



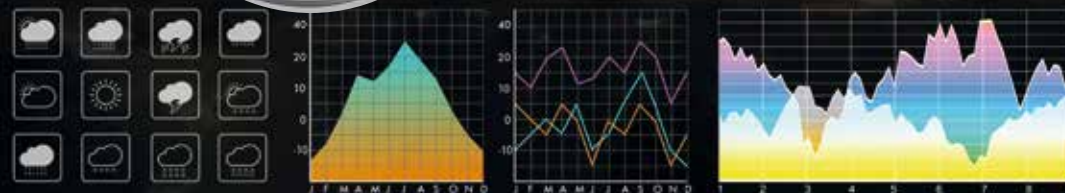
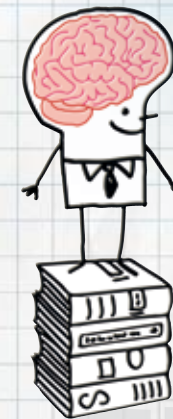
# CLIMA

Come possiamo salvare il clima?

## Come possiamo imitare il clima?

Nuvole, atmosfera, oceani, vulcani, precipitazioni, irraggiamento solare, gas serra, sfruttamento del suolo: un sistema così complicato come il clima terrestre, con tutte le sue interazioni, non si può riprodurre in laboratorio. Per comprendere come le variazioni delle singole componenti possono influenzare le condizioni di vita sul nostro pianeta, gli scienziati ricorrono ai cosiddetti **modelli climatici**: programmi informatici basati su equazioni matematiche, le quali a loro volta si fondano sulle leggi della fisica. Alimentati con i dati ricavati dalle osservazioni e dagli esperimenti, i **programmi di simulazione** calcolano i potenziali futuri mutamenti climatici. Il risultato di questi modelli sono dunque gli scenari da cui si ricavano formulazioni ipotetiche (se... allora...).

I modelli sono rappresentazioni semplificate della realtà. Anche i modelli climatici restano pur sempre solo semplici approssimazioni di un probabile futuro andamento del clima. Le loro proiezioni quindi sono tanto più incerte quanto più lo scenario descritto è lontano nel futuro. Ciò nonostante sono uno strumento utile per comprendere il sistema climatico e valutare **rischi e opportunità** legati ai vari cambiamenti. E sono l'unico strumento che abbiamo oggi: «Se disponessimo di osservazioni dal futuro, naturalmente sarebbero molto più affidabili rispetto ai modelli», spiega Tom Knutson, noto scienziato climatico statunitense, «ma purtroppo allo stato attuale non esistono ancora.»





# Ricerca tra i ghiacci eterni

Aria gelida, nevi eterne, spettacolari Quattromila. Siamo nel regno della Principessa di Ghiaccio? Forse. Quel che è certo è che ci troviamo nella stazione di ricerca più elevata d'Europa: 3571 metri s.l.m. Lo si nota già dalla cupola dell'Osservatorio della Sfinge. Lo Jungfraujoch però non è solo la postazione ideale per le osservazioni astronomiche, ma è anche sede di progetti di misurazione nel quadro della ricerca climatica. In particolare le condizioni dell'atmosfera e i suoi cambiamenti sono uno dei punti forti della ricerca sullo Jungfraujoch. La stazione di ricerca fa parte di diversi network nazionali e internazionali, come il Global Atmosphere Watch, che valutano su scala mondiale i dati rilevati.



## Come si è arrivati fin quassù?

Grazie all'altezza vertiginosa e all'aria sana, lo Jungfraujoch offre le condizioni ideali per la ricerca su determinate tematiche in vari settori: ambiente, glaciologia, geofisica, meteorologia, astronomia, radiologia, medicina. Ecco perché lo Jungfraujoch è sempre stato sede di ricerca. Ma è con la realizzazione dell'istituto di ricerca alpino nel 1931 che sono migliorate le condizioni di lavoro degli scienziati sul piano del comfort e della sicurezza. Senza dimenticare il contributo significativo

fornito dalla ferrovia della Jungfrau, che fin dalla sua inaugurazione nel 1912 ha reso superflue le spedizioni rischiose. La realizzazione della ferrovia non si deve solo al fiorente turismo alpino. Infatti, il Consiglio federale autorizzò i lavori di costruzione della ferrovia, a condizione che questa sostenesse finanziariamente l'istituto di ricerca.



## Come funziona?

La stazione di ricerca dello Jungfraujoch è gestita secondo il principio dell'ospitalità ed è aperta ai ricercatori di tutto il mondo. Fisica, medicina, glaciologia sono solo alcune delle discipline rappresentate. Gli scienziati rimangono qui solo per un tempo limitato, infatti la maggior parte del loro lavoro, come ad esempio la valutazione dei dati misurati, viene svolta nei rispettivi istituti di ricerca. Gli strumenti di misurazione installati alla stazione, di cui si servono circa 50 progetti di ricerca, trasmettono le oltre 100 variabili misurate ai rispettivi luoghi di lavoro tramite Internet. L'unico personale in pianta stabile sono i custodi, due coppie che si alternano nel corso dell'anno. Assistono gli ospiti, si occupano delle infrastrutture e degli strumenti di misurazione e forniscono a MeteoSvizzera a cadenza quotidiana, più volte al giorno, un resoconto con le osservazioni meteorologiche a occhio nudo, ad esempio tipo e altezza delle nuvole e visibilità.



## Cosa si misura?

Le misurazioni meteorologiche, che hanno dato il via all'attività di ricerca sullo Jungfraujoch, ora sono completamente automatizzate. I dati non servono solo per le previsioni meteo, ma formano anche la base della

ricerca climatica e mostrano le conseguenze del cambiamento climatico nella regione alpina. Tra il 1937 e il 2005 sullo Jungfraujoch si è registrato un aumento della temperatura media annua di ca. 1,8°C e tra il 1961 e il 2005 d'estate sono stati rilevati ca. 60% in più di giorni con una temperatura superiore a 0°C.

Tramite misurazioni ad alta precisione viene monitorata la composizione dell'atmosfera terrestre, in particolare la concentrazione di CO<sub>2</sub>, permettendo così di identificare le fonti delle sostanze estranee presenti nell'atmosfera, nonché di acquisire nuove conoscenze in materia di qualità dell'aria e di cambiamento climatico.

Gli aerosol e le microparticelle in sospensione non hanno solo un impatto diretto sul clima dato che diffondono o assorbono la luce solare, ma anche un effetto indiretto perché modificano le caratteristiche delle nuvole. Alla stazione di ricerca dello Jungfraujoch si studia la distribuzione delle particelle di aerosol, la loro interazione con le nuvole e il loro ruolo nella formazione del ghiaccio nei cirri.

Altri progetti riguardano il monitoraggio della radioattività e dell'irraggiamento cosmico, gli effetti della permanenza in alta quota sul corpo umano e la capacità di sopravvivenza dei microorganismi arrivati dal Sahara fino alle Alpi attraverso la polvere del deserto. E, naturalmente, i progetti di ricerca chiave della stazione dello Jungfraujoch sono il ghiacciaio dell'Aletsch e il permafrost.



Galleria fotografica della stazione alpina di ricerca pubblicata sul nostro sito  
[bit.ly/Technoscope\\_Clima](http://bit.ly/Technoscope_Clima)

# LA FINE DEI GHIACCII PERENNI

«**Locus horridus**»: così gli antichi Romani descrivevano le Alpi. Detriti, caduta di rocce e slavine, vette avvolte dalla nebbia e colossali masse di neve e ghiaccio perenne, dimora di spiriti maligni e draghi. Anche il pastore Gabriel Walser, uno dei primi naturalisti della Svizzera, nel 1768 sulla sua mappa delle Alpi contrassegnava ancora i ghiacciai come ripugnanti montagne di ghiaccio. Dovevano trascorrere ancora molti anni prima che i ghiacciai diventassero simbolo di sublime bellezza e natura incontaminata. Un «luogo della nostalgia» che attirava visitatori da tutto il mondo.

Ma i ghiacciai non sono solo uno dei richiami turistici più efficaci della Svizzera. Con il loro avanzamento e restringimento hanno plasmato il paesaggio circostante. Hanno levigato la roccia, scavato intere vallate e, nelle zone in cui si sono ritirati, i laghi hanno preso il posto dei loro bacini. I giganteschi blocchi di roccia trasportati a fondovalle dai ghiacciai sono rimasti lì come «massi erratici». E i sedimenti, i detriti e la ghiaia spinti dalla lingua del ghiacciaio si sono depositati dando origine alle morene.

L'ultima volta che i ghiacciai svizzeri hanno potuto continuare a crescere correttamente è stata

durante la piccola età glaciale attorno al 1850, quando la loro superficie complessiva era pari a circa 1700 km<sup>2</sup> – all'incirca le dimensioni del Canton Zurigo. Da allora la temperatura media in Svizzera è aumentata di quasi due gradi provocando un nuovo scioglimento dei ghiacciai. Dal 1985 il loro ritiro ha subito un'accelerazione talmente marcata che la metà dei quasi 1500 ghiacciai elvetici rischia di scomparire entro i prossimi 30 anni. E con loro sparirebbe anche un'immensa riserva idrica: infatti circa il 17 per cento delle riserve di acqua potabile svizzere dipende dai ghiacciai.

Da tempo la scienza li considera indicatori climatici sensibili. In Svizzera ad occuparsi dell'osservazione, misurazione e documentazione precisa dei movimenti e cambiamenti dei ghiacciai è la Rete svizzera di monitoraggio dei ghiacciai (Glamos) – ad esempio con foto, riprese aeree e immagini satellitari, che oggi vengono analizzate in maniera automatizzata attraverso i più moderni metodi digitali.

Amédée Zryd si è laureato in fisica al Politecnico di Losanna. I ghiacciai hanno sempre affascinato questo vallesano appassionato di sci alpinismo, al punto che ha dedicato la sua tesi di dottorato allo studio dei loro movimenti.



«Abbiamo già perso gigantesche masse di ghiaccio»

## Alti come la Torre Eiffel

Intervista con il glaciologo Amédée Zryd

**Technoscope: Perché la scienza si interessa ai ghiacciai?**

**Amédée Zryd:** Osservare i ghiacciai è come, per così dire, essere seduti in prima fila nel seguire l'evoluzione del cambiamento climatico. In più c'è un altro motivo importante.

**Che sarebbe?**

I ghiacciai alpini condizionano anche la nostra vita quotidiana, sebbene non ce ne rendiamo conto.

**Cosa hanno a che fare i ghiacciai con la nostra vita quotidiana?**

Sono enormi riserve idriche naturali, che si sciolgono e sono disponibili proprio quando ci servono di più, cioè quando fa caldo. Grazie ai ghiacciai anche d'estate abbiamo acqua sufficiente per l'agricoltura e per i laghi

artificiali con cui la Svizzera produce gran parte della sua energia elettrica.

**Ma adesso i ghiacciai alpini si stanno ritirando.**

Non solo nelle Alpi, i ghiacciai stanno calando in tutto il mondo, anche in Himalaya, sulle Ande o ai Poli. Non si tratta tanto della loro lunghezza, quanto piuttosto del volume di ghiaccio che va perso.

**Perché il clima sta diventando più mite anche sulle Alpi?**

Il clima sta cambiando e l'idrologia diventerà più simile a quanto succede già oggi nel Giura, con corsi d'acqua abbondanti in primavera e autunno ed estati secche. Nel lungo periodo quindi le riserve di acqua dei laghi artificiali potrebbero diminuire. Dovremo trovare dei



# Come si misura il clima?



compromessi: quanta acqua destinare in futuro alla popolazione, quanta all'agricoltura e quanta alla produzione di energia.

## Cosa succederà nelle Alpi se si scioglierà il «ghiaccio eterno»?

Questo è uno dei nodi cruciali della glaciologia. Di certo cambiano i pericoli. Prima uno dei rischi in alta quota ad esempio riguardava l'improvviso deflusso dei laghi glaciali. Oggi invece si tratta dei ripidi pendii delle montagne che, senza l'influsso stabilizzatore del ghiaccio, cominciano a sgretolarsi e che dobbiamo tenere monitorati.

## Per quanto tempo avremo ancora ghiacciai qui in Svizzera?

Molti dei ghiacciai minori, come il ghiacciaio de la Plaine Morte nel Vallese, nei prossimi

30-50 anni sono destinati a scomparire. Quelli più grandi, come il ghiacciaio dell'Aletsch o il ghiacciaio del Rodano, si restringeranno ma sopravvivranno.

## Cosa l'ha impressionata di più in tutti questi anni in cui ha seguito i movimenti dei ghiacciai nel Vallese?

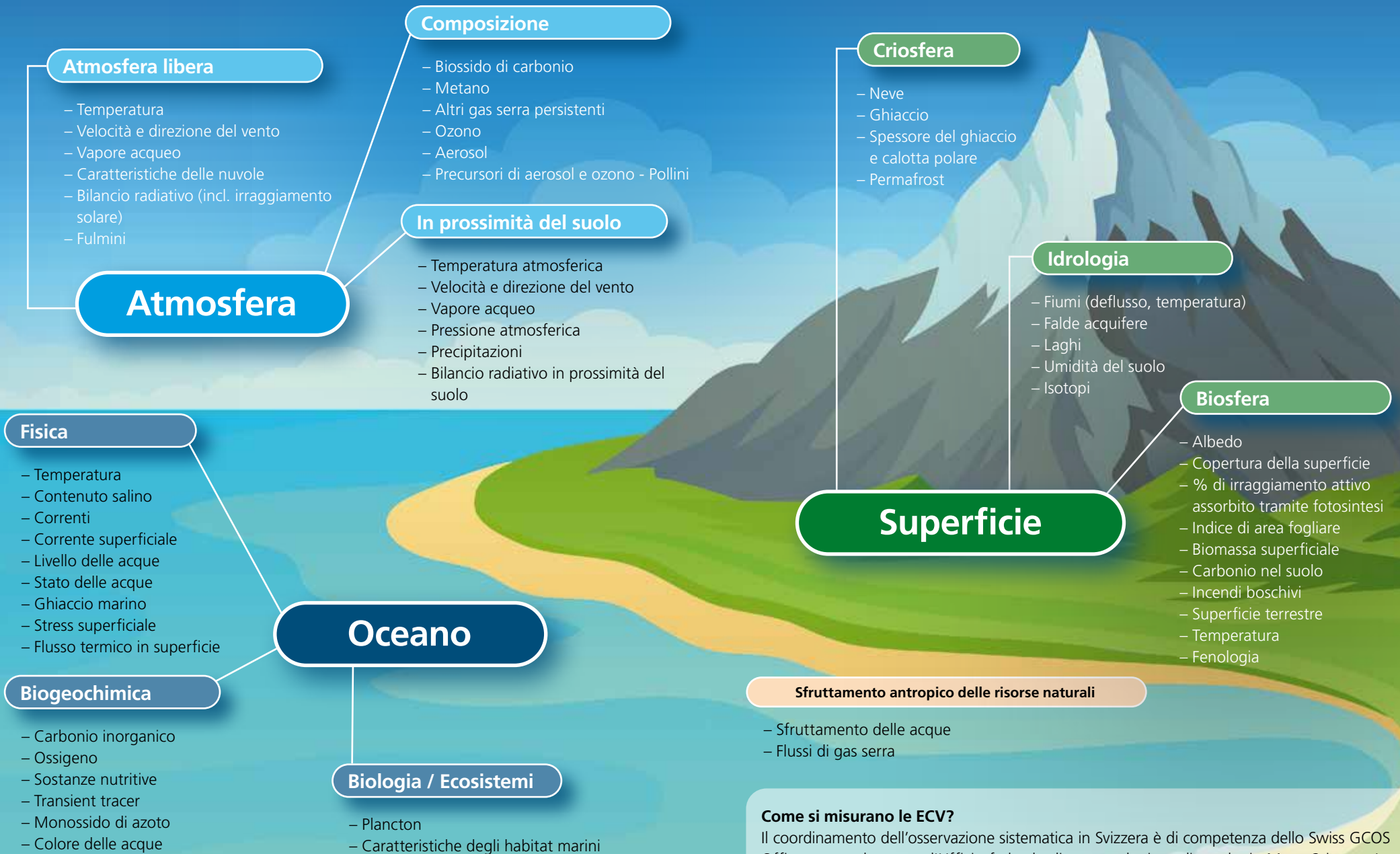
Quello che ancora mi toglie il respiro è trovarmi ai piedi di una morena verticale, alta quasi come la Torre Eiffel, e sapere che solo 150 anni fa il ghiaccio da lì arrivava fino in cima. In quel momento mi rendo conto, cosa le aride cifre dei rapporti non riusciranno mai a trasmettere, che abbiamo già perso gigantesche masse di ghiaccio.

**Il cambiamento climatico non è un fenomeno locale, ma si ripercuote sull'intero globo terrestre. Ricostruire le condizioni climatiche del passato e valutare quelle future quindi non comporta solo una sfida sul piano tecnico, ma anche a livello di coordinamento.**

Nel 1992 è stato istituito il Global Climate Observing System (GCOS) per coordinare il monitoraggio sistematico del clima a livello globale, come richiesto dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). L'obiettivo del GCOS è garantire che le necessarie osservazioni e informazioni climatiche siano rilevate in modo

sistematico e messe a disposizione di tutti i potenziali utenti. Uno dei compiti strategici del GCOS è la definizione di un elenco di variabili climatiche essenziali (essential climate variables, ECV). L'elenco delle ECV comprende variabili atmosferiche, oceaniche e terrestri, che contribuiscono in modo decisivo a caratterizzare il sistema climatico della Terra.

## La misurazione del clima si basa su 50 variabili climatiche (ECV).



### Come si misurano le ECV?

Il coordinamento dell'osservazione sistematica in Svizzera è di competenza dello Swiss GCOS Office, con sede presso l'Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera. La misurazione delle 33 variabili climatiche monitorate sistematicamente e la gestione dei centri di dati e di calibrazione internazionali è affidata a 28 istituzioni svizzere e si basa su molteplici metodi, implementati costantemente grazie ai progressi tecnici. Per motivi di spazio illustriamo questa serie di servizi tecnico-organizzativi con un unico esempio:



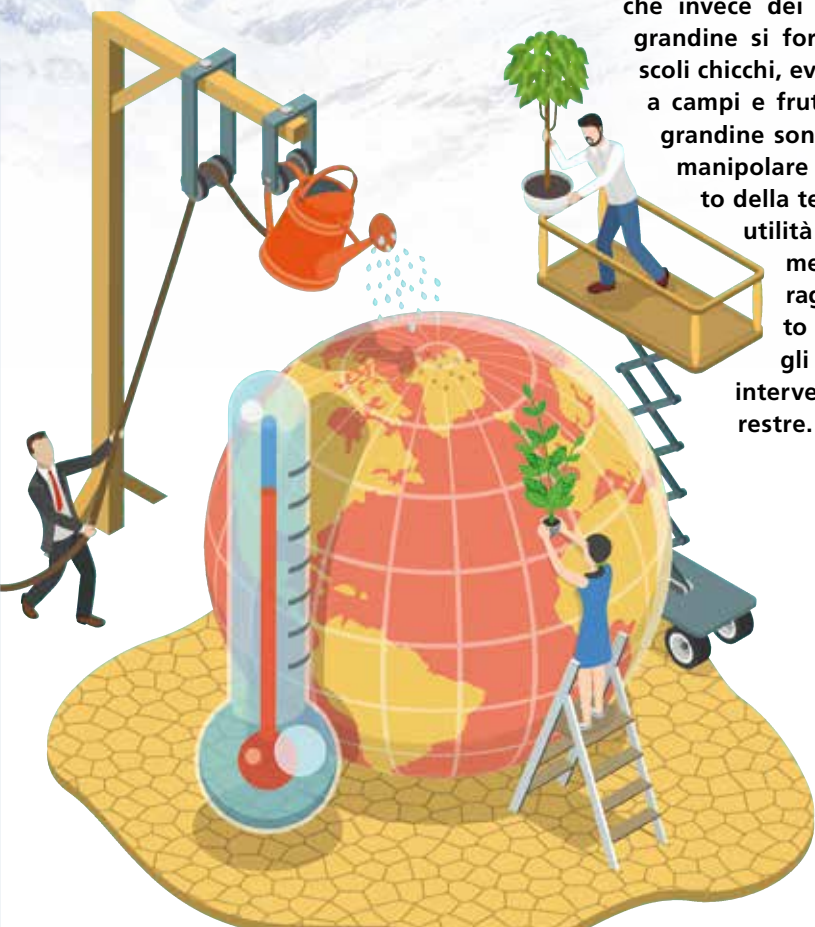
Il GCOS ha definito oltre 50 ECV. In Svizzera ne vengono misurate 33.

<http://bit.ly/monitoraggioclima>



# Come possiamo salvare il clima?

Quando d'estate si ammassano scure nubi temporalesche, a volte nelle zone rurali vengono sparati in cielo razzi antigrandine carichi a ioduro d'argento. I minuscoli cristalli salini, legandosi alle goccioline d'acqua delle nuvole, dovrebbero fare sì che invece dei grossi chicchi di grandine si formino solo minuscoli chicchi, evitando così danni a campi e frutteti. I razzi anti-grandine sono un tentativo di manipolare il clima con l'aiuto della tecnologia. La loro utilità è dubbia. Decisamente più ad ampio raggio e ancora molto controversi sono gli approcci volti a intervenire sul clima terrestre.



Intervenire sul clima con strumenti tecnologici viene definito ingegneria climatica (climate engineering). Esistono sostanzialmente due scuole di pensiero per affrontare il nodo del riscaldamento globale. Una mira a raffreddare la Terra diminuendo l'irraggiamento solare. Nell'altra, la rimozione del biossido di carbonio (carbon dioxide removal), si tenta di filtrare l'anidride carbonica dall'aria e di immagazzinarla in maniera permanente. Entrambi gli approcci sono ancora agli inizi.

## Idee di ingegneria climatica

### Un velo freddo

Senza il Sole la Terra diventerebbe un pezzo di ghiaccio senza più forme di vita. Ma, per una Terra al momento fortemente riscaldata, sarebbe sufficiente un Sole più debole. La cosiddetta «gestione della radiazione solare» (radiation management) punta a dirigere una parte dell'irraggiamento solare verso lo spazio. Esattamente come è successo nel 1991 dopo l'eruzione del vulcano Pinatubo, quando le particelle di zolfo all'interno della nube di polvere oscurarono il cielo abbassando la temperatura media globale di 0,5 gradi centigradi. Lo stesso risultato si potrebbe ottenere attraverso particelle metalliche riflettenti posizionate in maniera mirata nella stratosfera. Anche nuvole artificiali a base di vapore di acqua salata, o vele solari riflettenti tese nello spazio, potrebbero intercettare i raggi del Sole.

### Cacciatori di CO<sub>2</sub>

È della concentrazione del gas serra biossido di carbonio nell'atmosfera, uno dei principali responsabili del cambiamento climatico, che si occupano gli altri metodi di ingegneria climatica. Che propongono ad esempio di filtrare la CO<sub>2</sub> dall'aria con l'ausilio di alberi artificiali, immagazzinandola poi in massima sicurezza sottoterra o negli abissi marini. Oppure di concimare gli oceani con il ferro per favorire la crescita di alghe in grado di legare l'anidride carbonica attraverso la fotosintesi.

I critici guardano con scetticismo a entrambi gli orientamenti e mettono in guardia dall'intervenire in un sistema così complesso e ancora poco conosciuto come il clima. Perché ciò potrebbe innescare effetti imprevedibili e sconvolgere ad esempio la distribuzione delle precipitazioni o la circolazione planetaria dei venti, con conseguenze fatali. I politici temono che le nazioni più potenti modifichino il clima a loro favore, a svantaggio dei Paesi più deboli. Secondo le organizzazioni di protezione della natura le soluzioni tecnologiche invoglierebbero l'uomo a trascurare la salvaguardia del clima. Per i fautori del controllo climatico invece non ci sono alternative: attualmente sembra impossibile raggiungere gli obiettivi climatici senza ricorrere alla tecnologia.

# Scelta degli studi e del lavoro

**Nel tempo libero amo fare escursionismo e ho molto a cuore la questione del ritiro dei ghiacciai. Il clima e la montagna, però, non sono i miei unici interessi: mi attraggono anche i progressi della tecnologia e i programmi di simulazione. Mi piacerebbe conciliare le mie passioni e i miei interessi con la mia futura professione. Quali sono le possibilità di formazione nelle università Svizzere?** (Iris, 17 anni)

Cara Iris, i temi che ti interessano trovano riscontro in una buona varietà di formazioni. Infatti, in Svizzera hai diverse possibilità di studio sia da un punto di vista geografico, geologico, climatico sia da uno più computazionale.

Per esempio, se consideriamo la geografia in generale, le Università di Basilea, Berna, Friburgo (bilingue) e Zurigo, per la Svizzera tedesca e le Università di Ginevra, Losanna e Neuchâtel per la Romandia offrono cicli di studi completi in scienze della terra e geografia. Se ti incuriosisce lo sviluppo di applicazioni della tecnologia per risolvere importanti questioni ambientali, i politecnici di Zurigo e Losanna

offrono studi di scienze ambientali e ingegneria ambientale. Dato il tuo interesse per il ritiro dei ghiacciai ti potrebbe interessare sapere che l'ETHZ e l'Università di Berna offrono un ciclo di studi completo con accento su clima, geologia e geofisica. Inoltre, a livello Master puoi



Laura Braga, Servizio documentazione, Ufficio dell'orientamento scolastico e professionale, Bellinzona

studiare in modo approfondito la glaciologia in diverse scuole universitarie. A proposito di programmi di simulazione hai la possibilità di studiare scienze computazionali in molte università svizzere, Ticino compreso. In alcune di esse è possibile abbinare il ciclo di studio appena citato alle scienze naturali. Questo tipo di accostamento ti permetterebbe di completare la formazione includendo tutti i tuoi interessi.

Se al termine di un ciclo completo di studi nell'ambito della geografia, della geologia e/o della climatologia vuoi specializzarti in meteorologia, MeteoSvizzera offre una formazione specialistica di un anno in parallelo alla professione. Tenendo in considerazione la tua sensibilità verso il ritiro dei ghiacciai, potresti per esempio collaborare con l'Istituto svizzero per lo studio della neve e delle valanghe a Davos.



## Link utili

Informazioni sulle formazioni citate: [www.orientamento.ch/studi](http://www.orientamento.ch/studi) | [www.iac.ethz.ch](http://www.iac.ethz.ch)  
[www.mcr.unibas.ch](http://www.mcr.unibas.ch) | [www.climate.unibe.ch](http://www.climate.unibe.ch) | [www.studies.unifr.ch](http://www.studies.unifr.ch) | [www.unige.ch/sciences/terre](http://www.unige.ch/sciences/terre) | [www.unil.ch/gse](http://www.unil.ch/gse) | [www.unine.ch/geographie](http://www.unine.ch/geographie) | [www.meteosvizzera.ch](http://www.meteosvizzera.ch)

Informazioni sulla professione di meteorolog/a:

[www.orientamento.ch/ricerca-professioni](http://www.orientamento.ch/ricerca-professioni) > «Meteorologo/a»

Inoltre, all'Infocentro dell'Ufficio dell'orientamento scolastico e professionale di Bellinzona potrai reperire materiale informativo utile e aggiornato: [www.ti.ch/orientamento](http://www.ti.ch/orientamento)

## Colophon

SATW Technoscope 01/21 | Gennaio 2021 | [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Idea e redazione: Ester Elices | Collaboratori di redazione: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis

Grafica: Andy Braun | Foto: Adobe Stock, Jungfrau.ch, Hilaire Dumoulin, Collection Médiathèque Valais,

Martigny, Collection Archives de la Commune de Bagnes | Foto di copertina: Adobe Stock |

Traduzione: Ars Linguae | Stampa: Egger AG

## Abbonamento gratuito e ordini supplementari

SATW | St. Annagasse 18 | CH-8001 Zurigo | [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11

Technoscope 2/21 uscirà nel aprile 2021 sul tema «Tecnologia biomedica»

**satw** it's all about  
technology

Hai domande o suggerimenti per  
il team Technoscope?  
Scrivici! [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch)

100-1000 gigatonnellate di CO<sub>2</sub> sono le emissioni che secondo il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico dovranno venire eliminate dall'aria nel XXI secolo per non superare la soglia di 1,5°C di riscaldamento globale nel 2100.  
In Svizzera le tecnologie informatiche e di comunicazione sono potenzialmente in grado di evitare fino a 3,37 volte più emissioni di gas serra nel 2025 di quante ne producano esse stesse.  
Dal 1808 la data di spiegamento delle foglie di ipocastano rilevata a Ginevra fornisce preziosi dati climatici.  
È quasi pari al 75% la quota di energia elettrica ad uso domestico generata nel 2019. Nel 2014 era del 54%.  
Il 62% di 6.000 famiglie tedesche a maggio-giugno 2020 ha dichiarato che gli investimenti pubblici dovrebbero realizzare solo se contribuiscono alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.