



La zona sciistica di Bosco Gurin, a circa 2300 metri, il 19 novembre 2014. Grazie al forte innevamento, la stagione è partita con anticipo.  
Foto: G. Kappenberger

# Neve, ghiacciai e

Rapporto sulla criosfera delle Alpi svizzere

*L'ondata di calore dell'estate 2015 ha messo a dura prova i ghiacciai e il permafrost delle Alpi svizzere: il ghiaccio sciolto sarebbe bastato per riempire il lago di Biemme. Per quanto concerne il permafrost si sono registrate nuove temperature record, mentre il movimento dei ghiacciai rocciosi si è rivelato più rapido che mai.*

Testo: Matthias Huss, Andreas Bauder, Christoph Marty e Jeannette Nötzli



La Parsenn di Davos a circa 2200 metri il 5 dicembre 2014. Il tempo caldo ha pregiudicato il corretto innevamento delle piste.  
Foto: SLF

# permafrost 2014/15

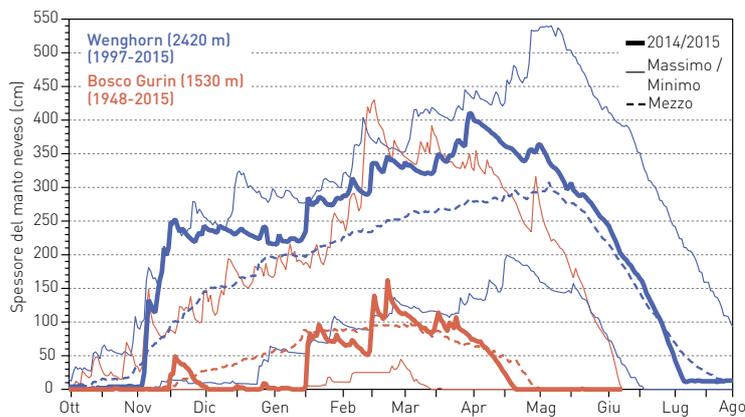
## Condizioni meteorologiche e neve

L'inizio dell'inverno 2014/15 era eccezionalmente povero di neve. Nelle zone di valle delle grandi stazioni sciistiche di tutta la Svizzera, durante il Natale 2014 la neve era pochissima – altrettanto poca dell'inverno 1989/90. Al sud delle Alpi e in Engadina fu necessario attendere addirittura metà gennaio perché il manto nevoso si spingesse in maniera costante anche sotto i 1800 metri (figura 1). L'opposto rispetto all'innevato inverno 2013/14, quando nel medesimo periodo, a Bosco Gurin o sul Maloja la neve raggiungeva già i 150 cm. Lo spessore della neve variava fortemente in funzione dell'altitudine. A causa delle temperature elevate, alle quote medie e basse lo strato tendeva a sciogliersi, e raggiungeva un'al-

tezza di poco vicina alla media solo al di sopra dei 2200 metri. Una media che, al sud delle Alpi, non veniva raggiunta neppure a questa quota.

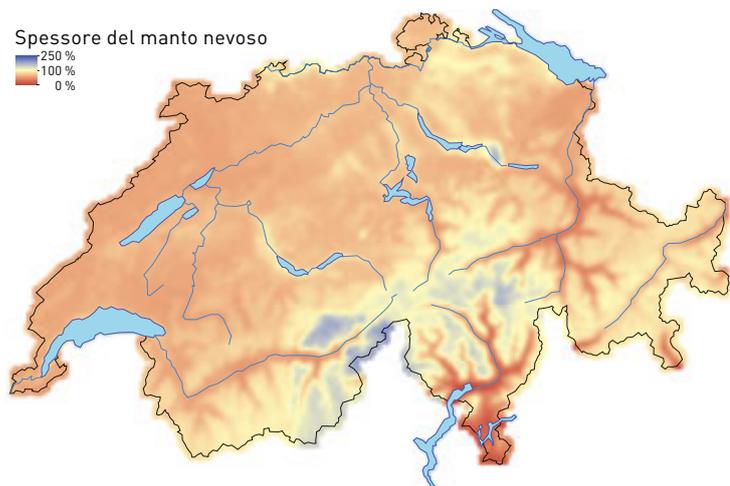
Con l'eccezione di febbraio, i mesi da novembre a marzo sono stati tutti eccessivamente miti, con l'inizio dell'inverno che presentava in parte calori da primato. Ciò nonostante, grazie a un'interazione vantaggiosa di precipitazioni e freddo, parti dell'Altopiano e del Giura hanno conosciuto un numero di giornate nevose quasi nella media.

Sul versante sudalpino, tre forti nevicate hanno portato molta neve già nella prima metà di novembre. In quel periodo, al Wenghorn (passo del Sempione), a 2420 metri c'erano già 250 cm di neve (figura 1). Questi spessori superiori alla me-



**Figura 1**  
L'evoluzione dello spessore della neve nell'inverno 2014/15 a Bosco Gurin (Ticino) e al Wenghorn (Sempione). Entrambe le stazioni si trovano sul versante sudalpino e distano solo 38 km. La stazione del Wenghorn (2420 m) mostra da novembre a giugno altezze della neve chiaramente superiori alla media, mentre a causa delle temperature elevate Bosco Gurin (1530 m) è rimasto senza neve fino a metà gennaio e mostra in seguito valori che rientrano nella media. Grafico: SLF

**Spessore del manto nevoso 2014/15 rispetto al periodo 1971-2000**  
Novembre-Aprile



**Figura 2**  
Variazione percentuale dello spessore medio della neve nell'inverno 2014/15 (nov.-apr.) a confronto con il periodo 1971-2000. In maggior parte della Svizzera, nell'inverno 2014/15 la quantità di neve era inferiore alla media. Fanno eccezione le quote superiori dell'Alto Vallese e del Ticino. Grafico: SLF

dia del manto nevoso alle quote più alte del sud delle Alpi si sono protratte fino all'inizio dell'estate, anche se non più altrettanto marcati. Nelle restanti regioni, a metà aprile si riscontravano ovunque altezze medie della neve, superate in quota sul versante nordalpino e nei Grigioni a maggio grazie a uno strato di neve nuova compreso tra i 50 e i 100 cm. A inizio e a fine giugno, il limite di zero gradi si situava già a quasi 4000 metri. Nel terzo centrale del mese si sono viste neviccate anche fino a meno di 2000 metri. Nei mesi straordinariamente caldi di luglio e agosto, sull'Altopiano si sono spesso registrate temperature tra i 30 e i 35 gradi. In quel periodo, sulla Weissfluhjoch non si è avuta nessuna nevicata: un evento con un precedente unico in 80 anni di misurazioni. Nella seconda metà di agosto, un netto raffreddamento con neviccate in alta montagna ha fatto seguito all'ondata di calore. A settembre, la neve è scesa nuovamente fino a 2000 metri.

**Ghiacciai**

Nel periodo di osservazione, tra l'autunno 2014 e il 2015, si è proceduto al rilevamento del bilancio di massa di 20 ghiac-

ciai, mentre si sono misurate le variazioni di lunghezza di un centinaio di lingue glaciali. Al fine di stabilire il bilancio di massa si misurano le quantità di neve in aprile o maggio e la fusione estiva in diversi punti del ghiacciaio. La variazione di lunghezza del ghiacciaio corrisponde invece alla differenza tra la posizione attuale del fronte glaciale rispetto a quella dell'anno precedente. Sino a fine giugno, gran parte dei ghiacciai era ben protetta dal manto nevoso invernale, e lo scioglimento si è diffuso solo con il periodo di calura del mese di luglio. Successivamente, però, il tempo estivo torrido e stabile è stato all'origine di grandi processi di fusione, ma le precipitazioni nevose di metà agosto e inizio settembre hanno concluso la stagione dello scioglimento con un relativo anticipo. In molti ghiacciai non è rimasto praticamente nulla della neve invernale.

**Grandi perdite di spessore**

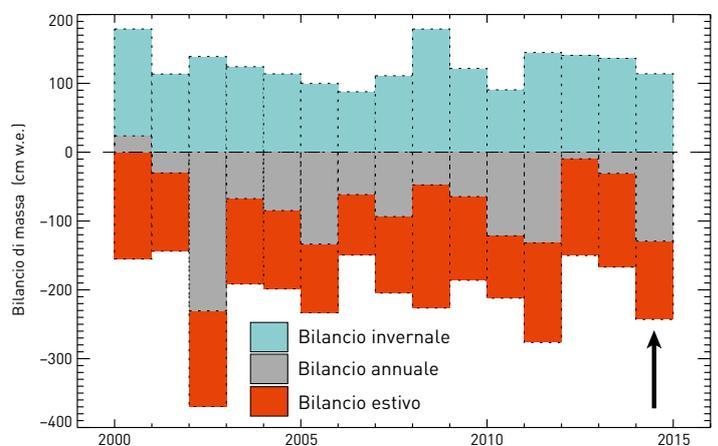
Nel periodo 2014/15, le differenze nel bilancio di massa tra i ghiacciai analizzati erano particolarmente importanti. A soffrirne maggiormente sono stati i ghiacciai delle Alpi vo-



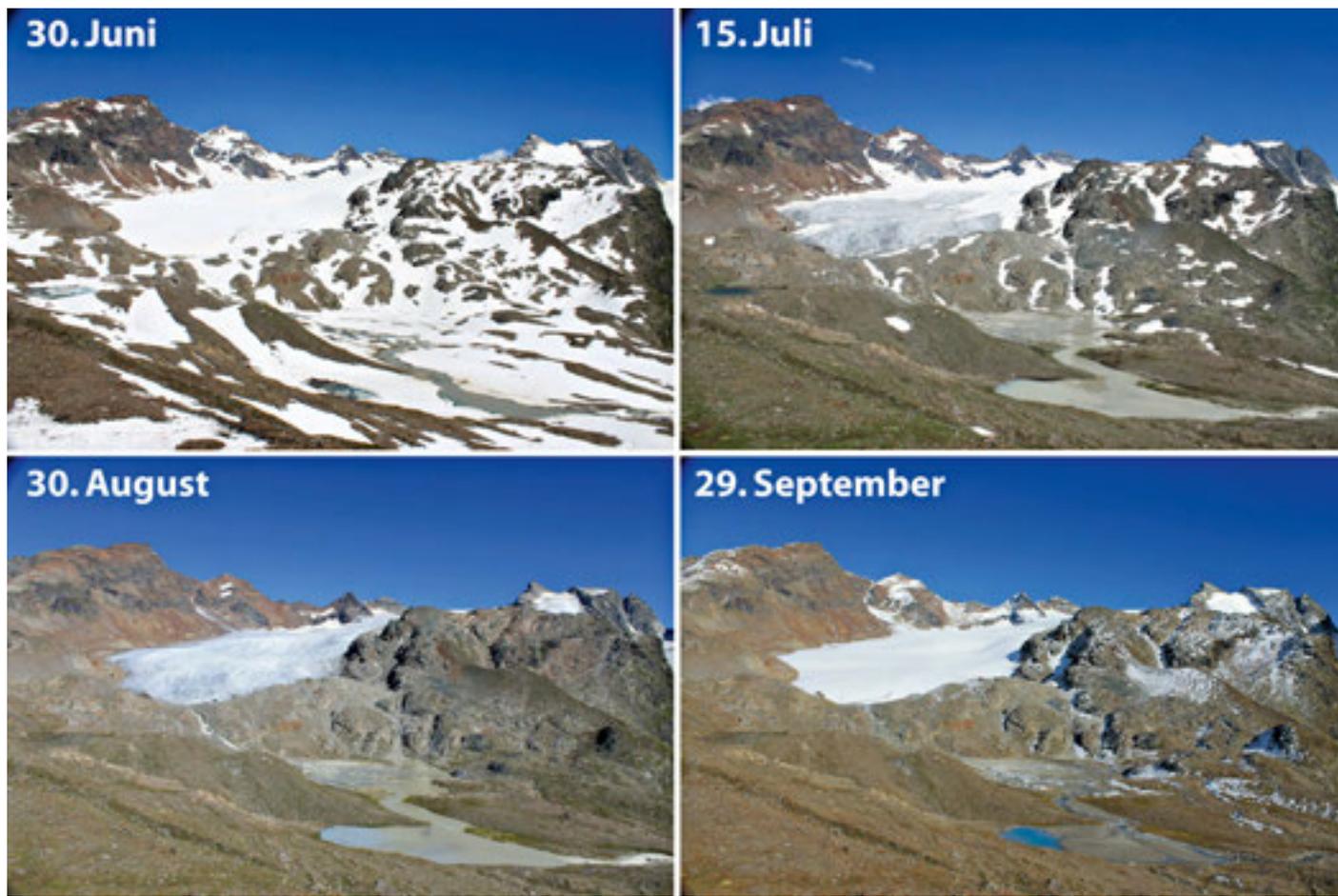
Dopo lo sfogo di un lago glaciale, grandi quantità di acqua di fusione si riversano in un mulino sul Glacier de la Plaine Morte (luglio 2015). Foto: Matthias Huss

desi e bernesi. Sul Glacier de Tsanfleuron e sul Glacier de la Plaine Morte si sono misurate perdite di spessore estreme, comprese tra i 200 e i 250 cm (media sull'intero ghiacciaio), mentre quelle più ridotte hanno riguardato i ghiacciai del Findel e dell'Allalin, nel sud del Vallese, dove lo strato di ghiaccio si è ridotto in media di circa 70 cm.

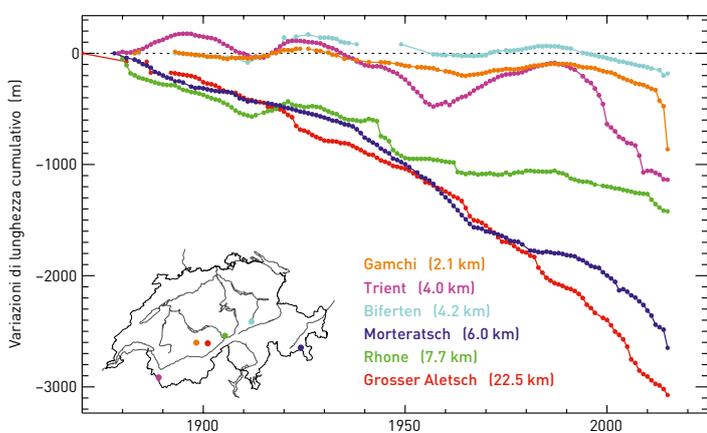
Gli altri valori misurati hanno rilevato perdite medie di spessore tra i 100 e i 200 cm. Per i ghiacciai più piccoli, privi di un bacino di accumulazione in alta quota, la calura estiva si è rivelata una volta ancora devastante, e a fine luglio molti di loro erano già completamente in fase di disgelo. Sebbene il 2015 sia entrato negli annali come l'anno più caldo dall'inizio delle misurazioni, il disgelo ritardato di inizio estate e le precipitazioni nevose di metà agosto e settembre hanno impedito uno scioglimento ancora più marcato del ghiaccio. Calcolata sulla totalità della superficie dei ghiacciai svizzeri (circa 900 km<sup>2</sup>), la perdita di ghiaccio nel periodo di osservazione 2014/15 ammonta a 1300 milioni di metri cubi, corrispondenti a circa il 2,5% del volume del ghiaccio attualmente presente in Svizzera e sufficienti per riempire l'intero lago di Biemme. Sebbene lo scioglimento sia risultato chiara-



**Figura 3**  
Evoluzione della massa di neve (bilancio invernale), dello scioglimento durante l'estate (bilancio estivo) e del bilancio annuale degli ultimi 15 anni. È rappresentato il valore medio dei ghiacciai Allalin/VS, Basòdino/TI, Findel/VS, Giétro/VS, Gries/VS, Rhone/VS e Silvretta/GR con lunghe serie di misurazioni (equivalente in centimetri d'acqua). Grafico: GLAMOS



Evoluzione dell'innevamento del Silvrettagletscher (GR) durante l'estate 2015: mentre a fine giugno l'intero ghiacciaio era ancora coperto di neve, questa era del tutto sparita entro fine agosto. Foto: Andreas Bauder



**Figura 4**  
La variazione annua cumulata della lunghezza (in metri) di taluni ghiacciai della rete di misurazione con diverse reazioni e adattamenti in relazione al clima. Grafico: GLAMOS

mente superiore alla media, non si sono raggiunti i valori da primato della torrida estate del 2003. Il bilancio di massa si situa tuttavia nei livelli del 2006, 2011 e 2012, tutti e tre anni decisamente negativi (figura 3).

### Costante ritiro dei ghiacciai

Mentre il bilancio di massa dipende direttamente dalle condizioni invernali, la variazione della lunghezza del ghiacciaio rispecchia in modo particolare le alterazioni a lungo termine delle condizioni climatiche. Queste si manifestano in ritiri dell'estremità del ghiacciaio diversi in funzione delle sue dimensioni (figura 4). Nel periodo osservato, 92 ghiacciai sono diventati più corti, mentre tre non hanno cambiato la posizione della loro lingua. In quattro ghiacciai si sono osservati valori leggermente positivi (vedi tabella).

La maggior parte dei valori comporta ritiri dai circa 100 metri dello Schwarzgletscher/VS all'arretramento di soli 18 metri osservati nei fronti glaciali del Bifertengletscher/GL, del Vadret da Morteratsch/GR e del Turtmanngletscher/VS. Queste sono tuttavia le conseguenze di un'evoluzione protrattasi negli ultimi anni: a causa della parzialmente im-

## Variazioni della lunghezza dei ghiacciai delle Alpi svizzere nel 2014/15

Ghiacciaio/cantone	Diff.	Ghiacciaio/cantone	Diff.	Ghiacciaio/cantone	Diff.	Ghiacciaio/cantone	Diff.
Albigna/GR	-17	Giétro/VS	-17	Paneirosse/VD	-7	Tsanfleuron/VS	-20
Allalin/VS	-16	Glärnisch/GL	-34	Paradies/GR	-24	Tschierva/GR	-28
Alpetli (Kanderfirn)/BE	-24	Gorner/VS	-72	Paradisino (Campo)/GR	-17	Tschingel/BE	-8
Ammerten/BE	-3	Grand Désert/VS	-13	Pizol/SG	-10	Tseudet/VS	-11
Arolla (Mont Collon)/VS	-16	Grand Plan Névé/VD	-12	Plattalva/GL	-20	Tsijiore Nouve/VS	-10
Basòdino/TI	-25	Gries/VS	-42	Porchabella/GR	-15	Tungel/BE	n
Biferten/GL	18	Griess/UR	-13	Prapio/VD	-1	Turtmann/VS	-133
Blüemlisalp/BE	-39	Griessen/OW	-15	Punteglias/GR	-27	Unteraar/BE	n
Boveire/VS	-27	Grosser Aletsch/VS	-54	Rhone/VS	-6	Unterer Grindelwald/BE	-450
Breney/VS	-35	Hohlaub/VS	-4	Rezli/BE	-4	Val Torta/TI	n
Bresciana/TI	n	Hüfi/UR	n	Ried/VS	-30	Valleggia/TI	-5
Brunegg (Turtmann)/VS	-22	Kaltwasser/VS	-6	Roseg/GR	4	Valsorey/VS	-19
Brunni/UR	-4	Kehlen/UR	-31	Rossbode/VS	n	Verstanclo/GR	-18
Calderas/GR	-6	Kessjen/VS	-3	Rotfirn (Nord)/UR	-14	Vorab/GR	-18
Cambrena/GR	-7	Lang/VS	-16	Saleina/VS	-29	Wallenbur/UR	-30
Cavagnoli/TI	-13	Lavaz/GR	-16	Sankt Anna/UR	-13	Zinal/VS	-10
Cheilon/VS	-15	Lenta/GR	x-	Sardona/SG	-19		
Corbassière/VS	-24	Limmeren/GL	-10	Scaletta/GR	x		
Corno/TI	-16	Lischana/GR	-128 <sup>2</sup>	Schwarz/VS	-100		
Croslina/TI	-4	Lämmeren/VS	-16	Schwarzberg/VS	-23		
Damma/UR	-26	Moiry/VS	-30	Seewjinen/VS	-13		
Eiger/BE	-12	Moming/VS	-4	Sesvenna/GR	-15		
En Darrey/VS	x	Mont Durand/VS	-5	Sex Rouge/VD	-4		
Fee/VS	-45	Mont Fort (Tortin)/VS	-15	Silvretta/GR	-7		
Ferpècle/VS	-25	Mont Miné/VS	-14	Stein/BE	-99		
Fiescher/VS	-210 <sup>3</sup>	Morteratsch/GR	-164	Steinlimi/BE	-39		
Findel/VS	-62	Mutt/VS	n	Hinter Sulz/GL	6		
Firnalpeli (Ost)/OW	0	Oberaar/BE	n	Suretta/GR	0		
Forno/GR	-35	Oberaletsch/VS	n	Tiatscha/GR	-1		
Gamchi/BE	-387	Oberer Grindelwald/BE	2	Tiefen/UR	-37		
Gauli/BE	-13	Otemma/VS	-24	Trient/VS	-4		
Gelten/BE	n	Palü/GR	-24	Trift (Gadmen)/BE	-3		

### Abbreviazioni

n = non osservato  
s = lingua del ghiacciaio con copertura nevosa  
x = valore non stabilito  
Y<sup>3</sup> = se l'indicazione riguarda un intervallo di più anni, la cifra in apice si riferisce al numero di anni. Esempio: Fiescher -210<sup>3</sup> = ritiro di 210 m in 3 anni.

portante copertura di detriti della lingua e dell'alimentazione di ghiaccio residua dalla zona del nevaio, le masse di ghiaccio fondono in modo molto irregolare, e le lingue glaciali si assottigliano senza tuttavia ritirarsi in maniera netta. In un unico anno possono poi fondere improvvisamente superfici estese. Se in corrispondenza di un restringimento un tratto importante della lingua dovesse separarsi, l'estremità attiva del ghiacciaio si sposterebbe di colpo molto all'indietro.

I singoli valori positivi osservati non sono il risultato di un avanzamento dovuto a un maggiore apporto di ghiaccio dalla zona del nevaio, ma vanno ascritti a condizioni e particolarità locali della lingua del ghiacciaio in quello specifico anno.

### Permafrost

Nel periodo dell'osservazione tra il 2014 e il 2015 il permafrost delle Alpi svizzere si è mostrato straordinariamente caldo. In numerosi punti, nuovi valori primato sono stati registrati in relazione a tutte le grandezze osservate. Essi non sono tuttavia da ascrivere solo alla calda estate 2015, ma sono

### La rete di misure della criosfera in Svizzera

Il monitoraggio della criosfera concerne ghiacciai, neve e permafrost ([www.cryosphere.ch](http://www.cryosphere.ch)). Osservazioni e misurazioni sono coordinate dalla Commissione Criosfera (CC). Le misurazioni relative alla neve sono eseguite dall'Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera e dal WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF sulla base dei rilevamenti presso circa 150 stazioni di misura. I rilevamenti su circa 120 ghiacciai sono affidati, nell'ambito della rete svizzera di misurazione dei ghiacciai GLAMOS, a diverse scuole superiori, a uffici forestali cantonali, ad aziende idroelettriche e a privati ([www.glamos.ch](http://www.glamos.ch)). La rete svizzera del permafrost PERMOS è gestita da diverse scuole superiori e dallo SLF e comprende 29 siti con rilevamenti termici, geoelettrici e/o di movimento ([www.permos.ch](http://www.permos.ch)).



Il ghiacciaio roccioso Becs de Bosson in Val de Réchy/VS. Foto: Benno Staub

il risultato della permanenza di condizioni più calde durante gli ultimi anni.

### Temperature elevate nel sottosuolo

Le ondate di caldo estive danno tipicamente luogo a un aumento delle temperature superficiali medie annuali compreso tra 0,5 e 1°C. Se da un canto la temperatura del terreno mostra un rapido rialzo tra maggio e settembre e in luglio supera a tratti anche i primati dell'estate 2003, durante l'anno 2014/15 rimane tuttavia generalmente al di sotto di quella del periodo 2002/03. Il motivo va ricercato nell'innevamento tardivo dell'autunno 2014/15, che ha consentito al terreno di raffreddarsi. Le temperature di superficie nella primavera 2015 erano perciò più basse rispetto a quelle della primavera 2013.

Nelle ripide pareti rocciose d'alta montagna, prove di copertura nevosa e dove le temperature in prossimità della superficie seguono la variabilità temporale di quelle dell'aria, i valori registrati erano straordinariamente elevati.

Gran parte delle serie di misurazioni in pareti rocciose inizia solo nel 2004, ma sulla base di questa marcata dipendenza è possibile supporre che, nel 2015, le temperature della roccia fossero superiori a quelle del 2003.

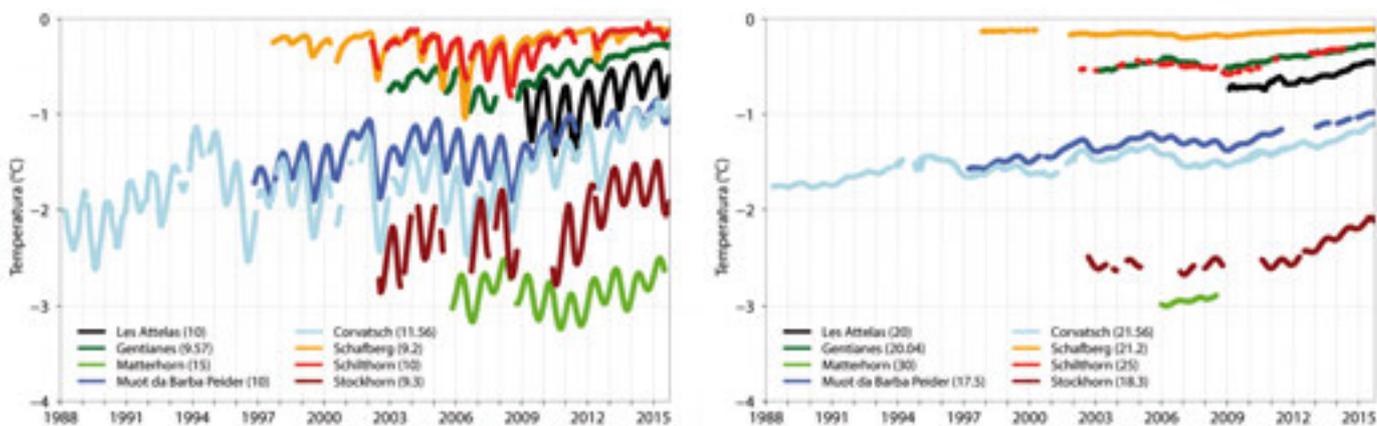
In profondità, le misurazioni del permafrost in una trentina di perforazioni mostrano nel 2015 nuovi valori record rispetto alle serie di misure comprese tra 10 e 25 anni ed evidenziano la tendenza al riscaldamento degli ultimi sette anni.

Analogamente alle variazioni della lunghezza dei ghiacciai, le temperature in profondità rispecchiano soprattutto le alterazioni a lungo termine delle condizioni climatiche. Nel ghiacciaio roccioso del Corvatsch, nell'Alta Engadina – che con 28 anni vanta la serie di misure più lunga del permafrost d'alta montagna – la temperatura del permafrost a 20 metri di profondità è aumentata di circa mezzo grado dal 2009 (figura 5).

Lo scorso anno anche le profondità massime di disgelo durante l'estate sono spesso state grandi come non mai dall'inizio delle misurazioni. Nel carotaggio sul versante settentrionale dello Schilthorn si è registrato un valore record pari a 9 metri. Nel sito viene anche rilevata la più lunga serie temporale di misurazioni geofisiche, che mostra una chiara riduzione delle resistenze elettriche nel sottosuolo durante gli ultimi 15 anni. Lo scorso anno, l'ex primato del 2003 è stato superato a più riprese. Questo indica una maggiore quantità di acqua nel gelata nel sottosuolo ed è segno di un importante ritiro del ghiaccio.

### Accelerazione dei ghiacciai rocciosi

Anche i movimenti dei ghiacciai rocciosi, composti di blocchi di pietra e ghiaccio, sono ulteriormente aumentati nell'anno di osservazione. Essi seguono l'evoluzione delle temperature del permafrost, e la loro velocità di scivolamento mostra una netta accelerazione sino dal 2009. In media, durante l'anno 2014/15 tali velocità sono aumentate di circa il 20% rispetto



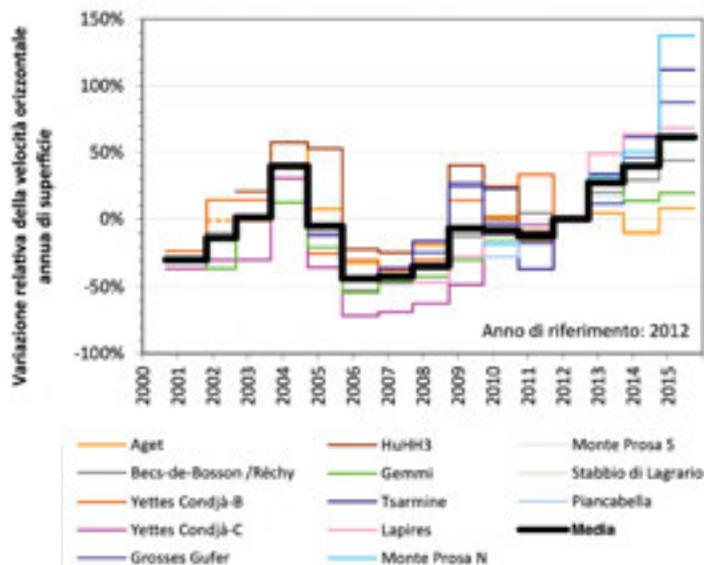
**Figura 5**  
L'evoluzione delle temperature in diversi carotaggi nel permafrost delle Alpi svizzere, a sinistra in circa 10 metri, a destra in circa 20 metri. La profondità esatta della misura è indicata tra parentesi e dipende dall'impianto. La tendenza al riscaldamento del permafrost negli ultimi anni è evidente.  
Grafico: PERMOS

all'anno precedente. In generale, la maggior parte dei ghiacciai rocciosi si muove attualmente a velocità mai registrate dall'inizio delle misurazioni, attorno al 2000 (figura 6). Molti ghiacciai rocciosi avanzano oggi di più metri l'anno, e le loro velocità attuali sono in molti punti da quattro a cinque volte più elevate rispetto ai periodi più freschi tra il 2005 e il 2007 e superano i primi record di slittamento del 2003 e 2004.

In corrispondenza con le condizioni calde, soprattutto nel luglio e nell'agosto 2015, nelle zone del permafrost al di sopra di circa 2500 metri si sono osservati numerosi frangimenti, per la gran parte di minore entità (inferiori a circa 100 000 m<sup>3</sup>) e limitati agli strati di disgelo nelle vicinanze di superfici rocciose.

### Reazione ritardata all'ondata di calore

Poiché occorre circa mezz'anno prima che il calore estivo raggiunga la profondità di 10 metri, la piena forza dell'ondata di calore del 2015 sarà misurabile solo nel 2016. La lunga attesa della neve all'inizio dell'inverno 2015/16 attenuerà leggermente le influenze del periodo caldo, soprattutto nelle zone ombreggiate: fino a quando non viene coperto da un manto nevoso isolante, in autunno il terreno ha infatti la possibilità di raffreddarsi. Nelle pareti rocciose ripide, all'opposto, le temperature dell'aria costantemente elevate contribuiranno a un ulteriore riscaldamento.



**Figura 6**  
Le variazioni della velocità media annua di scorrimento in superficie di diversi ghiacciai rocciosi a confronto con il 2011/12. A seconda dell'ubicazione, i valori assoluti del movimento si situano tra il decimetro e parecchi metri. Grafik: PERMOS