

## Le glaciazioni

### Conoscenze per il futuro

Le glaciazioni, periodi di clima freddo che vedono una grande espansione dei ghiacciai su tutto il pianeta, e, in particolare, la **formazione di grandi calotte**, sono molto ben studiate e conosciute per quanto riguarda il periodo più recente, il Quaternario. Tutta la storia della Terra è costellata da **oscillazioni climatiche**, con alternanza di periodi caldi e freddi e di episodi di avanzata e ritiro dei ghiacciai. Lo studio di antichissimi depositi glaciali in Nord America, Africa, Australia ha permesso di ritrovare le tracce della più antica glaciazione, vecchia di più di 2 miliardi di anni. Depositati glaciali molto antichi sono stati ritrovati sempre in Africa e in Australia e risalgono a 900, 750 e 600 milioni di anni fa, a testimonianza di altrettante glaciazioni: l'estensione e le durate, però, non sono note con precisione, poichè depositi così antichi si conservano soltanto in piccoli lembi discontinui e non permettono ricostruzioni su più vasta scala.

Altre glaciazioni si sono avute nell'Ordoviciano Superiore, 450 milioni di anni fa, con ritrovamenti di depositi glaciali e rocce montonate nel deserto del **Sahara**, dove doveva esistere una vasta calotta, di dimensioni doppie rispetto all'Antartide attuale, e al passaggio Permiano- Carbonifero, circa 300 milioni di anni fa, con depositi glaciali che in **Sudafrica** raggiungo i 900 m di spessore, a testimonianza di una grande calotta che copriva, oltre all'**Antartide**, **l'Africa meridionale**, il **Madagascar**, gran parte dell'**India** e dell'**Australia** (naturalmente, per lo studio di questi depositi antichi, è necessario tenere presente che la disposizione delle terre emerse era molto diversa dall'attuale, così come era differente la posizione dei poli). Durante il Mesozoico non si sono trovate tracce di glaciazioni, mentre esistono testimonianze di periodi freddi nel Cenozoico, tra 65 e 22 milioni di anni fa. La calotta antartica iniziò a formarsi circa 15 milioni di anni fa, raggiungendo la sua massima espansione, più estesa dell'attuale, tra i 7 e i 4,4 milioni di anni fa. La **calotta glaciale artica** iniziò invece a formarsi soltanto 2,6 milioni di anni fa, data d'inizio dell'ultima "era glaciale", spesso chiamata "quaternaria", ma che inizia, in realtà, nel Pliocene, e continua per buona parte del Quaternario (che inizia 1,8 milioni di anni fa).

### Il Quaternario

Il Quaternario è diviso in due periodi. Il **Pleistocene**, caratterizzato da numerose glaciazioni, termina 10.000 anni fa, con la fine dell'ultima glaciazione: ogni glaciazione è separata dalla precedente e dalla successiva da periodi caldi detti interglaciali, con clima simile a quello attuale, o anche più caldo. Nel periodo successivo, l'**Olocene**, pur avendosi alternanze di periodi più caldi e più freddi, non si hanno glaciazioni vere e proprie, a scala mondiale, ma soltanto piccoli episodi di avanzate e ritiro dei ghiacciai alle alte latitudini e in alta montagna.

In passato si distinguevano **4 glaciazioni quaternarie**, denominate, dalla più antica, Gunz, Mindel, Riss e Würm, dai nomi di località dove vennero riconosciute e studiate per la prima volta, tuttavia ora ci si è resi conto che gli episodi glaciali sono stati molti di più, con grandi differenze nel numero delle fasi e nella superficie occupata nei diversi luoghi della Terra. Per esempio, **nelle Alpi**, nell'anfiteatro del Lago di Como- Lago Maggiore sono stati riconosciuti almeno 13 episodi di avanzata e ritiro, in luogo dei 4 tradizionali.

L'ultima glaciazione inizia circa 75.000 anni fa, dopo un lungo periodo interglaciale caldo, e raggiunge la sua massima espansione tra i 30.000 e i 18.000 anni fa, coprendo circa il 30% delle terre emerse: la calotta laurenziana copriva buona parte del **Nord America**, e una vasta calotta copriva anche **l'Europa del Nord**, mentre i ghiacciai alpini si spingevano a Sud fino ad occupare parte della pianura padana. Sulle **Alpi**, il ritiro inizia 14.000-15.000 anni fa: lo studio dei cordoni morenici permette di ricostruire le fasi di ritiro, e mostra che non si è trattato di un ritiro regolare e progressivo, ma si sono avute molte piccole avanzate e successivi ritiri, le cosiddette pulsazioni tardiglaciali.

All'inizio dell'Olocene si ha un periodo di **oscillazioni climatiche**, seguito, intorno agli 8.000 anni fa, da un periodo caldo detto optimum climatico, con i ghiacciai molto più ridotti di quelli attuali: è il periodo a cui risale, per esempio, la mummia dell'uomo di Similaun, a testimonianza del fatto che a quell'epoca molti valichi alpini erano transitabile e frequentati.

Vari studi hanno permesso di ricostruire, per le Alpi italiane, una serie di eventi, con avanzate locali tra il 1300 e il 1400 a.C e il 900-300 a.C, seguite da un periodo caldo tra il 400 e il 750 d.C, che coincide con l'espansione dell'Impero

Romano, a cui segue poi una breve avanzata medioevale tra il 1150 e il 1350 d.C e quella che viene chiamata la **Piccola Età Glaciale**, o PEG, tra il 1550 e il 1860, la massima avanzata glaciale dopo la fine delle glaciazioni pleistoceniche. Molte delle grandi morene visibili in prossimità dei ghiacciai attuali risalgono proprio alla Piccola Età Glaciale (come per esempio quelle del ghiacciaio del Morteratsch, in Engadina, Svizzera, alte più di 40 m).

**L'espansione della PEG** è testimoniata anche da numerose riproduzioni, dipinti e, più recentemente, fotografie, di grandissimo valore storico. Testimonianze del grande ritiro alla fine della PEG sono numerosi manufatti, inizialmente costruiti in prossimità delle fronti e ora molto lontani da queste, come l'Albergo dei Forni, che attualmente dista più di 2 km dalla fronte vicino alla quale fu costruito. Il ritiro è stato anche accompagnato da una forte riduzione di spessore del ghiaccio, come testimoniano trincee della Prima Guerra Mondiale e rifugi alpini, che a volte sono rimasti "sospesi" di parecchie decine di metri sopra la superficie dei ghiacciai, come il Rifugio Konkordia sul Ghiacciaio dell'Aletsch, nel Gruppo della Jungfrau, ora raggiungibile risalendo di 100 m lungo una parete di roccia. Anche il Ghiacciaio dell'Aletsch si è ritirato di circa 3 km dal 1860, data in cui si pone il termine della PEG. **Piccole pulsazioni** si ebbero negli anni successivi, tra il 1880-1890, nel 1920 e, più recentemente, tra il 1960 e il 1980, a seguito di un periodo con temperature più basse tra gli anni '50 e '70. Attualmente, tutti i ghiacciai alpini risultano invece in regresso e con bilanci di massa negativi.

**Negli ultimi anni**, l'unico anno con bilancio positivo è stato l'anno 2000-2001, che ha visto abbondanti nevicate invernali e primaverili, ma a questo non ha fatto seguito, per ora, alcuna oscillazione positiva. Lo studio delle oscillazioni climatiche e delle avanzate e ritiri dei ghiacciai del passato ci permette di meglio comprendere i meccanismi che regolano l'esistenza e "lo stato di salute" dei ghiacciai attuali, e ci si rende conto che i ghiacciai sono indicatori sensibili delle variazioni del clima, in particolare della temperatura e delle precipitazioni.

## Oceani di ghiaccio

Quando, nel corso di una glaciazione, grandi quantità di acqua vengono intrappolate nelle calotte e nei ghiacci continentali, gli oceani e i mari vengono impoveriti di importanti quantità di acqua. Questo ha provocato, nel corso di ogni glaciazione, un abbassamento generalizzato del **livello dei mari** su tutto il pianeta. Durante l'ultima glaciazione, per esempio, il livello del mare si è abbassato di circa 110 m rispetto all'attuale. Molte terre ora sommerse risultavano quindi emerse. Per esempio, un ponte di terra univa l'Alaska e la Siberia, e quello che ora è il porto di New York si trovava a 160 km dalla costa. Anche le coste dell'Italia dovevano avere un aspetto molto diverso, in particolare lungo le sponde dell'Adriatico, dove i bassi fondali aumentavano l'estensione delle terre emerse. Con il fondersi dei ghiacci continentali al termine dell'ultima glaciazione, il livello dei mari e degli oceani è nuovamente risalito ai livelli precedenti l'espansione dei ghiacci. Queste **oscillazioni delle linee di costa e dei livelli dei mari** sono ricostruite studiando le morfologie delle coste: per esempio, antiche spiagge al di sopra dell'attuale livello marino testimoniano livelli più alti di quello odierno. Informazioni molto preziose vengono dallo studio delle grotte marine, che si trovano numerose in tutto il Mediterraneo: al loro interno, a profondità anche di 100 m, si trovano forme tipicamente "terrestri", come le concrezioni, la cui analisi isotopica e datazione permette di ricostruire le variazioni di temperatura del passato, variazioni che mostrano una sorprendente coincidenza con quanto ricostruito dallo studio delle carote di ghiaccio.

## Perché le glaciazioni

E' ancora acceso il dibattito circa le cause delle glaciazioni. Molti sono i fattori e i processi che le determinano, nessuno di questi probabilmente agisce da solo, ma i più importanti episodi di glaciazione sono sicuramente il risultato della somma di diverse cause. Tra i vari "imputati", si può suddividere tra fattori "terrestri" e **fattori astronomici**, esterni al pianeta. Tra questi ultimi, un ruolo importante giocano le variazioni dell'orbita terrestre intorno al Sole, secondo la ben nota teoria di Milankovic. Tra i **fattori terrestri**, sicuramente la distribuzione delle terre emerse è il fattore più importante: la forma e la disposizione dei continenti, infatti, influenzano le correnti marine e la circolazione delle masse d'aria, a loro volta responsabili degli scambi del calore su tutto il pianeta. La tettonica delle placche, quindi, esercita un ruolo importantissimo nell'innescare modificazioni climatiche. Le glaciazioni quaternarie, in particolare, secondo le più recenti teorie sarebbero state innescate dalla separazione dei continenti, in particolare dal distacco dell'Antartide, e dalla

conseguente stabilizzazione della corrente circumantartica, che impedisce scambi di calore con le più calde zone equatoriali e tropicali.

## Una previsione possibile?

Poichè le glaciazioni dipendono, tra le altre cose, dai cambiamenti ciclici dell'orbita terrestre intorno al Sole, il nostro pianeta starebbe per entrare, stando ai dati astronomici, in un periodo freddo. Una parte degli "addetti ai lavori" propende quindi per una previsione che vede l'avanzare di una nuova era glaciale, con i ghiacci che ritornano a coprire territori già occupati 20.000 anni fa (compresi il Central Park a New York e parte della Pianura Padana fino alle porte di Milano). A questa tendenza "naturale" si oppone, però, una tendenza al progressivo riscaldamento dell'atmosfera terrestre per un aumento dei gas serra in gran parte dovuto alle attività umane. Se, da una parte, l'aumento della copertura nuvolosa conseguente alla maggior evaporazione dovuta al riscaldamento impedisce alla Terra di disperdere calore, favorendo un ulteriore riscaldamento, la stessa coltre di nubi può fare da schermo alla radiazione solare, riducendo la quantità che raggiunge la superficie. Anche l'emissione di grandi quantità di polveri e ceneri vulcaniche potrebbe agire da schermo alla radiazione solare, favorendo un raffreddamento dell'atmosfera: un aumento dell'attività vulcanica potrebbe mitigare, o addirittura annullare l'effetto serra. I fattori in gioco sono molti, e costruire un modello di previsione che tenga conto di tutte le interazioni tra fattori contrastanti è praticamente impossibile.

Quando i fenomeni meteorologici ci toccano da vicino, siamo ovviamente portati a darvi grande risalto, ma non bisogna dimenticare che se alla scala della vita umana un anno o un decennio possono sembrare un lungo periodo, alla scala della vita della Terra, vecchia di 4,6 miliardi di anni, sono meno di un istante. Tra la metà degli anni '60 e l'inizio degli anni '80, a seguito di alcuni anni particolarmente freschi e nevosi, i ghiacciai di buona parte del mondo registrarono una piccola avanzata, avvalorando l'ipotesi di un'imminente glaciazione. Attualmente, l'allarme generato dal progressivo aumento delle temperature e il concomitante progressivo ritiro dei ghiacciai di tutto il mondo fa temere una rapida fusione pressochè totale di tutto il ghiaccio terrestre... Il disaccordo tra i più autorevoli scienziati, insieme all'oggettiva difficoltà di costruire validi modelli di previsione, rende difficile ipotizzare cosa ci attende per il futuro: l'allarmismo, a volte fuorviante, di certe teorie dovrebbe essere abbandonato, a favore di una seria ricerca, che avvalori le diverse teorie con dati raccolti sul campo, servendosi anche delle ricostruzioni degli eventi del passato, per costruire modelli, ma anche per servircene come salutari "lezioni". Un anno particolarmente caldo, o un inverno particolarmente ricco di neve non sono certo sufficienti per parlare di riscaldamento globale o di glaciazioni in arrivo: la cosa importante è invece monitorare il nostro pianeta e vivere nel maggior rispetto possibile degli equilibri naturali.