

DI CLIMA, DI GHIACCIAI E DI ALTRO ANCORA...

DI CLIMA...

Il 2022 con l'inverno dalle ridotte precipitazioni nevose e l'estate calda e prolungata è stato aggettivato in molti modi sui vari siti, soprattutto in riferimento alla dinamica glaciale evidenziatasi a fine estate. "Annus horribilis", "anno nero", "anno drammatico", "anno catastrofico", "anno peggiore", la "tempesta perfetta per i ghiacciai alpini", una sequenza di definizioni negative, che, anche a causa della tragedia della Marmolada, si sono affiancate e per qualche tempo hanno sostituito i titoli legati ai drammi della pandemia e dell'Ucraina. Del resto, le elaborazioni dei dati meteorologici e i confronti a livello climatologico nella loro apparente aridità di cifre, confermano quanto l'anno idrologico 2021-2022 con le precipitazioni invernali nevose ridotte del 70% e la sequenza ininterrotta di elevate temperature estive, sia stato anomalo e abbia confermato o meglio superato e anticipato ogni previsione negativa.

Per quanto riguarda le temperature medie globali, basta ricordare che

utilizzando vari database climatici (citati in "Climalteranti") e facendo il confronto con il trentennio di riferimento più recente (in questo caso 1991-2020), il 2022 mostra un'anomalia positiva di circa tre decimi di grado, collocandosi ai primi posti nella classifica degli anni più caldi (va anche sottolineato che il trentennio di riferimento già di per sé è caratterizzato da anomalie termiche positive rispetto ai periodi precedenti). Se il confronto viene realizzato prendendo in considerazione il periodo preindustriale (cioè i decenni prima del 1901, a partire dal 1850 o dal 1880 in rapporto ai vari database), si osserva che dal 2013 l'anomalia è nettamente e costantemente al di sopra di 1°C e si sta avvicinando al limite inferiore della ormai famosa soglia da non superare entro la metà del secolo indicata dal Trattato di Parigi (1,5-2°C). Limitandoci al territorio italiano, si osserva che i valori sono più elevati rispetto alla situazione media globale. L'anomalia termica del 2022 rispetto alla media 1990-2020



Il Ghiacciaio del Miage (Monte Bianco) con il lago omonimo in fase di riduzione. È il più conosciuto e studiato “ghiacciaio nero” delle Alpi, la cui superficie è quasi interamente coperta da detrito proveniente dai crolli delle pareti rocciose circostanti (foto di Claudio Smiraglia)

risulta infatti di $1,3^{\circ}\text{C}$, collocandosi al primo posto nel trentennio considerato, superando il massimo precedente di $0,72^{\circ}\text{C}$ registrato nel 2019, e quindi ponendosi come il primo anno in cui si supera un grado. Se anche per il territorio italiano si confronta il dato 2022 con il periodo preindustriale, si osserva che l'anomalia termica è superiore a due gradi ($2,2^{\circ}\text{C}$). Ciò che soprattutto colpisce in questi ultimi risultati, è l'innegabile accelerazione del feno-

meno, visto che fino al 2013 sono ancora molti gli anni con anomalia inferiore, seppur lievemente, a un grado.

Accanto agli aspetti termici vanno considerati quelli pluviometrici e nivologici. Già si è accennato come l'anno idrologico 2021-2022 sia stato caratterizzato da precipitazioni ridotte. Per quanto riguarda la nevosità, l'inverno 2021-2022 ha visto precipitazioni molto limitate; le elevate temperature di inizio estate,

hanno poi contribuito a ridurre di molto spessore e permanenza del manto nevoso. Anche questo fenomeno si inserisce in una tendenza di lungo termine, che sulle Alpi a partire dal 1971 ha visto ridursi lo spessore medio della neve dell'8% per decennio con una riduzione di quasi il 6% per decennio della durata della copertura nevosa. Solo per fare pochi esempi riguardanti gli aspetti nivologici, si può ricordare che in Valle d'Aosta l'accumulo nevoso a fine inverno, circa 550 milioni di metri cubi di equivalente in acqua, è stato meno della metà del valore medio e uno dei più ridotti mai registrati (raggiunto fra l'altro molto in anticipo, metà marzo, rispetto al solito). Anche sulle Alpi Lombarde le precipitazioni nevose sono state eccezionalmente ridotte sia nei mesi invernali sia in quelli primaverili, la qual cosa, unita alle elevatissime e del tutto insolite temperature di maggio, ha provocato la fusione anticipata e praticamente completa della poca neve caduta. Ne è derivato che l'accumulo sui ghiacciai a inizio giugno è stato sia come spessore della neve sia come suo equivalente in acqua il più ridotto (dal 50% al 100%) degli ultimi vent'anni, da quando cioè sono iniziate le misure di bilancio di massa glaciologico.

DI GHIACCIAI...

In questi ultimi anni i ghiacciai e la loro evoluzione (o involuzione?) sono usciti dall'ambito specialistico e ristretto ad alpinisti e ricercatori per divenire oggetti di ampia divulgazione presso il vasto pubblico come, per usare una definizione forse retorica, ma certamente veritiera, "sentinelle del clima" o addirittura *canary in coalmine*. Soprattutto dalla metà del secondo decennio del nostro secolo, i ghiacciai delle catene montuose, in particolare alpini, sono stati i protagonisti di concerti, funerali, posa di lapidi, veglie funebri, commemorazioni, carovane, il tutto ampiamente diffuso e amplificato soprattutto in rete. La qual cosa è sicuramente positiva nel quadro di una corretta informazione e sensibilizzazione nell'ambito dei problemi ambientali, qualora si cerchi di evitare il sensazionalismo fine a se stesso. Del resto i dati disponibili anche prima dell'estate "terribile" 2022 non lasciavano adito a dubbi di sorta. I risultati delle misurazioni sul terreno e delle osservazioni da remoto erano indiscutibili. La criosfera del nostro pianeta, quindi soprattutto ghiacciai (cui si accostano però permafrost e ghiaccio marino), è protagonista di una fase di intensa crisi, a partire dalla conclusione

dell'ultima fase fredda storica, la Piccola Età Glaciale, che si chiude verso la metà del XIX secolo. Da allora, pur con brevi e modeste fasi di riavanzata (in particolare negli anni 1890-1895; 1920-1925; 1965-1985), la maggior parte dei ghiacciai della Terra situati sulle catene montuose è in una fase di accentuato e simultaneo regresso, che sta manifestando in tempi recenti una ben avvertibile accelerazione. È un regresso che si concretizza in riduzioni areali e volumetriche che stanno portando all'estinzione di numerosissimi apparati glaciali e a imponenti modifiche del paesaggio montano. Per quanto riguarda le Alpi, ad esempio, i risultati di una recente ricerca internazionale hanno quantificato l'estensione totale del glacialismo in circa 1800 km², dato da confrontare con i 4500 km² del massimo della Piccola Età Glaciale verso metà Ottocento, con i 2900 km² degli Anni Ottanta del Novecento e con i 2080 km² del 2003. Il fenomeno riguarda tutte le catene montuose del nostro pianeta, pur con differenze anche sensibili, visto che la risposta dei singoli ghiacciai ai cambiamenti climatici è governata non solo dall'entità dei cambiamenti stessi, che fra l'altro non sono uniformemente distribuiti sulla Terra,

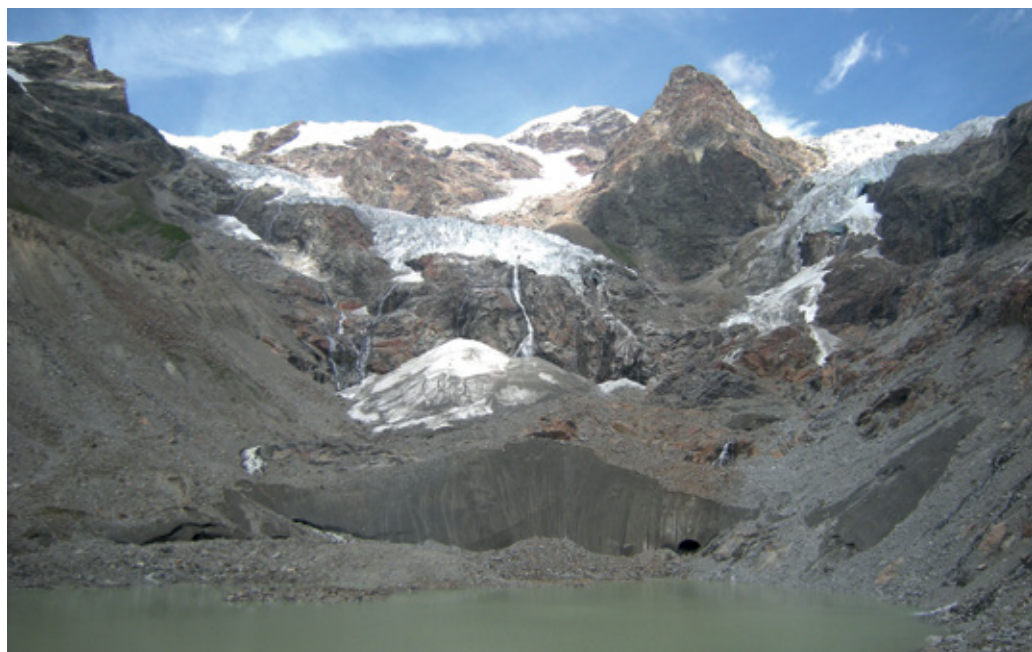
ma anche dalle caratteristiche morfologiche, dimensionali e geometriche dei singoli apparati glaciali. È istruttivo a questo proposito il confronto fra quanto sta avvenendo sulle catene montuose mediamente elevate, come le Alpi e il Caucaso, dove, come si è accennato, è in corso la frammentazione dei ghiacciai maggiori e l'estinzione di quelli minori, con la deglaciazione sulle più alte catene montuose della Terra, come Himalaya e Karakorum. Nella prima di queste due imponenti catene asiatiche, il glacialismo è in una generale fase di regresso, pur con minori proporzioni rispetto alle Alpi sia per la maggior dimensione dei ghiacciai, che li rende meno vulnerabili all'incremento di temperatura, sia per la diffusa copertura detritica che riduce l'ablazione. In Karakorum, dove i ghiacciai sono di dimensioni ancora maggiori (ricordiamo che il ben noto Baltoro ai piedi del K2 copre circa 600 km²), molti ghiacciai sono stabili o addirittura in avanzata, non solo per la loro copertura detritica, ma soprattutto per le particolari e locali condizioni di alimentazione nevosa.

Anche le Alpi Italiane, ovviamente, non solo non sfuggono a questa dinamica involutiva, ma il loro glacialismo appare ancora più sensibi-



le e vulnerabile, sia per la limitata dimensione dei ghiacciai, sia per l'esposizione meridionale di questo versante della catena. La superficie totale del glacialismo italiano passa da 525 km² a metà del secolo scorso, a 368 km² verso l'inizio di questo secolo, a poco più di 300 km² attualmente. Su questa situazione già in precario equilibrio è calata la devastante estate 2022. Ciò che colpiva non solo gli osservatori e gli esperti, ma anche i semplici turisti, era che già all'inizio di agosto gran parte dei ghiacciai alpini era totalmente priva della copertura di neve,

che chiaramente aveva risentito sia della scarsità delle precipitazioni solide, sia delle elevate temperature soprattutto di inizio estate, costantemente al di sopra delle medie, situazione che si manterrà per tutta la stagione. In queste condizioni di mancanza di alimentazione i ghiacciai sono totalmente fuori equilibrio rispetto al clima attuale, si ritirano a quote sempre più elevate fino ad estinguersi. Sulle Alpi Svizzere, dove si colloca la più vasta copertura glaciale alpina (circa 890 km², corrispondenti a quasi il 50% del totale), le massime perdite areali si erano



Il Ghiacciaio del Lys (Monte Rosa) con il lago proglaciale di neoformazione. È il più classico esempio di frammentazione di ghiacciaio vallivo in corpi glaciali separati, avvenuta nel 2006 (foto di Claudio Smiraglia)

registrate nell'estate 2003, ben nota per le ondate di caldo, quando la riduzione percentuale di superficie fu del 2%; nel 2022 la riduzione di superficie ha toccato il 6%. I dati sintetici sul regresso glaciale del 2022 hanno richiesto, non solo in Svizzera, un adeguamento dei grafici utilizzati per la loro rappresentazione, in particolare per quanto riguarda il bilancio di massa, mentre il numero dei ghiacciai misurati sul terreno è diminuito, sia per la maggiore pericolosità dell'ambiente glaciale, sia per le maggiori difficoltà di raggiungere le fronti, sia infine per la più difficile identificazione dei limiti inferiori dei ghiacciai a causa della sempre più ampia copertura detritica. Per quanto riguarda le Alpi Italiane, i dati raccolti a cura del Comitato Glaciologico Italiano, confermano che il 2022 è stato l'anno peggiore per l'evoluzione del glacialismo di questo settore alpino tenendo conto delle serie storiche disponibili. Facendo riferimento alle due tecniche più tradizionali, cioè la misura della distanza del limite inferiore del ghiacciaio da punti fissi esterni ("misura di variazione frontale") e la misura delle variazioni di spessore medio ("bilancio di massa"), si osserva che per la quasi totalità dei ghiacciai conside-

rati, il dato del 2022 è il più negativo da quando sono iniziate le misurazioni. A proposito delle variazioni frontali, le misure evidenziano arretramenti spesso di centinaia invece che di decine di metri; è il caso del Ghiacciaio del Gran Paradiso nelle Alpi Occidentali, del Ventina nelle Alpi Centrali o del La Mare (quasi un chilometro di arretramento!) e del Lares nelle Alpi Orientali. Riduzioni di lunghezza di questa entità, evidenziate anche dall'elaborazione delle immagini satellitari, sono dovute a uno dei fenomeni più imponenti osservabili sui ghiacciai in questi ultimi anni; si tratta della frammentazione delle colate in più tronconi, con la separazione di lingue glaciali, specialmente nei settori più ripidi dove emergono tratti del basamento roccioso, che restano poi isolate, senza alimentazione, praticamente "fossili". A questo si aggiungono i collassi dei settori inferiori pianeggianti delle lingue, dove la circolazione sempre più intensa di acque di fusione endoglaciali e subglaciali crea gallerie interne anche gigantesche, il cui crollo, evidenziato nella fase iniziale da caratteristici crepacci circolari, apre veri e propri "crateri", talora di enormi dimensioni. Questo fenomeno produce il rapido disfacimen-



to del settore inferiore delle lingue glaciali, che lasciano grandi quantità di blocchi di ghiaccio destinati a fondere in pochi giorni, con il conseguente arretramento della fronte glaciale, come si è detto, anche di più centinaia di metri. Ne consegue dunque anche la sempre maggiore difficoltà nella realizzazione non solo delle misure di variazione frontale, ma anche di bilancio di massa, che comportano una percorrenza diretta della superficie glaciale. In ogni caso i bilanci di fine 2022 presentano dati del tutto anomali e nettamente più negativi rispetto ai dati degli anni precedenti. Per il Ghiac-

ciaio di Timorion, in Valle d'Aosta, ad esempio, il bilancio è stato di -4,7 m w.e. (*water equivalent*), in pratica una riduzione media di spessore rispetto alla fine estate 2021 corrispondente a una lama d'acqua di quasi 5 m, il dato peggiore rispetto all'intera serie storica di circa un ventennio, quando le riduzioni raramente hanno superato il metro w.e. Anche nelle Alpi Centrali e Orientali i bilanci 2022 sono stati i più negativi in assoluto (su tutti i ghiacciai lombardi misurati si sfiorano o si superano i -4 m w.e., mentre su quelli dell'Alto Adige si superano quasi costantemente i -3 m w.e.).



*Il Ghiacciaio dei Forni (Ortles-Cevedale), fino al 2015 il più vasto ghiacciaio vallivo delle Alpi Italiane, in una foto da drone del 2018. Una gigantesca cavità da collasso ha frantumato la lingua centrale ormai separata dalle due colate laterali
(foto di M. Invernici – Archivio Comitato Glaciologico Italiano)*



*Una profonda bédrière (torrente superficiale) sul Ghiacciaio dei Forni
(foto di Claudio Smiraglia, 2022)*

DI ALTRO ANCORA...

I dati sintetici sopra riportati suggeriscono un'ulteriore riflessione, che deriva dalle osservazioni dirette, a proposito delle trasformazioni rapidissime del paesaggio dell'alta montagna. Ciò che colpisce, soprattutto a fine estate (ma nel 2022 questo era avvertibile già a giugno!), è il mutamento cromatico. Quel paesaggio caratterizzato dalle bianche superfici quasi immacolate dei ghiacciai, che faceva parte della percezione comune della montagna e del vissuto di chi non più giovanissimo aveva cominciato a frequentare l'alta montagna negli Anni Sessanta-Settanta del secolo scorso (in concomitanza fra l'altro con l'ultima piccola fase di espansione glaciale!), oggi non esiste più. Predominano le pareti rocciose o i versanti detritici dai toni spenti grigi e marroni, i ghiacciai stessi appaiono impietosamente grigi o addirittura ricoperti da detriti anche grossolani che rendono difficoltosa la loro identificazione e la loro delimitazione, le acque di fusione ruscellanti o incanalate pervadono ogni superficie con il loro alternarsi incessante di erosione e di sedimentazione. Se volessimo semplicemente elencare i mutamenti in atto più avvertibili, dovremmo ricordare l'emersione

di "finestre rocciose" nelle fasce più ripide delle lingue glaciali, dove a causa del flusso distensivo accelerato gli spessori sono minori, "finestre" che rapidamente si estendono su tutta la larghezza del ghiacciaio fino a interromperne la continuità. È il caso sempre più frequente della frammentazione dei corpi glaciali, in particolare dei ghiacciai vallivi, in più tronconi nettamente separati, una vera e propria "amputazione", che ha riguardato, ad esempio, la Brenva sul Monte Bianco, il Lys sul Monte Rosa, il Fellaria Orientale sul Bernina, i Forni sull'Ortles-Cevedale, il Fradusta sulle Dolomiti, solo per ricordare alcuni casi fra i numerosissimi. Accanto alla frammentazione si colloca la già citata transizione da "ghiacciai bianchi" a "ghiacciai neri", o, per usare una terminologia internazionale scientificamente più accurata, da *debris-free glacier* a *debris-covered glacier*. È uno dei tanti processi naturali non lineari di retroazione, per cui il ghiacciaio in una sorta di antropomorfizzazione sembra scegliere di rivestirsi di un manto protettivo di detriti; la sua acuta "sofferenza" che si manifesta anche in una riduzione di spessore nei settori più elevati, lascia scoperte sempre più vaste pareti rocciose dove i

meccanismi crioclastici diventano più attivi. Frane, crolli, scariche di sassi vanno a creare un mantello di pietre che, quando supera uno “spessore critico” (qualche centimetro), riesce a ridurre l’ablazione e ad allungare il tempo di sopravvivenza del ghiacciaio. L’immagine iconica di questa evoluzione è sicuramente rappresentata sulle Alpi Italiane dal Ghiacciaio del Miage, una scimitarra scura compressa in una stretta valle dai fianchi scoscesi, che si alimenta dalle fasce più elevate del Monte Bianco. La quasi totalità dei ghiacciai alpini sta vivendo questa transizione da “ghiacciaio bianco” a “ghiacciaio nero”. Ma è una protezione temporanea, e come hanno dimostrato le ultime calde estati e soprattutto quella del 2022, alquanto effimera. È pur vero che la fronte del Miage si spinge a quote insolitamente basse (circa 1700 m) e che la sua superficie (circa 10 km²) nell’ultimo mezzo secolo si è ridotta in percentuale molto inferiore rispetto ai “ghiacciai bianchi”, ma è altrettanto vero che questa fase di relativa resilienza è ormai conclusa. Recenti rilievi aerofotogrammetrici di altissima precisione realizzati proprio durante l’estate 2022 dall’Università di Torino e confrontati con rilievi precedenti, mostrano che, se dal

1958 al 2008 il ghiacciaio ha perso uno spessore medio di un metro, dal 2008 al 2022 il ghiacciaio ha perso uno spessore medio di 25 m.

E poi le acque di fusione, i cui processi morfodinamici sono probabilmente i più attivi nel rimodellare il paesaggio dell’alta montagna glaciale; il suono del loro ruscellamento, che nelle ore estive più calde diventa un frastuono, sollecita la percezione più immediata e coinvolgente della rapidità inusuale del passaggio di stato fisico dell’acqua. La superficie dei ghiacciai è percorsa da veri e propri torrenti (sono le *bédières*), che creano sequenze regolarissime di perfetti serpeggianti meandri e si gettano rombando in inghiottitoi o “mulini”, pozzi verticali che perforano il dorso del ghiacciaio, anche per decine di metri, raggiungendo talora il letto roccioso. Si alimenta così il reticolo idrografico endoglaciale e subglaciale, la cui circolazione, come si è già accennato, può creare cavità anche gigantesche. Continuando l’azione di erosione delle acque interne, l’assottigliamento della volta di queste cavità può provocarne i già citati collassi, segnalati precocemente dai crepacci circolari, con il letterale disfacimento del corpo glaciale. È un fe-



*L'evoluzione del Ghiacciaio Pisgana Occidentale (Adamello) dal 2011 al 2022. La lingua, che si spingeva nel lago formando iceberg, si è frammentata ed è risalita sul salto roccioso, scoprendo vaste placche lisciate ed erose dal ghiacciaio
(foto di Walter Belotti)*

nomeno ormai frequentissimo che riguarda le zone inferiori pianeggianti, apparentemente più sicure, che devono quindi essere evitate, soprattutto nelle giornate più calde. La concomitanza del regresso delle fronti glaciali e l'abbondanza di acqua danno origine a un altro elemento del paesaggio, piuttosto raro fino a un paio di decenni fa. Si tratta dei laghi di contatto glaciale, attualmente presenti a centinaia, praticamente quasi davanti a ogni ghiacciaio. È un fenomeno che, al contrario della copertura detritica, accentua i processi ablativi, come è dimostrato dal rapido incremento areale e volumetrico di questi laghi. All'ablazione derivante dalla radiazione solare si aggiunge in-

fatti l'erosione meccanica e termica dell'acqua, con il conseguente rapido arretramento della fronte anche per fenomeni di *calving*, cioè crolli di frammenti di ghiaccio con formazione di iceberg. Uno spettacolo ormai non insolito sulle nostre montagne, che evoca suggestioni nordiche, con la fronte dei ghiacciai che si spingono in acqua formando pareti di ghiaccio verticali, da cui si staccano iceberg che veleggiano sulle acque increspate dalla brezza di monte. Un ulteriore cambiamento del paesaggio è ben avvertibile nelle zone abbandonate recentemente dai ghiacciai ("aree proglaciali"), che formano uno straordinario laboratorio anche dal punto di vista biologico;

qui detriti e rocce nell'arco di pochi decenni vedono un'ulteriore mutazione cromatica con lo sviluppo dapprima di piante erbacee e successivamente di arbusti e conifere. È una catena inarrestabile che celebra il miracolo della vita, che inizia con batteri, funghi microscopici, insetti, ragni, seguiti da muschi e piante. In sintesi nelle aree glaciali alpine si assiste a una rapidissima trasformazione ambientale, geomorfologica e biologica, che sembra riproporre in scala enormemente minore, quanto già avvenuto nella transizione Pleistocene-Olocene. Una trasformazione, che non solo deve suscitare una inevitabile riflessione sulle sue ben note cause anche o soprattutto antropiche, da approfondire sempre più e soprattutto da affrontare con tecniche di mitigazione, ma deve anche spingere a proseguire e ad approfondire la ricerca scientifica, che si configura sempre più come esplorazione di un mondo sempre nuovo e rinnovato.

Claudio Smiraglia

(già Università Statale di Milano,
GISM, CAI sezione di Corsico)

Suggerimenti bibliografici e sitografici

BACCOLO G. (2022) - *Ghiacciai alpini del futuro? Collassi, scomparse e processi non lineari. Storie minerali*. <https://storie-minerali.it/ghiacciai-alpini-futuro/>

BONARDO V., GIARDINO M. & PERONA S. (2022) - *La Carovana dei Ghiacciai*. Legambiente, 83 pp. http://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/12/Rapporto-carovana-ghiacciai_2022.pdf

CARTURAN L. (2022) - *Campagna di misure di accumulo sui ghiacciai trentini - Report 2022*, 5 pp. https://www.sat.tn.it/wp-content/uploads/2022/06/Report_Accumuli_2022_finale.pdf

CASSARDO C. (2023) - *Il 2022: anno di caldo record in Italia, e il quarto-sesto più caldo nel mondo*. Climalteranti.it <https://www.climalteranti.it/2023/01/06/il-2022-anno-di-caldo-record-in-italia-e-il-quarto-sesto-piu-caldo-nel-mondo/>

CAT BERRO D. & MERCALLI L. (2022) - *Bilancio 2022 al Ghiacciaio Ciardoney (Gran Paradiso): la poca neve invernale e il caldo estivo estremo causano la peggior deglaciazione mai osservata, - 4 metri di spessore*. Nimbus Web.

http://www.nimbus.it/ghiacciai/2022/220922_CiardoneyBilancio.htm

CREMONESE E., CARLSON B., FILIPPA G., POGLIOTTI P., ALVAREZ I., FOSSON J.P., RAVANEL L. & DELESTRADE A. (2019) - *AdaPT Mont-Blanc Rapport Climat: Cambiamenti climatici nell'area del Monte Bianco e impatti sulle attività umane*. Progetto AdaPT Mont-Blanc. Programma europeo di cooperazione territoriale Alcotra Italia-Francia 2014-2020, 101 pp.



https://www.espace-mont-blanc.com/asset/rapportclimat_ita.pdf

JORIO L. (2019) - *Alpi più pericolose con il ritiro dei ghiacciai?* Swissinfo.ch

<https://www.swissinfo.ch/ita/ritiro-ghiacciai-alpini-pericoli-naturali-e-turismo/45203502>

MARRAS T. (2023) - *2022 anno da record per l'Italia, mai così caldo negli ultimi 200 anni.* Montagna.tv

<https://www.montagna.tv/212007/2022-anno-da-record-per-litalia-mai-così-caldo-negli-ultimi-200-anni/>

SCOTTI R. & LENDVAI A. (2022) - *Bilanci invernali 2021/2022 sui ghiacciai della Lombardia.* Servizio Glaciologico Lombardo, 11 pp.

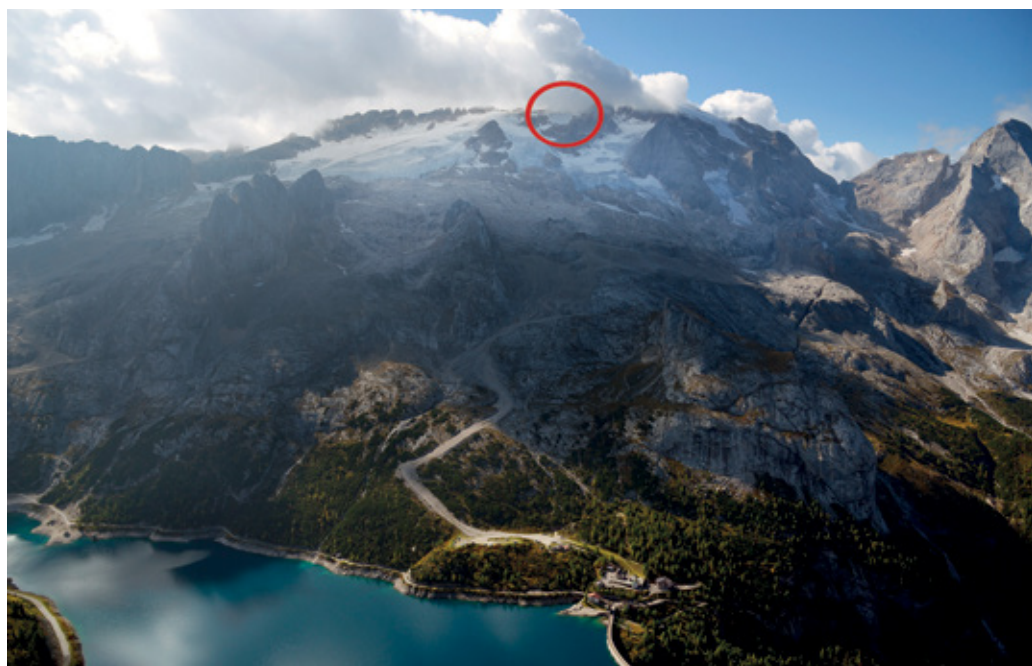
DOI: 10.13140/RG.2.2.34814.05443

SMIRAGLIA C., FUGAZZA D. & DIOLAIUTI G. (2021) - *Continua inarrestabile il regresso dei ghiacciai italiani e alpini. Le evidenze dei recenti catasti.* Bollettino Comitato Scientifico Centrale-Club Alpino Italiano, 7-21.

<https://csc.cai.it/pubblicazioni/claudio-smiraglia-davide-fugazza-guglielmina-diolaiuti-continua-inarrestabile-il-regresso-dei-ghiacciai-italiani-e-alpini-le-evidenze-dei-recenti-catasti/>

TURCIS. (2022) - *L'anno nero dei Ghiacciai delle Alpi: nell'estate 2022 perdite fino ad ora impensabili.* ICONACLIMA

<https://www.iconaclima.it/salute-del-pianeta/ghiacci/ghiacciai-alpi-2022-anno-nero/>



Il Ghiacciaio della Marmolada (Dolomiti) in una foto aerea del 2021 con le numerose lingue quasi separate. In basso è visibile il Lago artificiale di Fedaia. In rosso è evidenziato il piccolo ghiacciaio sospeso il cui crollo parziale provocò la tragedia del luglio 2022 (foto di C. Casarotto © Muse - Museo delle Scienze)