



Veduta con lo Steingletscher in primo piano e lo Steinlimmigletscher sullo sfondo. Nel lessico geografico del 1902, a proposito dello Steinlimmigletscher si leggeva: ghiacciaio lungo 3,5 km e largo al centro 900 m sulla cresta tra il Giglistock (2900 m) e il Vorder Thierberg (3091 m). Oggi il ghiacciaio misura poco più di 1 km. Foto: Biblioteca ETH Zurigo, archivio delle immagini

# Neve, ghiaccio e permafrost 2011–2012

Rapporto sulla criosfera delle Alpi svizzere

*L'anno in esame è stato caratterizzato da un'estate molto calda e dall'arrivo precoce dell'inverno. Nel complesso, i ghiacciai hanno nuovamente subito forti perdite in termini di massa. Anche il permafrost continua a sciogliersi.*

Testo: Frank Paul, Andreas Bauder,  
Christoph Marty, Jeannette Nötzli



Lo Steinlammigletscher nel 2006 con i suoi due affluenti laterali e il braccio centrale sullo sfondo. Nel 2012 gli affluenti si sono sciolti a tal punto da non essere più collegati tra loro e l'estremità del ghiacciaio si è ritirata di 842 metri.  
Foto: archivio VAW/EPF Zurigo (A. Felber)

Il periodo in oggetto è stato caratterizzato da numerosi estremi. A inizio ottobre, sul versante nordalpino, le prime nevicate scese sino a 1200 metri e le successive piogge fino a circa 2700 metri non solo hanno dato luogo a una forte attività di valanghe di neve bagnata, ma nella Kandertal e nella Lötschental hanno causato gravi danni dovuti a inondazioni e frane di disgregazione. Il mese di novembre caldo e secco ha fatto sì che nel 2011 si registrassero le seconde temperature più elevate (dopo il 2006) dall'inizio delle misurazioni. A inizio dicembre, le Alpi svizzere erano sgombre dalla neve fino a ben oltre i 2500 metri di quota. Una simile situazione si verifica solo circa ogni 30 anni e si è presentata l'ultima volta nel 1953. Per questo, sul versante nordalpino si sono in seguito verificate forti precipitazioni nevose. In totale, in quattro importanti nevicate è caduto ogni volta un metro di neve nuova in meno di tre giorni. Le statistiche non registrano alcun mese di dicembre iniziato così povero di neve e conclusosi con una copertura nevosa altrettanto abbondante.

### **Grandi quantità di neve nuova e freddo da record in febbraio**

A inizio gennaio, accompagnato da venti tempestosi, nelle regioni settentrionali e orientali è nuovamente caduto più di un metro di neve, cui dal 19 al 25 gennaio si è aggiunto un ulteriore metro. Fatta eccezione per il versante meridionale centrale delle Alpi, a fine gennaio, con oltre 200 centimetri, l'altezza della neve a 2000 metri era ampiamente al di sopra della media. Da dicembre a gennaio, in più della metà delle stazioni è stata misurata una quantità di neve nuova da due a tre volte superiore rispetto alla media pluriennale. Il maggior valore cumulato di neve nuova è stato registrato nella regione sciistica di Elm (1690 m), con 824 centimetri. Presso alcune stazioni con serie di misure pluriennali (Ulrichen, Obersaxen, Davos, Samedan, Samnaun) non si era mai registrata altrettanta neve nuova nell'arco di 60 giorni. A fine gennaio si sono perciò toccati dei record di altezza della neve (grafico 1). Sotto l'aspetto delle quantità, il periodo di preci-



Davos, 2 dicembre 2011. Le macchie bianche sono neve artificiale. Come nella maggior parte delle Alpi, fin verso i 2500 m la neve era praticamente assente. A causa del gran caldo, in novembre la produzione di neve artificiale fu limitata. Foto: SuisseAirForce

precipitazioni nevose 2011-12 può essere paragonato all'inverno delle valanghe del 1999. Tuttavia, date le temperature di tre a quattro gradi più elevate rispetto al febbraio 1999, fino a 2000 metri una parte delle precipitazioni è caduta sotto forma di pioggia. Le cose sono cambiate in febbraio, che nella sua prima metà ha portato con sé la più massiccia ondata di freddo dal 1985 e solo poca neve, così che durante due settimane anche in molte località dell'Altopiano si è avuto un manto nevoso continuo.

### **L'estate più calda scioglie le grandi quantità di neve**

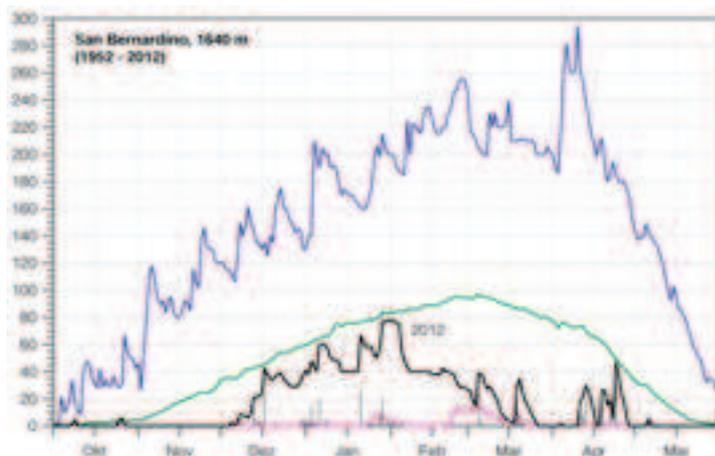
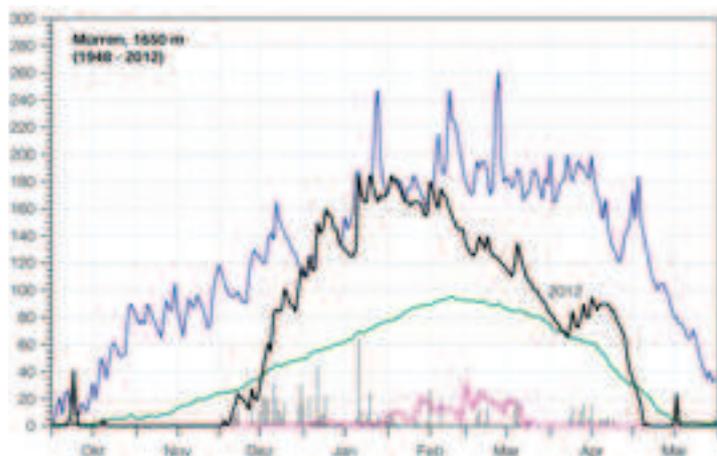
Marzo è stato di tre a quattro gradi più caldo e povero di precipitazioni. A fine marzo, l'altezza della neve era perciò superiore alla media solo nel nord-est, ampiamente nella media a nord e ovest, in parte invece fortemente al di sotto in Ticino, Bregaglia e Poschiavo. Aprile è stato variabile, di nuovo con nevicate fino alle medie quote, così che il disgelo è iniziato con ritardo. I due mesi successivi sono stati di due a tre gradi troppo caldi, e nel campo di misura del Weissfluhjoch, a 2459 metri di altitudine, nonostante le grandi quantità cadute durante l'inverno il manto nevoso si è sciolto una settimana prima del solito (il 2 luglio). La terza estate più calda delle Alpi dall'inizio delle misurazioni ha poi fatto sì che i ghiacciai si sciogliessero ancora una volta con

anticipo e a fine settembre solo poca neve rimanesse al di sopra dei 3000 metri.

Considerata sull'arco dell'intero inverno, da novembre ad aprile, la neve nuova cumulata al di sopra dei 1000 metri è stata leggermente al di sotto della media (83% del valore medio 1971-2000), poiché in febbraio e marzo è nevicato poco e in novembre quasi non del tutto. Con le quantità di neve decisamente grandi cadute in dicembre e gennaio, le altezze massime della neve sul versante nordalpino erano già state raggiunte a fine gennaio. Per quanto concerne l'altezza della neve, l'inverno 2011-12 si situa così al sesto rango degli ultimi 60 anni. Le cose sono diverse per l'Altopiano: nonostante il febbraio molto freddo, il semestre invernale è risultato di circa un grado troppo caldo, dando luogo una volta ancora a quantità di neve nuova e altezze della neve inferiori alla media al di sotto di circa 700 metri (grafico 2).

### **Maggiore ritiro dello Steinlimmigletscher dopo il distacco della lingua**

Nell'autunno 2012, la variazione della posizione del fronte del ghiacciaio rispetto all'anno precedente è stata rilevata in 95 lingue di ghiacciai. Nel complesso, 92 ghiacciai erano in ritiro, altri due non hanno modificato la posizione della loro lingua e in un solo caso si è misurato un valore positivo. I



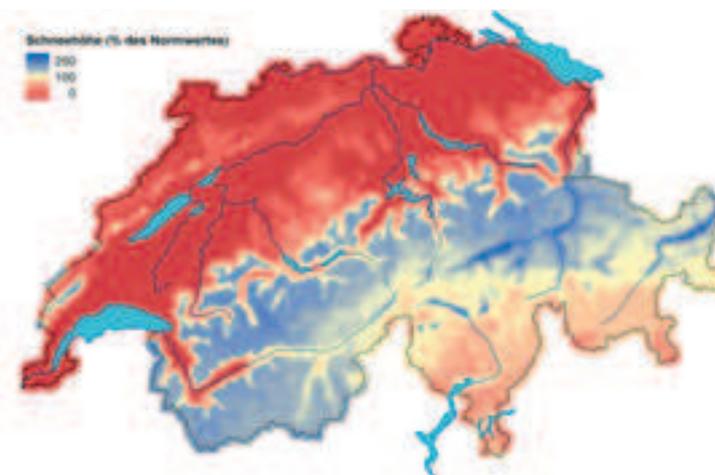
### Grafico 1: Andamento dell'altezza della neve

L'andamento dell'altezza della neve in centimetri nell'inverno 2011-12 (in nero) nelle due stazioni di misura pluriennali di Mürren e San Bernardino a confronto con le altezze medie (in verde), massime (in blu) e minime (in rosa). Le precipitazioni di neve nuova dell'inverno 2011-12 sono rappresentate dalle strisce grige. Mürren, al nord delle Alpi, mostra altezze della neve chiaramente superiori alla media, raggiungendo a fine gennaio/inizio febbraio persino dei record stagionali. Le altezze della neve a San Bernardino, al sud delle Alpi, sono per contro inferiori alla media nell'intero inverno, anche se l'altezza media viene più volte mancata di poco. Grafico: SLF, Davos

valori vanno dal ritiro di 842 m dello Steinlimmigletscher (BE) al leggero avanzamento (2 m) del margine della lingua del Gletscher da Lavaz (GR). Circa due terzi dei valori misurati vanno da -1 a -30 metri. Le alterazioni cumulative di alcuni ghiacciai sono illustrate in grafico 3.

L'importante ritiro dello Steinlimmigletscher va attribuito a un'evoluzione in atto nell'ultimo decennio. Il ghiacciaio è alimentato lungo la sua lingua da due affluenti che nell'ultimo decennio si sono gradualmente assottigliati. Ora hanno perso il contatto, e l'estremità della lingua principale si è repentinamente ritratta in modo importante. Questa discontinuità è da attribuire alla definizione dell'estremità del ghiacciaio e alla determinazione della variazione della lunghezza, e descrive in modo insoddisfacente il continuo ritiro del ghiacciaio. Il momento in cui questo cambiamento è avvenuto è tuttavia piuttosto casuale e rispecchia solo malamente l'evoluzione effettiva del ghiacciaio (vedi «Le Alpi» 10/2012). Un ritiro straordinariamente grande di 146 metri è stato osservato anche nel Glacier de Corbassière (VS), la cui lingua si presenta negli ultimi tempi come una stretta e sottile propaggine che negli ultimi anni si è sciolta in modo impressionante.

Al Gletscher da Lavaz sono responsabili del valore positivo delle variazioni dell'estremità del ghiacciaio le condizioni locali e non una crescita dovuta a una maggiore alimentazione di ghiaccio nella zona del nevaio. In un ghiacciaio così piccolo, la velocità di scorrimento è ridotta e l'alimentazione di ghiaccio alla lingua è quindi meno importante dell'accumulo di neve durante l'inverno e delle condizioni di scioglimento d'estate. Alla fine, l'avanzamento del margine del ghiaccio è stato favorito dalle nevicate superiori alla media dell'inverno e dalla riduzione dello scioglimento estivo dovuto alla copertura detritica.

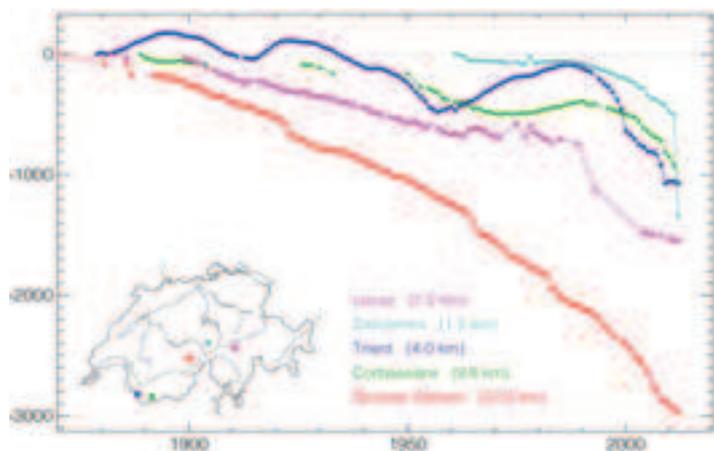


### Grafico 2: Altezze della neve 2011-12 in confronto al periodo 1971-2000

Variazione percentuale dell'altezza media della neve nell'inverno 2011-12 (da novembre ad aprile). Grazie alle forti nevicate di dicembre e gennaio, le altezze della neve sul versante nordalpino erano ampiamente superiori alla media pluriennale (1971-2000; in blu). A causa delle temperature troppo elevate, l'Altopiano non ha tuttavia potuto approfittarne e presenta chiaramente una quantità di neve inferiore al normale (in rosso). Leggermente al di sotto della media le altezze della neve sul versante sudalpino, soprattutto a causa delle scarse precipitazioni. Grafico: SLF, Davos

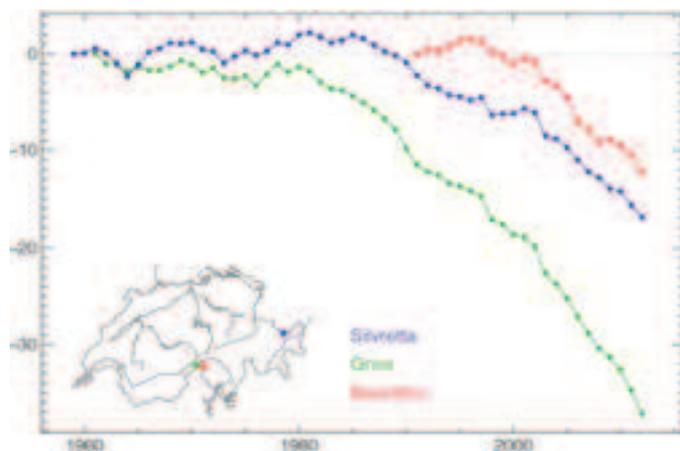
### Bilancio altamente negativo della massa glaciale nonostante l'abbondanza di neve invernale

Presso sei ghiacciai – Basòdino, Findelen, Gries, Pizol, Rodano e Silvretta – il bilancio della massa è stato rilevato mediante misurazioni dell'accumulo di neve durante l'inverno e dello scioglimento estivo. Le già citate quantità di neve superiori alla media hanno fatto registrare valori maggiori dell'accumulazione anche in questi ghiacciai. In primavera, quindi, la speranza di poter finalmente registrare un altro



**Grafico 3: Variazioni della lunghezza**

Variazioni annue cumulate della lunghezza (in m) di alcuni ghiacciai della rete di misurazioni con reazioni e adattamenti individuali al clima. Grafico: VAW/EPF Zurigo



**Grafico 4: Bilancio di massa**

Bilancio di massa dei ghiacciai Basòdino, Gries e Silvretta in base a lunghe serie di misure. È rappresentato il bilancio di massa annuo medio cumulado (in m di equivalente d'acqua). Grafico: VAW/EPF Zurigo

## Franamento di roccia al Cengalo

Dopo i primi scoscardimenti del luglio 2011 e una temporanea fase di quiete nel tardo autunno, il 27 dicembre 2011, da uno sperone situato a buoni 3000 metri di quota nel versante N del Pizzo Cengalo (3396 m), in Val Bondasca, si sono staccati circa due milioni di metri cubi di granito. La massa rocciosa ha raggiunto il fondovalle della Val Bondasca e ha travolto il sentiero escursionistico alpino che collega le capanne CAS Sciora e Sasc Furà, già precedentemente chiuso dalle autorità in seguito alle prime frane. Essendo la Val Bondasca piuttosto discosta, i danni agli edifici causati dall'onda d'urto sono solo di entità minore. Nell'estate 2012, in seguito a violenti temporali le frane di disgregazione hanno trasportato il materiale depositato fino a Bondo, nella valle principale della Bregaglia, distruggendo i ponti pedonali dell'accesso alla capanna Sasc Furà, nel frattempo sostituiti. Grazie all'estrapolazione di misure eseguite su versanti rocciosi paragonabili, è possibile stimare le temperature medie della roccia nella spaccatura tra i -1 e i -4 °C. Il disgelo a lungo termine del permafrost nel corso degli ultimi decenni,



La spaccatura della frana del Pizzo Cengalo. Circa due milioni di metri cubi di roccia sono precipitati a valle. Le frane di disgregazione successive hanno trasportato i detriti fino alla valle principale. Foto: Jeannette Nötzli, Università di Zurigo

nonché la penetrazione di acqua di scioglimento nel caldo inizio di primavera del 2011, potrebbero avere svolto un ruolo nello svolgersi dell'evento. Con il perdurare del riscaldamento di ripidi versanti con permafrost, il numero dei franamenti rocciosi importanti sembra aumentare. Negli ultimi 20 anni, nelle

Alpi, al di sopra dei 2500 metri si sono osservate cinque frane con volumi superiori a un milione di metri cubi, più di quanti se ne siano contati nei 100 anni precedenti.

## Variazioni della lunghezza dei ghiacciai delle Alpi svizzere nel 2011-12

| Ghiacciaio/Cantone      | 2012 | Ghiacciaio/Cantone    | 2012 | Ghiacciaio/Cantone    | 2012 | Ghiacciaio/Cantone     | 2012 |
|-------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|------------------------|------|
| Albigna/GR              | -17  | Gelten/BE             | x    | Palü/GR               | -22  | Trift (Gadmen)/BE      | -24  |
| Allalin/VS              | -13  | Giétro/VS             | -94  | Paneyrosse/VD         | -3   | Tsanfleuron/VS         | -8   |
| Alpetli (Kanderfirn)/BE | -37  | Glärnisch/GL          | n    | Paradies/GR           | -11  | Tschierva/GR           | -31  |
| Ammerten/BE             | 0    | Gorner/VS             | -30  | Paradisino (Campo)/GR | -12  | Tschingel/BE           | -37  |
| Arolla (Mont Collon)/VS | -14  | Grand Désert/VS       | -13  | Pizol/SG              | -6   | Tseudet/VS             | -7   |
| Basòdino/TI             | -11  | Grand Plan Névé/VD    | -5   | Plattalva/GL          | -47  | Tsidjore Nouve/VS      | -13  |
| Bella Tola/VS           | n    | Gries/VS              | -28  | Porchabella/GR        | -22  | Turtmann/VS            | x    |
| Biferten/GL             | n    | Griess/UR             | -9   | Prapio/VD             | s    | Unteraar/BE            | n    |
| Blüemlisalp/BE          | -30  | Griessen/OW           | -14  | Punteglias/GR         | -12  | Unterer Grindelwald/BE | x    |
| Boveyre/VS              | -35  | Grosser Aletsch/VS    | -33  | Rhone/VS              | -40  | Val Torta/TI           | x    |
| Breney/VS               | -43  | Hohlaub/VS            | -12  | Ried/VS               | -11  | Valleggia/TI           | -6   |
| Bresciana/TI            | s    | Hüfi/UR               | n    | Roseg/GR              | -65  | Valsorey/VS            | -21  |
| Brunegg (Turtmann)/VS   | n    | Kaltwasser/VS         | -2   | Rossboden/VS          | n    | Verstankla/GR          | -17  |
| Calderas/GR             | -17  | Kehlen/UR             | -58  | Rotfirn (Nord)/UR     | -34  | Vorab/GR               | n    |
| Cambrena/GR             | -18  | Kessjen/VS            | -4   | Rätzli/BE             | n    | Wallenbur/UR           | -15  |
| Cavagnoli/TI            | -11  | Lang/VS               | -12  | Saleina/VS            | -33  | Zinal/VS               | -14  |
| Cheillon/VS             | -15  | Lavaz/GR              | +2   | Sankt Anna/UR         | -13  |                        |      |
| Corbassière/VS          | -146 | Lenta/GR              | -34  | Sardona/SG            | -1   |                        |      |
| Corno/TI                | -4   | Limmern/GL            | -11  | Scaletta/GR           | -3   |                        |      |
| Croslina/TI             | -5   | Lischana/GR           | -9   | Schwarz/VS            | -8   |                        |      |
| Damma/UR                | -22  | Lämmern/VS            | -13  | Schwarzberg/VS        | -51  |                        |      |
| Dungel/BE               | -4   | Moiry/VS              | -14  | Seewjinen/VS          | -11  |                        |      |
| Eiger/BE                | -8   | Moming/VS             | -4   | Sesvenna/GR           | -11  |                        |      |
| En Darrey/VS            | x    | Mont Durand/VS        | -37  | Sex Rouge/VD          | -3   |                        |      |
| Fee (Nord)/VS           | -20  | Mont Fort (Tortin)/VS | -14  | Silvretta/GR          | -8   |                        |      |
| Ferpècle/VS             | -39  | Mont Miné/VS          | -36  | Stein/BE              | -72  |                        |      |
| Fiescher/VS             | -57  | Morteratsch/GR        | -82  | Steinlimmi/BE         | -842 |                        |      |
| Findelen/VS             | -72  | Mutt/VS               | -23  | Sulz/GL               | -2   |                        |      |
| Firnalpeli (Ost)/OW     | -7   | Oberaar/BE            | n    | Suretta/GR            | -18  |                        |      |
| Forno/GR                | -25  | Oberaletsch/VS        | n    | Tiatscha/GR           | -11  |                        |      |
| Gamchi/BE               | -11  | Oberer Grindelwald/BE | x    | Tiefen/UR             | -42  |                        |      |
| Gauli/BE                | -91  | Otemma/VS             | -10  | Trient/VS             | -18  |                        |      |

### Abbreviazioni:

n = non osservato  
s = lingua del ghiacciaio  
con copertura nevosa  
x = valore non stabilito

anno con un bilancio delle masse non eccessivamente negativo era ancora grande. Ma l'estate, iniziata subito con il caldo di giugno e luglio, ha causato il rapido scioglimento del manto nevoso protettivo ed entro al fine della stagione la maggior parte dei ghiacciai presentava i segni dello scioglimento in ampie superfici. Con questo, il bilancio delle masse dell'anno 2011-12 si situa al terzo posto dopo le annate estremamente negative del 2002-03 e 2005-06. Una volta ancora, questo risultato è da attribuire al forte scioglimento estivo. I valori oscillano tra i diversi ghiacciai, senza che sia possibile individuare alcun modello regionale. Ad esempio, la perdita media del Gries è superiore a due metri, mentre il valore degli altri ghiacciai è dell'ordine di un metro (grafico 4).

### Permafrost: il terreno è sempre ancora fortemente riscaldato

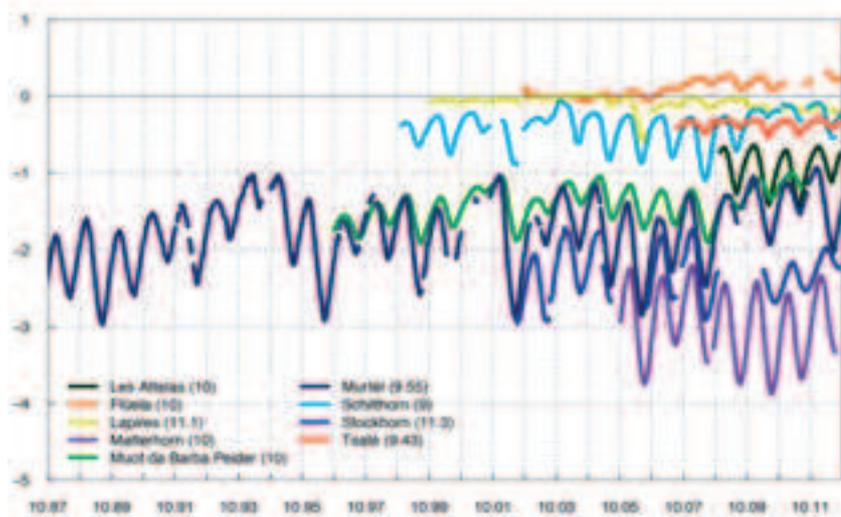
Nell'anno 2011-12, le condizioni del permafrost sono risultate leggermente più fredde rispetto all'anno precedente, ma questo è già il quarto anno consecutivo in cui le condizioni meteorologiche danno luogo a condizioni del permafrost molto calde rispetto all'ultima quindicina d'anni. Gli anni caldi del periodo considerato erano caratterizzati da poca

## La rete di monitoraggio della Commissione Criosfera

Lo studio della criosfera concerne ghiacciai, neve e permafrost ([www.cryosphere.ch](http://www.cryosphere.ch)), la cui osservazione e misurazione è coordinata dalla Commissione Criosfera (CC).

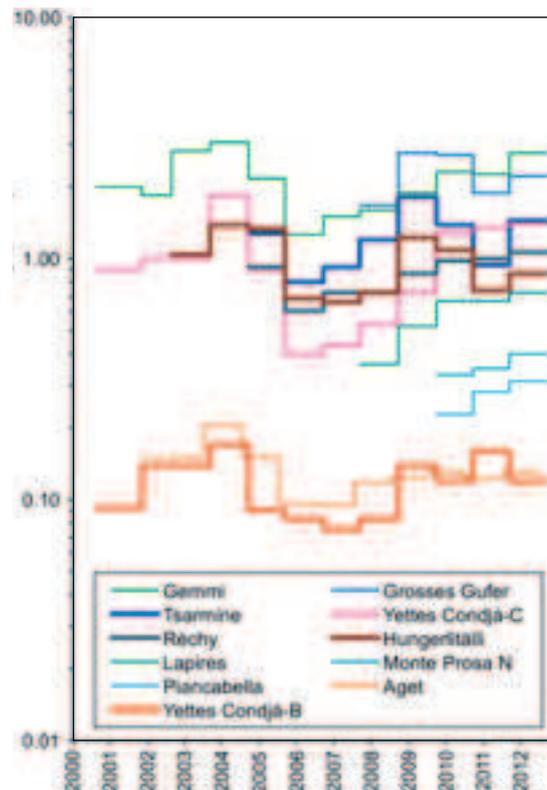
Le misurazioni della neve sono eseguite dall'Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera e dal WSL - Istituto per lo studio della neve e delle valanghe (SLF) sulla base di circa 150 stazioni di misura.

I rilevamenti sui 155 ghiacciai sono affidati a rappresentanti di scuole politecniche e universitarie, agli uffici forestali cantonali, alle aziende idroelettriche e a privati ([glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers](http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers)). Le rete del permafrost, composta di 14 perforazioni e 12 siti di rilevamento del movimento, è gestita da diversi istituti superiori e dallo SLF ([www.permos.ch](http://www.permos.ch)). L'evoluzione meteorologica si basa sui bollettini di MeteoSvizzera e dello SLF.



**Grafico 5: Temperature nel permafrost**

Temperature misurate a circa 10 metri di profondità in diverse perforazioni della rete PERMOS. Grafico: Permos



**Grafico 6: le velocità dei ghiacciai rocciosi**

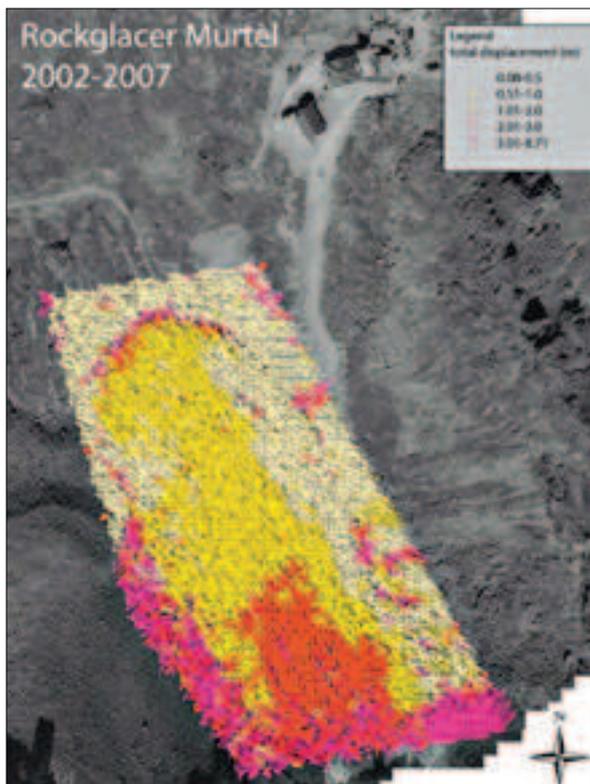
Le velocità di scivolamento orizzontali di 11 ghiacciai rocciosi delle Alpi svizzere tra il 2000 e il 2012. Per ogni ghiacciaio la velocità è determinata in base a più punti (da 5 a 30) rilevati almeno una volta all'anno. Il valore indicato è il valore medio di tutti i punti di misura. Grafico: Permos

neve e da uno scioglimento molto precoce, nonché da temperature primaverili ed estive superiori alla media. Questa volta, invece, lo spesso e precoce manto nevoso ha impedito alla fredda aria invernale di avere un effetto sulle temperature del sottosuolo. La primavera calda e secca ha provocato uno scioglimento precoce. Le temperature superficiali sono di circa 0,4°C inferiori rispetto al caldissimo anno precedente. Questo vale in particolare per le località influenzate dalla neve, poiché in esse la copertura nevosa è rimasta più a lungo e l'estate si è rivelata più fredda. Al pari di quelle dell'aria, le temperature della roccia erano leggermente più elevate rispetto dall'anno precedente. A confronto con gli ultimi 12 anni, però, le temperature superficiali si situano sempre ancora al di sopra della media.

Nelle perforazioni di misurazione situate tra i 2000 e i 3500 metri, a seconda della quota, dell'esposizione, delle condizioni della neve e del sottosuolo si misurano temperature del permafrost comprese tra 0 e -3°C. Delle condizioni decisamente più fredde sono da attendersi nei versanti in ombra più alti delle Alpi svizzere, ma finora lassù non è ancora stato installato alcun sensore. Negli ultimi cinque anni,

a causa delle condizioni viepiù calde le temperature del permafrost sono aumentate e si situano ampiamente al o sopra il livello del 2003. Poiché a un'alterazione della temperatura di superficie occorre all'incirca mezzo anno per raggiungere una profondità di 10 metri, le temperature misurate nella primavera 2012 dai sensori a quella profondità sono il risultato del caldo autunno del 2011. Questo risulta ben visibile nell'esempio dello Stockhorn, presso il Gornergrat, o dei ghiacciai rocciosi e dei pendii detritici dell'Alta Engadina. Le differenze tra le località sono ad ogni modo grandi, e in alcune perforazioni negli ultimi cinque anni si sono registrati anche dei cali (grafico 5).

Nella maggior parte delle stazioni di misura della rete svizzera di osservazione del permafrost PERMOS con serie di dati di dieci o più anni, le profondità di disgelo degli ultimi quattro anni sono tra le più elevate, e tra queste, le più elevate sono quelle dell'estate 2011. In più località, nelle estati 2011 e 2012 si è persino superato il record della torrida estate del 2003. Le profondità di disgelo del 2012 variano dai 2,9 metri della morena ghiacciata di Gentiannes ai 6,8 metri del versante nord dello Schilthorn.



### Grafico 7: Il ghiacciaio roccioso Murtèl-Corvatsch

Nell'ambito di PERMOS si rilevano i movimenti del ghiacciaio roccioso Murtèl-Corvatsch. Il ghiacciaio roccioso è vicino alla stazione intermedia della funivia che porta alla vetta del Corvatsch (in alto a destra). Quelli rappresentati sono spostamenti orizzontali determinati mediante rilievi fotogrammetrici tra il 2002 e il 2007. Le maggiori velocità di scivolamento si osservano nella zona della radice (sotto nell'immagine). In sfondo l'ortofoto del 1996. Foto: Swissphoto Grafico: Permos



Accade che la lettura dei dati della perforazione del permafrost sul passo della Flüela venga eseguita d'inverno a causa della frequenza dei franamenti estivi. Foto: Marcia Phillips, SLF Davos

Nelle stazioni esaminate, il monitoraggio geoelettrico conferma i dati delle misurazioni della temperatura con resistenze elettriche pure superiori alla media. Nello Schilthorn, i valori indicano per la terza volta consecutiva un record negativo che supera anche la citata estate del 2003. La riduzione della resistenza è notevole in tutto il profilo dei dieci metri di profondità, probabilmente anche a causa delle più elevate temperature del permafrost e del costante ritiro dei ghiacci durante gli ultimi anni.

### I ghiacciai rocciosi scorrono sempre più veloci

Nel quadro dell'osservazione del permafrost, 14 ghiacciai rocciosi sono sottoposti a verifiche annuali che includono la determinazione della loro velocità di scorrimento (grafico 6). Queste variano secondo il ghiacciaio (temperatura, geometria, materiale e contenuto di ghiaccio) e oscillano da decimetri a metri all'anno (grafico 7). Con un aumento del 16 per cento rispetto all'anno precedente, anche queste misure indicano condizioni estremamente calde del permafrost. Con questo, le velocità di scorrimento sono di circa il 20 per cento superiori al valore medio degli ultimi dieci anni. I ri-

sultati relativi all'anno in oggetto vanno da un +4 per cento dello Yettes Condjà C (1,41 m/a) al +53 per cento dello Tsarminine (1,54 m/a). Negli ultimi cinque anni, tutti i ghiacciai rocciosi sono diventati più veloci, ma con delle differenze nell'evoluzione temporale: alcuni hanno subito un'accelerazione continua, altri hanno raggiunto un massimo nel 2008-09, hanno rallentato fino all'anno scorso e quindi hanno nuovamente accelerato. Queste differenze indicano un complicato modello spaziale che deve ancora essere ulteriormente analizzato.

### → Per saperne di più

**Ghiacciai:** Andreas Bauder, VAW, ETH Zurigo, [bauder@vaw.baug.ethz.ch](mailto:bauder@vaw.baug.ethz.ch), 044 632 41 12

**Neve:** Christoph Marty, SLF, [marty@slf.ch](mailto:marty@slf.ch), 081 417 01 68

**Permafrost:** Jeannette Nötzli, PERMOS, Università di Zurigo, [info@permos.ch](mailto:info@permos.ch), 044 635 52 24