il compito di ripulirli dalla coltre nevosa per farli tornare a brillare al sole (Figg. 7a,b,c).

Anche il prossimo iceberg ha una sua storia da raccontare: è composto da un grosso blocco di ghiaccio scuro (una delle "Due Balene") che apparteneva alla lingua subacquea del ghiacciaio; esso sollevandosi ha spinto verso l'alto anche il ghiaccio lacustre, che si era formato sulla superficie del laghetto durante l'autunno e l'inverno in corso. Quest'ultimo è composto da numerosi strati: il più in basso, azzurrino sulla foto, è il primo ghiaccio formatosi tra settembre e ottobre di quest'anno in concomitanza con una nevicata, motivo per cui non è trasparente. Lo strato superiore, più verdino, è del mese di novembre. Tra questi 2 strati ben visibili di ghiaccio lacustre si riconoscono le diverse nevicate e altri strati più sottili di ghiaccio, del mese di ottobre. Dopo il sollevamento che ha trasformato in iceberg questo blocco

stratificato galleggiante, a inizio dicembre è caduto circa un metro e mezzo di neve, che poi in buona parte è stata soffiata via dai venti, lasciando all'iceberg solo un leggero cappuccio bianco. La parte stratificata situata sotto la lastra di ghiaccio verdino di novembre era dunque immersa nell'acqua: gli strati bianchi sono neve satura d'acqua, una poltiglia congelatasi dopo il sollevamento fuori dal laghetto.

Il grafico di Fig. 8 mostra l'altezza della neve alla stazione automatica nivometeoMIS, poco sotto il Passo Cavanna in Val Bedretto. Dal grafico si legge che il mese di ottobre è stato fresco e ricco di precipitazioni (al Gerenpass soprattutto neve). Novembre è risultato secco, mentre a inizio dicembre è caduta molta neve. Le linee viola indicano lo spessore della coltre nevosa: minimo, medio e massimo, mentre la linea blu rappresenta la neve dell'inverno in corso (cm segnati a sinistra). Le colonne celesti indicano le nevicate giornaliere (cm segnati a destra).

Denti ghiaccio vengono ammirati prima che spariscano, entro poche settimane, sotto gli strati di neve dell'inverno (Fig. 9).

EVOLUZIONE STAGIONALE E MONITORAGGIO DEGLI ICEBERG

10.03.2021 - La nebbiolina rende l'ambiente suggestivo, la coltre nevosa è aumentata, ammorbidisce gli spigoli, nasconde i dettagli (Figg. 10 a,b). Nella nebbia, più lontano a sinistra, sbucano le "Due Balene", piuttosto appiattite. Poi verso destra si distingue la punta "Estremo Nord" e accanto il grande "Olaf". Davanti a loro si riconosce il blocco massiccio del "Centrale" con la piramide "Irene" alla sua sinistra. Il cubo in basso a sinistra sarà il futuro "Cervino". La linea di rottura del ghiacciaio è dietro la traccia degli sci.

21.05.2021 - Con la fronte di rottura del ghiacciaio emergono i primi Iceberg "Olaf" con il suo foro (un vecchio crepac-

cio?) e la sonda-neve di 2 metri. L'altezza neve è di 2 metri e compaiono accenni di fusione dello strato nevoso invernale, che ha creato numerosi ghiaccioli, decorati dalla galaverna (Figg.11a,b).

19.06.2021 - Nelle Figg. 12 (a) sullo sfondo si distinguono gli Iceberg principali con "Olaf" il più alto, "Estremo Nord" il più appuntito, "Centrale" ed "Irene" piuttosto stabili e "Cervino" sulla destra. Il buco nel laghetto azzurro è un collegamento che si è formato tra la pozza sopra il ghiaccio e il laghetto sottostante; (b) i colleghi si mettono in posizione per una livellazione.

Per le misure di livello degli Iceberg "Olaf" ed "Estremo Nord", oggi utilizzo due canne di bambù lunghe 2,5 metri e il confronto fotografico. La canna di bambù, oltre a fungere da misura di riferimento sulle fotografie, serve anche come strumento di sicurezza quando dobbiamo attraversare dei punti critici (Fig. 13a); cielo cupo ricoperto di altostrato (Fig. 13b).

10.07.2021 - Mentre "Olaf" è ormai estremamente esposto all'azione degli agenti atmosferici, "Irene" (Fig. 14a) si mantiene ancora piuttosto in forma. Noto che a partire da fine giugno si è

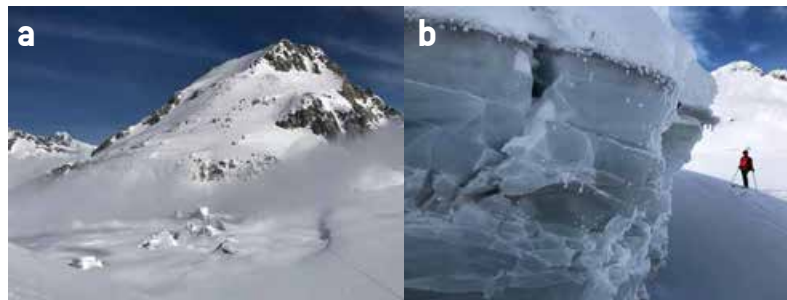


Fig. 10 - Guardando dalle pendici del Poncione di Maniò verso il Chüebodenhorn e il lago Geren 10.03.2020 (a). Strutture di ghiaccio alla rottura del ghiacciaio, con accenni di galaverna (b).

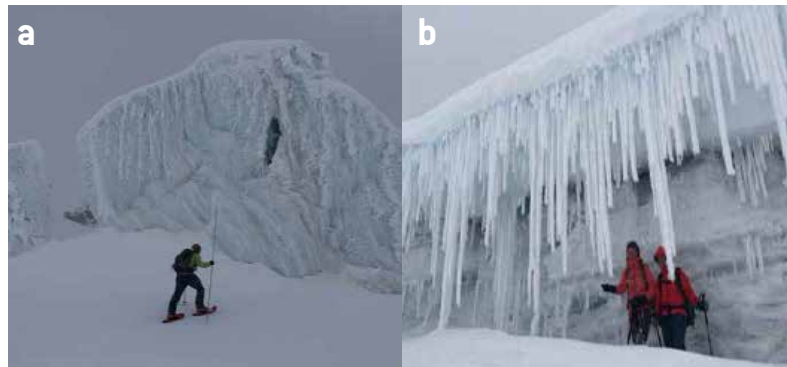


Fig. 11

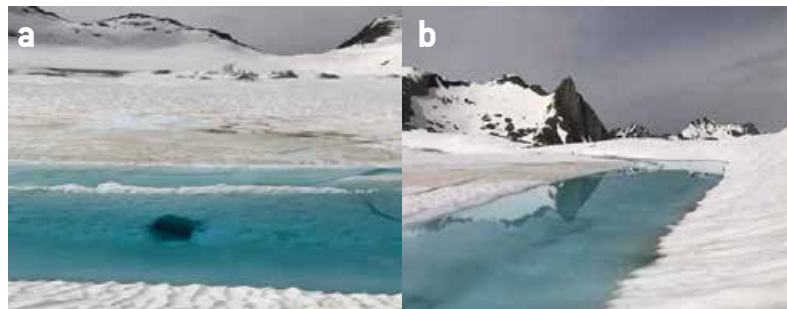


Fig. 12

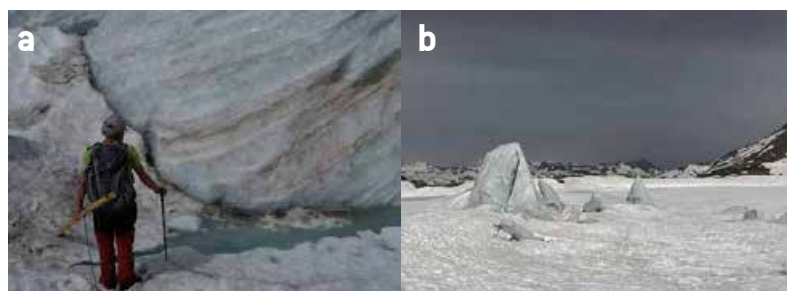


Fig. 13

Fig. 14



Fig. 15



perfino formato un crepaccio! Anche il cane Mila lo osserva con interesse (Fig. 14b), avrà intuito che qui i crepacci sono una rarità? In fondo al crepaccio il livello del lago è riconoscibile a una profondità di circa 4 m. Caspita, questo significa che ci troviamo sopra a un sistema di ghiacci galleggianti di circa 27 m di spessore! Infatti i 4 m emersi, di cui 2 sono di nevato, corrispondono a circa

3 m di ghiaccio sopra il livello del lago. È risaputo che l'iceberg ha 1/9 del suo volume fuori dall'acqua e 8/9 nell'acqua. 10.07.2021 - L'iceberg "Irene" è ancora al suo posto, sembra sempre più stabile con la sua larga base. Il crepaccio adiacente si è allargato un po' (Fig. 15a). Anche l'iceberg "Centrale" non molla (Fig. 15b), tuttavia le sue parti sono sempre meno ripide. La sua struttura a strati

sempre più marcati è decisamente affascinante: essa nasce dalla combinazione delle nevicate che si sono susseguite nei secoli con i movimenti del ghiacciaio e i depositi atmosferici che danno colore al ghiaccio, influenzandone la fusione.

19.08.2021 - Questo è "Centrale", fotografato dalla cima di "Irene" (Fig. 16a). Dietro la sua punta appaiono i resti di "Olaf", che, poveretto, ha perso tutta la sua maestosità e si è ridotto a un piccolo blocco di ghiaccio anonimo. l'iceberg "Cervino" (Fig. 16b) si presenta ancora in forma smagliante per la stagione, è uno di quelli che abbiamo battezzato tardivamente: quando ancora aveva una forma cubica non si capiva la sua vera identità, ma ora non vi sono dubbi.

5.09.2021 - Gli Iceberg "Cervino", "Irene" e "Centrale" sono ancora al loro posto. "Cervino", con le sue strutture stratificate, è lievemente più piccolo dell'altra volta, ma ancora grazioso. Mi accorgo che appoggia in parte su del ghiaccio diverso, più scuro (Fig. 17a,b).

Presa di un campione d'acqua dell'emissario del lago che fluisce verso il Vallese, destinato al Laboratorio della Sezione della Protezione dell'Aria, dell'Acqua e del Suolo del Canton Ticino (Fig. 18).

16.10.2021- Il lago del Geren si presenta ricoperto da uno strato di ghiaccio sul quale è già caduta della neve, che poi il vento ha modellato per generare lo spettacolo che abbiamo di fronte.

Il ciclo delle stagioni è quasi completo, qui il mondo torna ad essere bianco. Oggi finalmente entra in funzione il carotatore: lo avevo depositato già nel mese di luglio, assieme alle due canne di bambù, sotto a un sasso nei pressi del Gerenpass, ma le condizioni non erano mai state adatte al suo utilizzo. Oggi invece sarà utilissimo. Si tratta di un carotatore di tipo SIPRE (Snow, Ice and Permafrost Research Establishment) degli anni Cinquanta, era stato sviluppato dall'esercito americano e l'avevo in dotazione negli anni Settanta per eseguire misurazioni nell'Artico. In seguito era finito in un armadio del politecnico di Zurigo, dove vent'anni dopo ho potuto

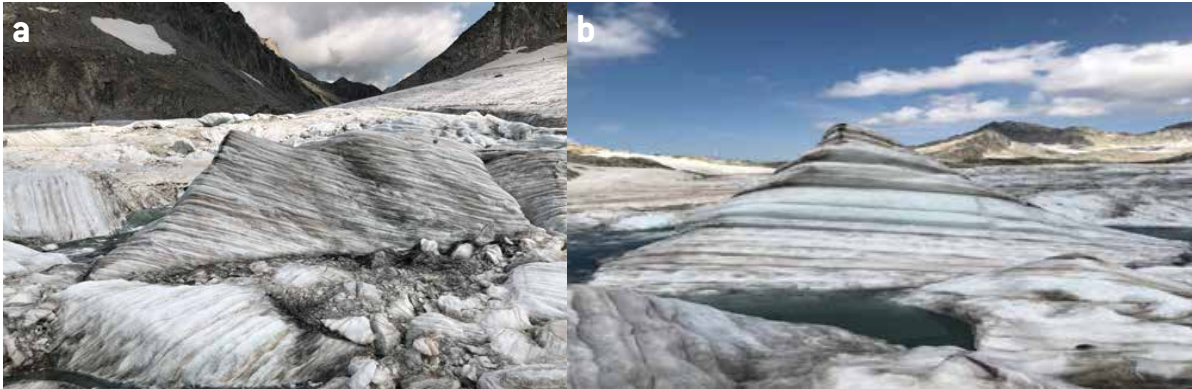


Fig. 16

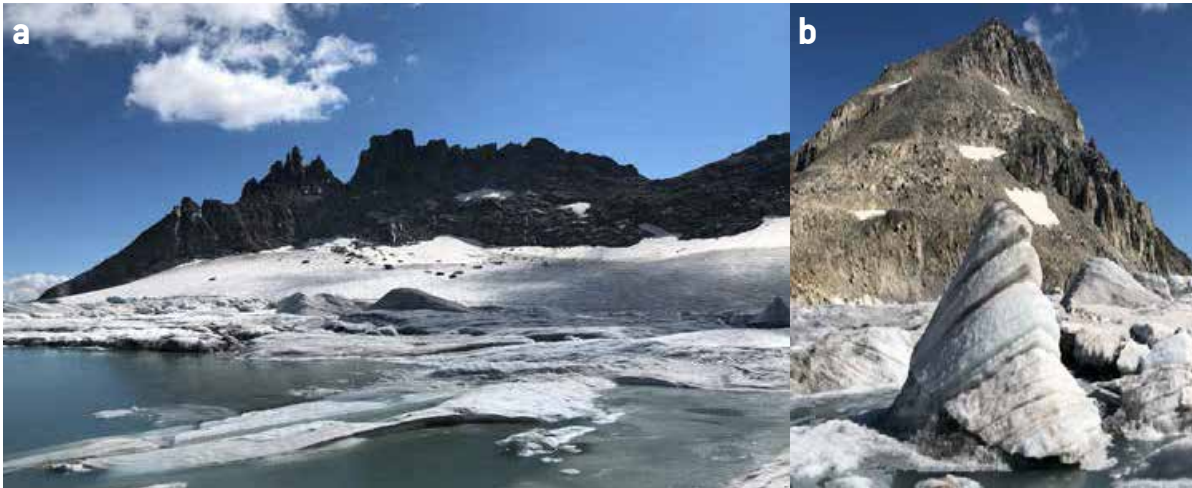


Fig. 17

recuperarlo per fargli vivere una seconda giovinezza. Ad essere sinceri è più adatto per forare il nevato (strati di neve vecchia piuttosto compatta) ma con un po' di forza si riesce a perforare anche il ghiaccio. Fortunatamente, complice la splendida giornata, due baldi giovanotti sono saliti a fare una gita al Gerenpass mettendo a disposizione le loro forti braccia per aiutarmi a forare il ghiaccio. Ci prepariamo quindi ad eseguire la batimetria del lago utilizzando 8 punti, rispettivamente buchi, di sondaggio, nei quali infiliamo la canna da pesca con il filo a piombo. Il ghiaccio lacustre è composto da due strati: il primo, piuttosto trasparente, è probabilmente la conseguenza del primo freddo di fine settembre (Fig. 19). Poi ha nevicato, motivo per cui il primo strato di ghiaccio è stato sospinto nell'acqua dal peso della neve, la quale si è a sua volta inzuppata per poi gelare e diventare uno strato di ghiaccio opaco. Lo spessore totale del ghiaccio è di circa 30 cm, dunque sufficiente per portare il nostro peso e anche molto di più. Possiamo quindi muoverci



Fig. 18



Fig. 19

Fig. 20

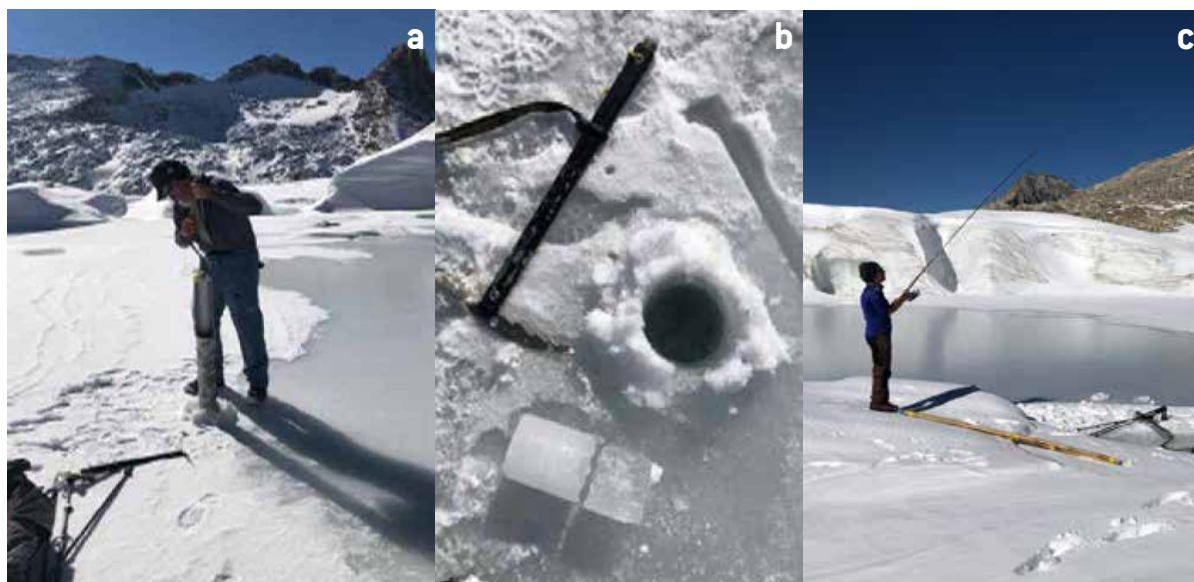
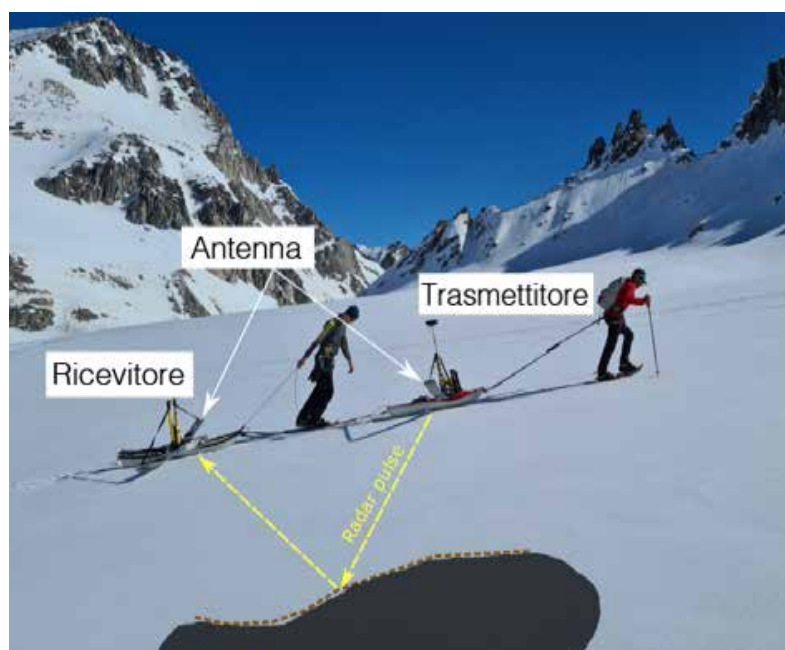


Fig. 21



Fig. 22



liberamente sul ghiaccio lacustre e sondiamo il fondo del lago (batimetria) lontano dagli iceberg, per evitare le cattive sorprese che abbiamo avuto durante le ultime due uscite di agosto e settembre. Le misure sono convincenti, molto probabilmente abbiamo toccato il fondo roccioso e non un ostacolo di ghiaccio. I valori trovati rispecchiano piuttosto

bene l'idea che mi ero fatto sulle dimensioni della conca del Geren sulla base delle altre osservazioni e delle misure già eseguite (Fig. 20 a,b,c). Sono soddisfatto, possiamo ridiscendere a valle, passo ancora una volta a salutare l'iceberg "Irene" sempre meno ripido, ma ancora presente e già ricoperto di un lieve manto bianco. Mi avvicino all'ice-

berg "Cervino", che dall'ultima volta si è procurato un bel cappello: il substrato di ghiaccio scuro, che avevo già notato, è venuto maggiormente a galla rispetto al 5 settembre ed è ora esposto anche a sud. Con il sole autunnale già piuttosto basso si è trovato ad essere molto più vulnerabile alla fusione che non il cappello, formato da strati di ghiaccio bianco. Probabilmente tra pochi giorni il cappello si sbilancerà, cadendo in avanti, verso meridione (Fig. 21 a,b,c).

MISURE DI SPESSORE DEL GHIACCIAIO

Grazie all'iniziativa del Prof. Daniel Farnotti del Politecnico Federale di Zurigo (ETHZ), una campagna di misurazione della profondità del ghiacciaio mediante un apposito radar è stata organizzata il 31 marzo 2021. Per ottenere risultati soddisfacenti, misurazioni di questo tipo vanno eseguite durante la stagione invernale, quando non c'è presenza di acqua liquida nel ghiacciaio. L'acqua di fusione, infatti, disturberebbe questo tipo di onde, riflessi sul fondo roccioso.

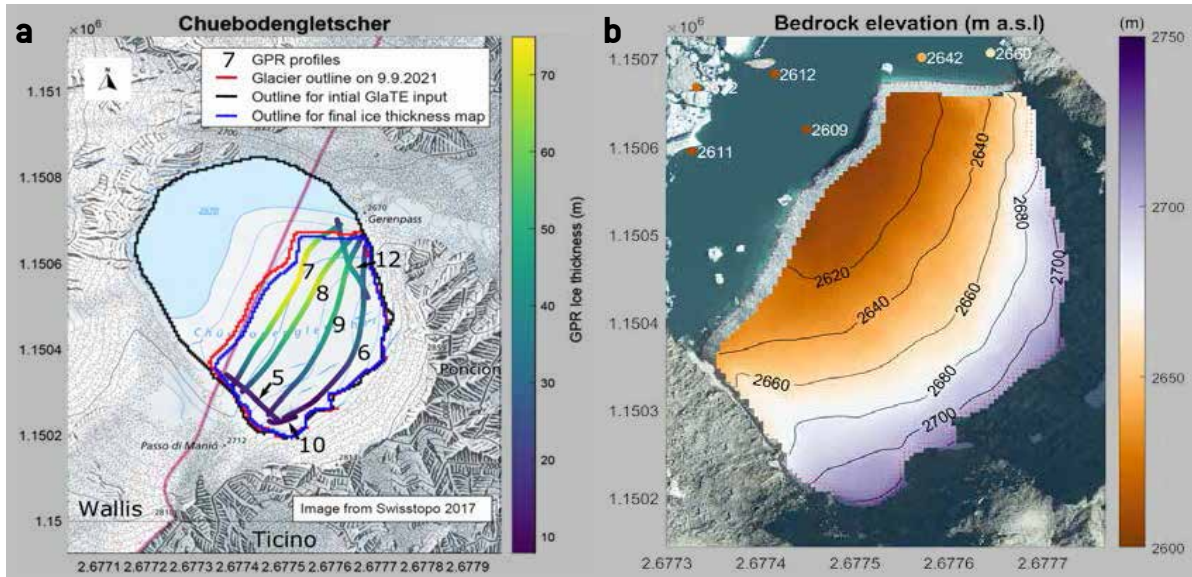


Fig. 23

Una squadra composta da tre glaciologi, capitanati da Christoph Ogier, ha avuto la fortuna di poter eseguire il lavoro in una giornata di tempo splendido. Durante numerose ore sono stati trainati due slittini (Fig. 22): il primo emette un segnale che è ricevuto dal secondo dopo riflessione dello stesso sul fondo roccioso. Il ghiacciaio del Chueboden è stato misurato con questa tecnica per la prima volta. Prima del 31.3.2021 la Rete di monitoraggio dei ghiacciai svizzeri (GLAMOS) stimava una profondità approssimativa di 30 m. Nessuno dei presenti si aspettava di misurare invece un valore equivalente a più del doppio.

Le immagini (Fig 23 a,b) sono estratte dal rapporto: "Ogier C. et al." 2021. *The Ice Thickness of Chuebodengletscher. Report 88015 VAW.*

RISULTATO DELLE LIVELLAZIONI APPROSSIMATIVE DEL LAGO GEREN

Non avendo a disposizione apparecchiature tecnologiche, le misurazioni del livello del lago vengono fatte "a mano" dunque con un livello a bolla che man-

tiene lo sguardo orizzontale, oppure con un confronto fotografico.

Misurazione a vista con livello del 21.5.2021

(Fig. 24 a,b) Dalla superficie del lago, grazie ad un livello tengo lo sguardo orizzontale e marco sul pendio la prima misura di 1,5 m (circa altezza dell'occhio della persona che misura). Ripeto questa operazione sino a quando raggiungo il sasso di riferimento. Misura del dislivello tra la superficie del lago e il sasso di riferimento: 10.5 m.

Misurazione con confronto fotografico (19.6.2021 e 10.7.2021)

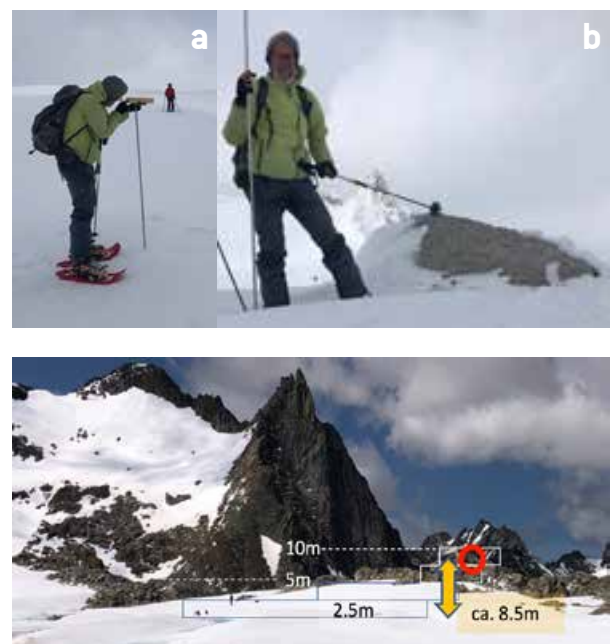
(Fig. 25) Per queste nuove misurazioni dispongo di una canna di bambù lunga 2,5 m: tengo questa stanga verticale sulla superficie del lago mentre viene scattata una fotografia tenendo l'obiettivo perfettamente orizzontale. Elaborando a computer la fotografia e riportando più volte i 2,5 m della canna di bambù fino al sasso di riferimento ottengo il risultato desiderato:

19.6.2021: dislivello 9,5 m

10.07.2021: dislivello 8,5 m

CONCLUSIONE TRATTA DALLE MISURE EFFETTUATE

Assumendo la misura del lago dopo l'evento (10.5 m misurati il 21.5.2021 e considerati uguali al 26.11.2020 in



quanto il freddo invernale non ha sciolto i ghiacci e dunque non ha alterato il livello del lago) e sottraendo la misura del livello massimo del lago (pari a 8,5 m misurati il 10.7.21), si ottiene una differenza di 2 metri corrispondente all'abbassamento del livello del lago.

Stima del volume d'acqua corrispondente alle parti aeree degli iceberg

Come già descritto, è apparso chiaro fin dalla prima visita (18.12.2020) che il livello del lago del Geren si è abbassato improvvisamente a seguito dell'evento che ha generato gli iceberg. In quell'occasione, osservando le buche, le crepe e i crepacci in riva al lago, e grazie alla sonda-neve, era stato stimato un di-

Fig. 25

GLACIOLOGIA

slivello di circa 1.5 m. Per misurare più precisamente questo dislivello è stato necessario eseguire delle misurazioni prima e durante il periodo di fusione.

A quasi 2700 m slm la fusione della neve e dei ghiacci inizia generalmente nel mese di maggio. Nel 2021, però, un maggio fresco e molto nevoso ha fatto slittare l'inizio della fusione a fine maggio-inizio giugno.

Come già descritto, sono state eseguite delle livellazioni utilizzando un livello a bolla e una sonda-neve. In occasione della prima livellazione i dati sono stati rilevati direttamente sul posto, seguendo in progressione i vari livelli fino a un punto fisso. Successivamente (livellazio-

ne 2 e 3) il valore del dislivello è stato rilevato a posteriori, basandosi sulle fotografie. Il riferimento (le canne di bambù lunghe 2.5 m) si trovava più o meno alla stessa distanza dal punto fisso. È importante l'orizzontalità dell'immagine, ecco perché è necessario utilizzare un livello a bolla.

Curiosità: il 19 giugno non avevo con me il livello, ma è stato possibile definire la verticalità, e con essa l'orizzontalità, grazie ai riflessi delle montagne nel lago. La differenza di quota del lago, ricavata grazie alle livellazioni, è di circa 2 metri; questo valore, moltiplicato per l'area della superficie del lago nel 2020 (120.000 m²), dà come risultato il volume del ghiaccio sommerso degli iceberg, emerso in seguito alla rottura del 26 novembre 2020 che risulta pari a ca. 240.000 m³. La parte emersa di un iceberg rappresenta circa 1/9 del suo volume quindi il volume totale mobilizzato è di ca. 2.160.000 m³. La spinta di Archimede che ha provocato la rottura e la conseguente emersione è pari a 2.400.000 kN (prodotto tra volume di acqua spostato, densità e accelerazione di gravità).

Batimetria semplice in alcuni punti del lago

La batimetria dell'estate 2011 era stata effettuata con un battellino teleco-

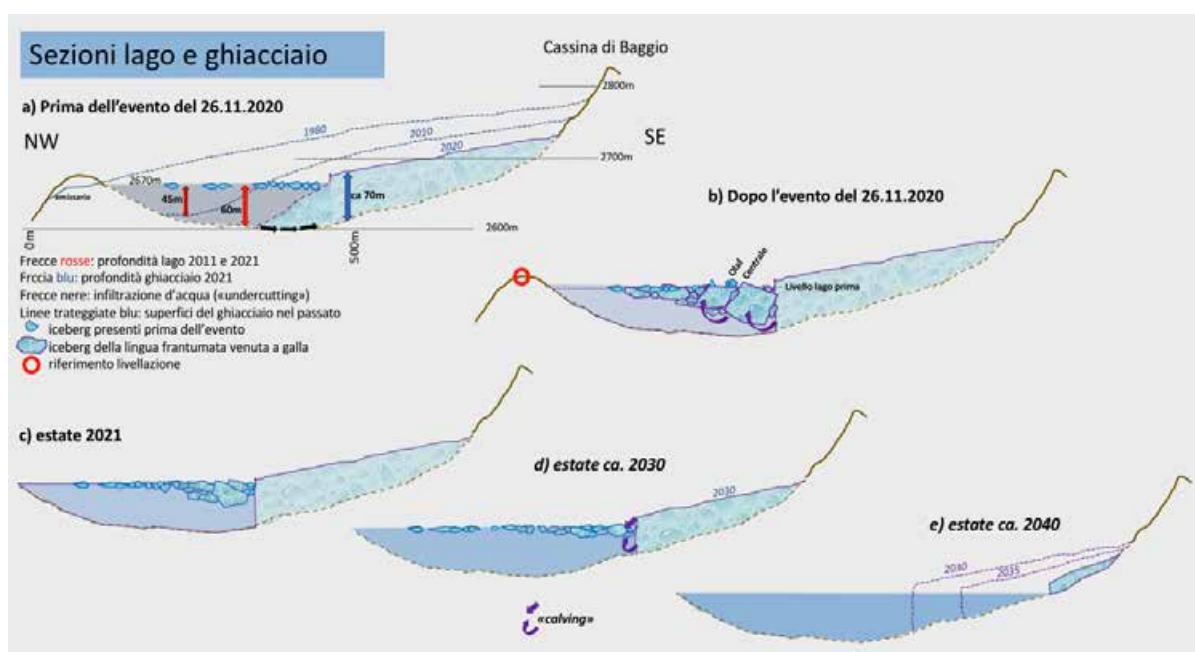
mandato. L'operazione, firmata VAW/ETHZ, avrebbe dovuto essere ripetuta a fine estate 2021, ma la presenza di troppo ghiaccio ha indotto i glaciologi a rinunciare. Questo è stato uno stimolo ulteriore per provare a eseguire alcune misure di profondità dell'acqua con un sistema diverso: anche con un numero inferiore di misurazioni sarebbe infatti stato possibile farsi un'idea della situazione, in particolare dopo aver ottenuto i risultati dello spessore del ghiacciaio in prossimità della linea di rottura.

Come descritto sopra, dopo qualche prova durante l'estate che non ha dato esito positivo, il 16 ottobre sono infine state effettuate alcune misure di profondità del lago. Grazie al ghiaccio lacustre autunnale, il lago è risultato facilmente accessibile ovunque. In 8 punti selezionati sono stati praticati dei fori con una trivella (carotatore) nei quali è stato calato un filo a piombo con una canna da pesca. I dati misurati sono risultati molto interessanti e rispecchiano l'idea che ci si era fatta in precedenza, con le profondità maggiori probabilmente situate sotto gli iceberg, dove le misurazioni erano impossibili da eseguire. Nelle due brevi sezioni Nord-Sud sono stati misurati 50, 58, 61 m, rispettivamente 48, 59 m. Siccome più a sud, a monte della rottura del ghiacciaio, è stato misurato uno spessore del ghiaccio di 60-80 m,

Fig. 26



Fig. 27



la corrispondenza è molto buona. Infatti la parete di ghiaccio oltre il livello del lago è alta una decina di metri (Fig. 26). In base a tutte le misure effettuate, si giunge alla conclusione che il volume attuale del lago è di circa 4 milioni di m³ d'acqua, praticamente lo stesso volume che ha il ghiacciaio. Quando il ghiacciaio sarà scomparso del tutto, il lago avrà una forma circolare e una capienza tra i 5 e i 6 milioni di m³ d'acqua.

QUALITÀ DELL'ACQUA

Il prelievo di acqua dell'emissario del lago del Geren (campione del 5 settembre 2021) è stato analizzato dal laboratorio della Sezione della Protezione dell'Aria, dell'Acqua e del Suolo del Canton Ticino. L'ultimo rapporto sui laghi del Canton Ticino è stato pubblicato dal Dipartimento del Territorio nella primavera 2021.

Il lago del Geren però non rientra nella serie dei laghi monitorati. La responsabile del laboratorio Sandra Steingruber ha così commentato l'analisi del campione d'acqua: *"L'acqua del Lago ha una conducibilità molto bassa, simile a quella delle precipitazioni, tipica di laghi sensibili all'acidificazione con un bacino imbrifero povero di carbonati. Nel caso del Lago del Geren la cosa non mi sorprende essendo l'acqua di provenienza glaciale, con poco contatto con il suolo o la roccia. Impressionanti invece le concentrazioni di alluminio e di ferro totale."*

Secondo il geologo Giorgio Valenti l'alto contenuto di ferro e di alluminio può essere attribuito alla presenza di un filone anfibolitico che entra nel lago (di colore verde-nero ben visibile allo sbocco ticinese) contenente parecchia pirite (bisolfuro di ferro) e ai minerali di alterazione ad alto contenuto di questi due elementi come la clorite.

COME EVOLVERÀ LA SITUAZIONE?

L'evento "iceberg" va considerato come un fenomeno di transizione da un ghiacciaio a un lago. Entro pochi anni sul fronte del ghiacciaio del Chüeboben in ritiro, si formerà una parete di ghiaccio

che potrebbe misurare anche alcune decine di metri sopra il livello del lago. Ciò che resta dei nostri iceberg galleggianti impiegherà diversi anni – leggi diverse estati – per scomparire. In questo periodo l'acqua del lago sarà sempre ad una temperatura attorno a 0 gradi e quindi il suo contributo alla fusione della parete di ghiaccio sarà molto limitato. Anche durante le misurazioni dell'estate 2021 abbiamo rilevato che le variazioni della temperatura dell'acqua sono sempre state dell'ordine di pochi decimi di grado. Non appena sarà scomparso il ghiaccio galleggiante la fusione del ghiacciaio sarà accelerata, poiché il calore estivo non sarà più utilizzato per far sciogliere i pezzi di ghiaccio galleggiante, bensì per riscaldare l'acqua del lago e di conseguenza accelerare lo scioglimento del ghiacciaio. Non appena l'acqua di superficie del lago raggiungerà la temperatura di 4 gradi C (punto di massima densità), scenderà sul fondo del lago.

Lì, a contatto con il "piede" del ghiacciaio, causerà la sua fusione, raffreddandosi nel contempo a sua volta fino a tornare alla temperatura di 0 gradi e risalire in superficie, per scaldarsi di nuovo al sole e tornare in profondità. Questa circolazione attiva dell'acqua del lago farà ritirare il ghiacciaio molto rapidamente fino a quando la sua base uscirà dall'acqua e verrà a mancare il contatto con questa circolazione "mangia-ghiaccio". In altre parole, nei prossimi anni avremo il lago sempre carico di blocchi di ghiaccio (piccole zattere o iceberg) poiché la formazione di ghiaccio galleggiante ("calving" in termini tecnici) terminerà solo quando si sarà perso il contatto tra il ghiacciaio e il lago. Ciò potrebbe avvenire verso il 2040 e ci ritroveremo con un bel laghetto del Geren piuttosto tondo, costeggiato a sud da una parete di ghiaccio, destinata a sparire anch'essa dopo alcuni anni (Fig. 27).

CONCLUSIONE

Iceberg nelle Alpi! Una serie di fattori e di coincidenze hanno generato al Gerenpass un fenomeno della Natura che nes-

suno si sarebbe immaginato. Soprattutto non in un periodo di ritiro dei ghiacciai. E invece all'origine del fenomeno c'è proprio il passaggio da un ghiacciaio a un lago. In una conca rocciosa piuttosto profonda, riempitasi di ghiaccio nei millenni scorsi, è nato un laghetto di fusione sul ghiacciaio, che è andato crescendo negli ultimi 20 anni. La lingua sommersa del ghiacciaio improvvisamente è venuta a galla creando gli iceberg che abbiamo conosciuto. Evento drammatico, ma anche spettacolare, quasi un battesimo dentro il lago che accoglierà nei prossimi anni la fine del ghiacciaio. Ma l'acqua è vita, e dalla vita, si sa, nasce nuova vita. Leggendo il fenomeno in altri termini, possiamo vederlo come un monito: esso ci ricorda che in futuro, quando saremo confrontati con importanti cambiamenti dovuti al riscaldamento globale, non saremo mai in grado di prevederli correttamente, con tutte le loro sfaccettate conseguenze. Vi saranno altre sorprese! Alle generazioni future l'augurio di poter vivere positivamente queste sorprese che la Natura ci offrirà (Fig. 28).



Fig. 28



La copertina della pubblicazione che sarà in vendita dalle prossime festività.