

*rapporto*  
*sul*  
*clima*

*Alto Adige*



# *rappporto* *sul* *clima*



## *Autori*

*Marc Zebisch  
Ulrike Tappeiner  
Marianna Elmi  
Christian Hoffmann  
Georg Niedrist  
Lydia Pedoth  
Sylvia Pinzger  
Alberto Pistocchi  
Erich Tasser*

# indice

## 06 introduzione

08 — Riassunto

## 10 cambiamenti climatici

13 — I cambiamenti climatici globali: numeri e cause  
15 — Sviluppi futuri  
15 — Le Alpi e l'Alto Adige  
19 — Infobox: Il clima in Alto Adige  
20 — Infobox: Telerilevamento

## 22 impatti dei cambiamenti climatici

25 — Impatti dei cambiamenti climatici sull'ambiente e sulla società  
28 — Impatti diretti  
32 — Pericoli naturali  
32 — Biodiversità  
35 — Cambiamenti climatici e società – Vulnerabilità, adattamento, tutela  
37 — Infobox: Bolzano – verso una città CO<sub>2</sub> neutrale

## 38 gestione delle risorse idriche

41 — Situazione generale  
42 — Vulnerabilità al clima e alle condizioni meteorologiche  
42 — Sviluppi futuri e possibili impatti  
44 — Misure di adattamento  
45 — Infobox: Etsch-Dialog

## 46 agricoltura

49 — Situazione generale  
49 — Possibili impatti  
52 — Misure di adattamento  
53 — Infobox: Cambiamenti climatici in val Mazzia

## 54 foreste

57 — Situazione generale  
57 — Possibili impatti  
59 — Misure di adattamento

## 60 pericoli naturali

63 — Situazione generale  
65 — Impatti dei cambiamenti climatici  
66 — Misure di adattamento

## 68 turismo

71 — Situazione generale  
72 — Possibili impatti  
73 — Strategie di adattamento per il turismo invernale  
73 — Strategie di adattamento per il turismo estivo e nelle stagioni intermedie  
74 — Le preferenze dei turisti  
75 — Riepilogo e considerazioni finali  
79 — Infobox: Turismo e cambiamenti climatici: quali interrelazioni?

## 80 salute

83 — Stress da calore  
84 — Gruppi di popolazione particolarmente vulnerabili  
85 — Misure di adattamento  
86 — Malattie trasmesse da insetti vettori  
86 — Mutate condizioni ambientali  
86 — Conclusioni

## 88 adattamento

91 — Cosa è l'adattamento  
91 — I principi dell'adattamento  
91 — Diverse tipologie delle misure di adattamento  
92 — Ostacoli  
92 — Adattamento in Alto Adige  
96 — Verso una strategia di adattamento  
96 — Conclusioni  
97 — Infobox: Strategie di adattamento a livello nazionale e internazionale

## 98 conclusioni

100 — Sensibilità  
100 — Possibili impatti  
101 — Adattamento  
101 — Vulnerabilità

## 102 bibliografia

# introduction

Le conseguenze dei cambiamenti climatici sono già percepibili anche in Alto Adige. A Bolzano la temperatura media è aumentata di circa 1,5 gradi centigradi negli ultimi trent'anni. Ondate di calore eccezionale e siccità come nell'estate del 2003 si fanno più frequenti. La vendemmia e la raccolta delle mele sono sempre più anticipate e le colture si sono spinte a quote più alte. Inoltre dobbiamo attrezzarci per fronteggiare sempre più eventi estremi, come alluvioni o frane quali conseguenze di intense piogge, ad esempio quella verificatasi il 4 settembre 2009.

Quale impatto avranno i cambiamenti climatici in Alto Adige? Gli scienziati possono davvero prevedere il futuro? È possibile adeguarsi già oggi ai cambiamenti climatici? Potrebbe succedere addirittura che l'Alto Adige traggia profitto da queste mutazioni? Queste sono le domande alle quali cerca di dare una risposta il presente rapporto. Un rapporto che raccoglie i risultati prodotti tra il 2009 e il 2011 nell'ambito del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige – quanto siamo sensibili?", promosso dalla Provincia autonoma di Bolzano nell'ambito della legge sulla ricerca e l'innovazione del 2006. Hanno contribuito alla realizzazione del progetto quattro istituti dell'EURAC: l'Istituto per il Telerilevamento Applicato, l'Istituto per l'Ambiente Alpino, l'Istituto per lo Sviluppo Regionale e il Management del Territorio e l'Istituto per il Management Pubblico. A integrazione delle ricerche sono state svolte numerose interviste con esperti e sono stati organizzati due seminari con rappresentanti di varie ripartizioni provinciali, associazioni e imprenditorii.

Questo rapporto sul clima coniuga la ricerca e la pratica finora sperimentate in Alto Adige e può forse fungere da punto di partenza per lo sviluppo comune di strategie trasversali di adattamento ai cambiamenti climatici. Il Rapporto sul clima si occupa esclusivamente degli impatti dei cambiamenti climatici, senza concentrarsi in dettaglio sulla riduzione delle emissioni di gas serra, che rimane tuttora il mezzo più efficace per una tutela del clima in grado di durare nel tempo.

Oltre alla redazione di questo rapporto, nell'ambito del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige" è stata svolta una ricerca interdisciplinare nei settori del telerilevamento, della eco-idrologia e del turismo. Ecco un elenco di alcune attività svolte.

- Sono state installate stazioni climatiche a varie quote in val Venosta e sono state trasferite porzioni di prato a una altitudine inferiore per studiare la reazione degli ecosistemi a temperature più alte.
- Attraverso immagini satellitari è stato possibile ricostruire le variazioni della copertura nevosa negli ultimi dieci anni in Alto Adige e sull'intero arco alpino, ponendole in relazione con le condizioni climatiche e meteorologiche.
- È stata svolta una serie di interviste con circa 400 turisti.

I risultati di questa ricerca vengono presentati in dettaglio nei prossimi capitoli. Le analisi complete sono disponibili anche in forma di documentazione scientifica.

**Per ulteriori informazioni:** <http://www.eurac.edu/it/research/transversaltopics/cambiamentoclimatici/default.html>

Gli autori del rapporto riservano un sentito ringraziamento alla Provincia autonoma di Bolzano per il sostegno economico al progetto e per la preziosa messa a disposizione di dati e informazioni. In modo particolare si ringraziano i rappresentanti degli Uffici coinvolti, le associazioni di categoria e gli esperti che hanno contribuito al progetto con interviste, la partecipazione ai seminari e commenti diretti. Solo grazie a queste collaborazioni è stato possibile realizzare questo rapporto.

**Il gruppo di lavoro del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige"**

Il progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige – quanto siamo sensibili?" è finanziato da:



## Riassunto

### cambiamenti climatici e impatti

I cambiamenti climatici sono una realtà anche in Alto Adige e in futuro avranno conseguenze alle quali è opportuno prepararsi e adeguarsi per tempo. I ricercatori dell'EURAC hanno calcolato sulla base di diversi scenari che la temperatura annuale media aumenterà in Alto Adige entro il 2050 di 1,2-2,7 gradi centigradi. Questo significa che il clima sarà in generale più secco e le precipitazioni invernali assumeranno sempre più spesso carattere piovoso, a scapito delle nevicate. La neve, riserva naturale di acqua, sarà sempre meno abbondante. Ugualmente negativa è la previsione che riguarda i ghiacciai.

Per l'ambiente e per l'uomo questi cambiamenti significano principalmente meno disponibilità di risorse idriche e clima più caldo. Inoltre si verificheranno sempre più spesso eventi climatici estremi: precipitazioni intense, temporali, ondate di calore.

Questi scenari hanno ripercussioni dirette e indirette su vari settori quali l'agricoltura, la selvicoltura, la gestione delle acque, la pianificazione ambientale (pericoli naturali), la salute e il turismo. In questo rapporto si analizza l'impatto dei cambiamenti climatici su questi settori e si suggeriscono possibili strategie di adattamento.

### gestione delle risorse idriche

In generale l'Alto Adige dispone di sufficienti risorse idriche. Tuttavia in futuro potrebbero verificarsi, a livello localizzato e per periodi circoscritti, episodi di scarsità. Ad esempio quando le esigenze di più settori si sovrappongono, come nel caso dell'acqua contesa tra produttori di energia idroelettrica e agricoltori, quando si presenta una estate particolarmente secca o in regioni che da sempre soffrono di scarse precipitazioni – principalmente nel settore occidentale dell'Alto Adige.

In ogni caso sono da mettere in conto misure di reazione: la disponibilità di acqua è destinata a diminuire, mentre il fabbisogno di risorse idriche è destinato ad aumentare.

Il management delle acque, che interessa trasversalmente vari settori, rivestirà in futuro un ruolo sempre più importante. Lo stesso dicasi per le misure di risparmio: il consumo, ad esempio, potrà essere ridotto attraverso l'introduzione di impianti di irrigazione a goccia nei frutteti. Campagne di informazione per invitare a limitare l'uso di acqua potrebbero pure essere iniziative importanti.

### agricoltura

Di norma l'agricoltura in Alto Adige ben si adatta alle nuove condizioni climatiche grazie a un processo di selezione delle colture. In futuro potrebbero verificarsi problemi per le colture intensive che già oggi necessitano di irrigazione artificiale. Il riscaldamento provoca la maturazione anticipata di frutta e uva e potrebbe interferire con la qualità dei raccolti. Inoltre gli esperti denunciano il rischio di maggiori disagi dovuti a parassiti. Tra le strategie di adattamento si contano sistemi di irrigazione efficienti, la selezione oculata delle qualità da coltivare e una più intensa ricerca nell'ambito della protezione delle piante. Si dovrrebbe anche allestire una banca dati che tenga traccia dei danni provocati in agricoltura dai cambiamenti climatici.

### foreste

I boschi dell'Alto Adige possono adattarsi alle nuove condizioni climatiche; i tempi di reazione sono tuttavia più lenti rispetto a quelli dell'agricoltura. Il clima più secco renderà i boschi più suscettibili all'attacco dei parassiti e aumenterà il rischio di incendi. Del resto, il riscaldamento delle temperature e l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera favoriranno una maggiore crescita dei boschi. Sul lungo periodo gli eventi climatici estremi quali le forti tempeste causeranno più danni dei cambiamenti climatici "regolari".

In selvicoltura la migliore strategia di adattamento consiste nella scelta di piante adeguate alle condizioni; in questo caso sarebbe meglio favorire, rispetto all'abete rosso, le latifoglie, più resistenti al clima secco. Poiché i boschi cresceranno più in fretta, bisognerà garantire un ricambio per mantenerli giovani. Inoltre si dovranno predisporre infrastrutture che permettano di intervenire tempestivamente in caso di eventi climatici estremi.

### pericoli naturali

L'Alto Adige ha imparato nel corso del tempo a reagire ai pericoli naturali e il suo equipaggiamento tecnico si è affinato. Lo spazio che si può considerare sicuro per gli insediamenti umani è tuttavia limitato e l'uomo occupa sempre più spazi al di fuori di esso. Le infrastrutture e gli insediamenti produttivi si spingono sempre più verso aree potenzialmente a rischio che possono essere messe in sicurezza solo a costo di misure impegnative. I pericoli naturali sono spesso conseguenza di condizioni climatiche e meteorologiche estreme: ad esempio precipitazioni intense possono causare alluvioni o frane. A differenza dei cambiamenti climatici

che si stimano attraverso parametri misurabili (ad esempio: aumento delle temperature, riduzione delle precipitazioni), gli eventi climatici estremi non si possono rappresentare in modelli: esprimere previsioni precise è dunque molto difficile. Si assume che siano collegati ai cambiamenti climatici. Il disgelo del permafrost causerà un aumento dei distacchi in alta montagna. Strade, infrastrutture turistiche come gli impianti di risalita e gli stessi insediamenti umani saranno sempre più minacciati.

Il grado di adattamento dell'Alto Adige è per la verità già oggi molto alto. Basti pensare alle varie misure a barriera dei pericoli. In futuro si dovrà intensificare l'impegno sul fronte del management del rischio, della comunicazione del rischio, del monitoraggio e dell'allerta preventiva. In modo particolare, i cambiamenti climatici dovrebbero essere menzionati esplicitamente nei piani urbanistici.

### turismo

Il turismo è un settore di importanza primaria per l'Alto Adige, un settore che in futuro potrebbe essere colpito dalle conseguenze dei cambiamenti climatici. In inverno le precipitazioni nevose diminuiranno, mentre aumenteranno le piogge. Questo avrà un effetto molto visibile specialmente nei comprensori sciistici. Per contro le destinazioni alpine potrebbero veder aumentata la propria attrattività in estate quando alcuni agglomerati urbani, in modo particolare quelli di origine dei turisti, soffriranno di ondate di calore sempre più intense.

Per mantenere l'offerta di sport invernali occorrerà investire ulteriormente in impianti di innnevamento artificiale: sarà necessario, in questo caso, valutare accuratamente la sostenibilità economica e ambientale a lungo termine, considerando anche un eventuale aumento dello sfruttamento delle risorse idriche per altri settori. In ogni caso, una strategia efficace dovrà provvedere a potenziare l'offerta tramite lo sviluppo di attività alternative allo sci e alle attività legate alla neve; ciò soprattutto per le aree sciistiche situate ad altitudini minori.

Come già menzionato, il turismo estivo è meno minacciato dai cambiamenti climatici. In questo caso le strategie di adattamento si intersecano con quelle della protezione civile (barriere antifranze) e con quelle degli attori impegnati della gestione delle risorse idriche (iniziativa per il risparmio di acqua per uso domestico). Per compensare possibili flessioni registrate durante l'alta stagione, gli operatori turistici dovrebbero promuovere le stagioni intermedie, mettendo a punto prodotti nuovi e attrattivi ma allo stesso tempo non dannosi per il clima.

### salute

Lo stress da calore è secondo gli esperti il disagio maggiore causato dai cambiamenti climatici sulla salute dell'uomo. Anziani e malati sono le fasce di popolazione maggiormente colpite. I cambiamenti climatici possono significare indirettamente anche un peggioramento della qualità dell'aria, con conseguenze negative per le malattie delle vie respiratorie e circolatorie. Sono da mettere in conto sempre più spesso invasioni di zecche e zanzare, portatrici di malattie.

La pianificazione urbanistica è uno strumento importante per contrastare lo stress da calore. È fondamentale allestire nelle città delle aree verdi dove potersi rifugiare nei giorni più caldi dell'anno. Sistemi di allerta in caso di ondate di calore, come quello in uso a Bolzano, dovrebbero essere diffusi nelle altre città e comuni della provincia. Le persone devono essere informate circa i comportamenti da tenere in caso di forti ondate di calore. Le conseguenze negative dei cambiamenti climatici sulla salute possono essere contrastate attraverso il monitoraggio, l'informazione e il coinvolgimento della popolazione nei processi di pianificazione.

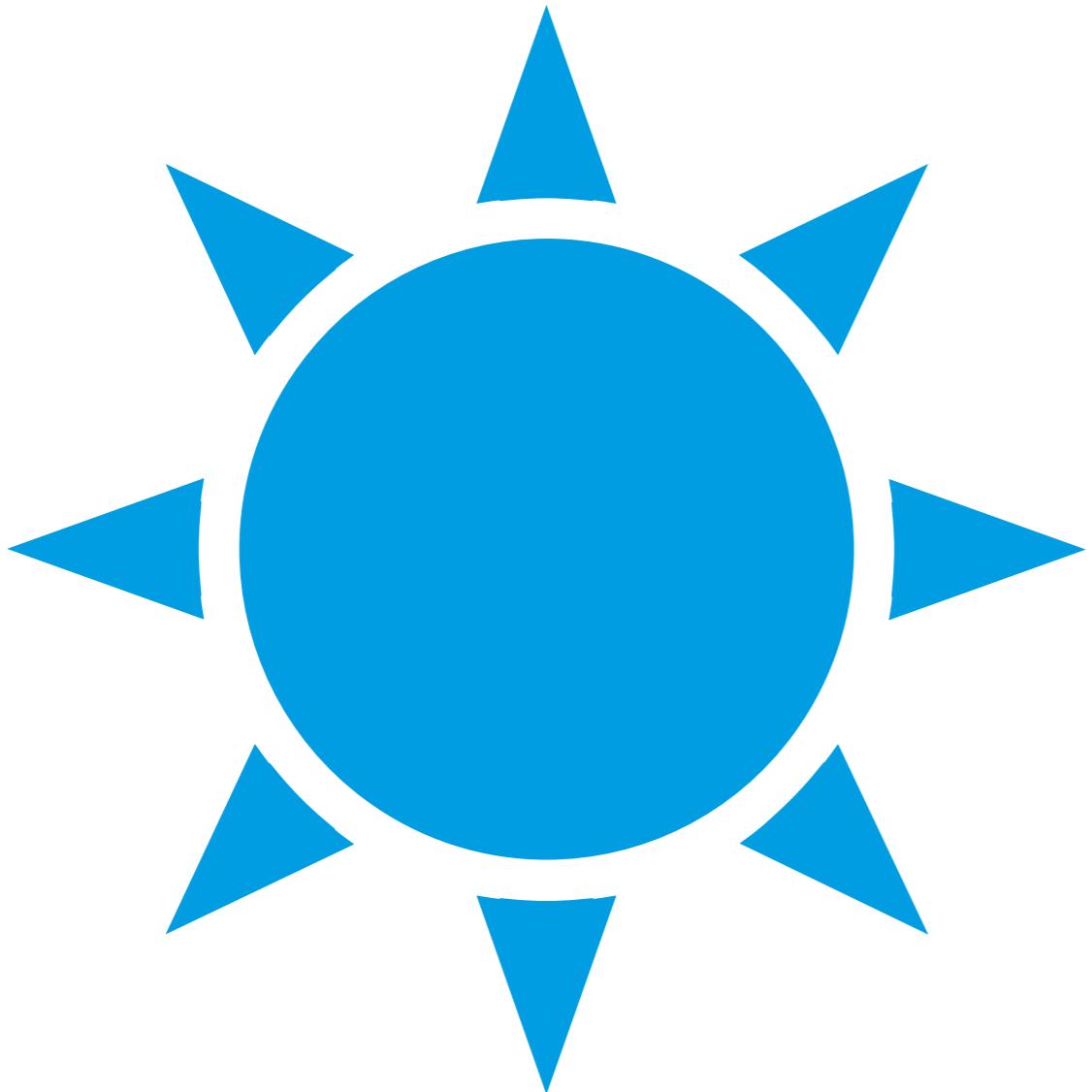
### adattamento

La risposta ai cambiamenti climatici deve essere biunivoca: da una parte adottare misure di tutela del clima, dall'altra intraprendere iniziative per mitigare le ripercussioni inevitabili. In Alto Adige le condizioni per un adattamento efficiente sono ottimali: l'amministrazione pubblica funziona bene, la tecnologia disponibile è di alto livello e lo statuto di autonomia rende possibili azioni rapide e mirate.

Eppure le misure finora pianificate – e in parte intraprese – nei singoli settori non contemplano in modo esplicito la risposta ai cambiamenti climatici. Oggi l'obiettivo dovrebbe essere quello di inserire l'adattamento ai cambiamenti climatici nell'agenda politica e coordinare gli interventi in modo trasversale ai vari settori. Per raggiungere questi traguardi occorre nominare un responsabile, può trattarsi di un ufficio, di una ripartizione oppure di un gruppo di lavoro interdisciplinare. La ricerca scientifica deve fornire un supporto a questo gruppo di lavoro e per questo deve a sua volta essere incentivata, specialmente affinché studi l'impatto dei cambiamenti climatici a livello locale. Fondamentale è l'informazione che deve raggiungere da una parte l'intera popolazione dell'Alto Adige e dall'altra i rappresentanti dei gruppi di interesse e delle istituzioni locali; questi ultimi devono costantemente essere coinvolti nella discussione.

cambia  
menti  
climatici

*Marc Zebisch*



**Nota introduttiva:** alcune delle informazioni proposte in queste pagine sono tratte dalle sintesi del *Quarto rapporto di valutazione del Comitato intergovernativo per i Cambiamenti Climatici (IPCC)* pubblicate nel 2007 e disponibili online anche in lingua italiana.

*Sintesi del Gruppo di lavoro I:* <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/italian/ar4-wg1-spm.pdf>

*Sintesi del Gruppo di lavoro II:* <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/italian/ar4-wg2-spm.pdf>

*Sintesi del Gruppo di lavoro III:* <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/italian/ar4-wg3-spm.pdf>

*Versione pubblicata in un unico documento in lingua inglese:* [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_synthesis\\_report.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm)

## In questo capitolo

**I cambiamenti climatici non sono una speculazione. L'aumento dei gas serra – e di conseguenza delle temperature – è dimostrato dalle misurazioni condotte in ogni parte del globo. La causa principale dei cambiamenti climatici è da ricondurre alle attività umane. I ricercatori possono ipotizzare i potenziali sviluppi futuri grazie all'ausilio di modelli climatici e dei cosiddetti "scenari". Confrontando i vari scenari finora elaborati si calcola un aumento rapido delle temperature compreso tra 1,8 e 4 gradi centigradi entro la fine del secolo. Rispetto ad altre aree del pianeta, le Alpi sembrano essere maggiormente colpite dal fenomeno del riscaldamento. Negli ultimi 100 anni si è registrato un aumento di temperatura di 2 gradi centigradi: il doppio della media europea. I ricercatori dell'EURAC stimano che entro il 2050 la temperatura media annuale in Alto Adige aumenterà da 1,2 fino a 2,7 gradi centigradi. Le precipitazioni invernali assumeranno sempre più spesso carattere piovoso, a scapito delle nevicate. Inoltre si registrerà una maggiore intensità di eventi estremi, come siccità, forti precipitazioni, ondate di calore, forti temporali.**

## I cambiamenti climatici globali: numeri e cause

Da circa un secolo i ricercatori osservano un insolito e rapido riscaldamento del clima globale: circa +0,74 gradi centigradi a partire dal 1906. La tendenza si è distinta in modo ancora più marcato dagli anni settanta del XX secolo. Dai tempi delle prime misurazioni effettuate nel 1850, il decennio 2000-2009 si è rivelato essere quello più caldo, seguito dagli intervalli 1990-1999 e 1980-1989.

Molto probabilmente le temperature medie registrate nell'emisfero boreale nella seconda metà del Novecento possono considerarsi le più alte di qualsiasi cinquantennio degli ultimi 500 anni, e presumibilmente degli ultimi 1300 anni (1).

Questo riscaldamento è da ricondurre in prima linea all'aumento di gas serra in atmosfera di origine essenzialmente antropica. I principali gas serra sono il vapore acqueo, il biossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ), il metano ( $\text{CH}_4$ ) e l'ossido di diazoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

I gas serra riflettono parte della radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre in seguito al riscaldamento dovuto ai raggi solari. Questo fenomeno naturale, definito "effetto serra", consente il riscaldamento dell'atmosfera e della superficie terrestre (figura 1) ed è il fenomeno che ha consentito lo sviluppo del genere umano sulla Terra. Senza vapore acqueo nell'atmosfera la

temperatura media si abbasserebbe drasticamente a -18 gradi centigradi, decisamente troppo pochi per consentire la sopravvivenza dell'uomo.

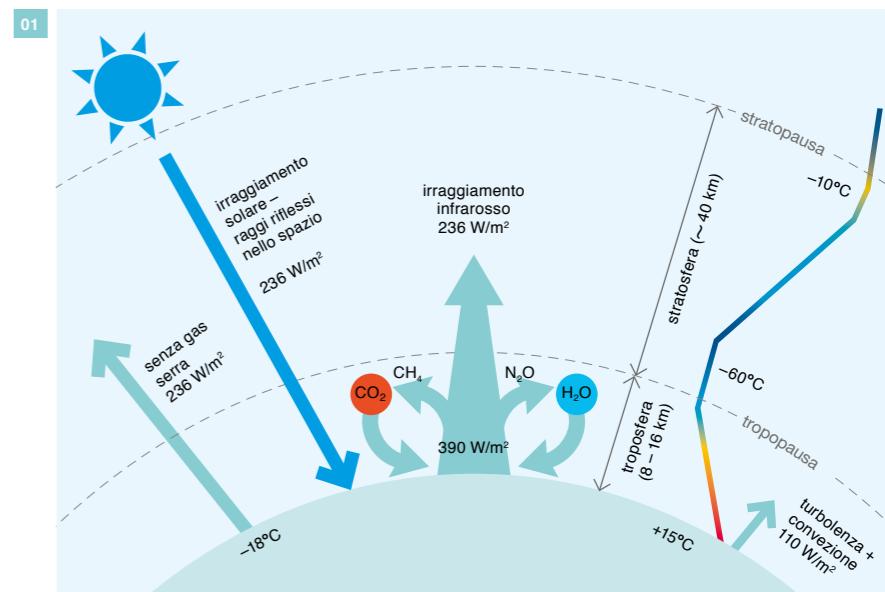
Tuttavia l'interferenza umana in questo fenomeno negli ultimi 150 anni non è stata senza conseguenze.

Per coprire il proprio fabbisogno energetico, l'uomo ha consumato nel giro di poche generazioni quantità di combustibili fossili che avevano richiesto milioni di anni per formarsi. In breve tempo sono stati riversati nell'atmosfera quantitativi di gas serra in eccesso,  $\text{CO}_2$  su tutti. Altri gas, come il metano e l'ossido di diazoto, sono riconducibili principalmente alle attività agricole, a quelle industriali e al traffico.

A causa di queste attività antropiche le emissioni di gas serra sono sensibilmente aumentate e la loro crescita non si arresta. Gli ultimi trent'anni hanno registrato un incremento del 70% (figura 2). Negli ultimi 150 anni la presenza di  $\text{CO}_2$  in atmosfera è aumentata di oltre un terzo, da 280 a 379 ppm. L'analisi delle carote di ghiaccio conferma che questa concentrazione atmosferica registrata ha raggiunto il livello più alto degli ultimi 650.000 anni. Le emissioni si originano per circa i 2/3 dai trasporti, dall'energia, dall'industria e dalle necessità domestiche; il terzo rimanente proviene dalle attività agricole e forestali (figura 2).

01 FIG

01 Effetto serra. I raggi solari colpiscono la superficie terrestre che ne riflette una parte come calore, sotto forma di irraggiamento infrarosso. Una parte di questo irraggiamento viene intercettato nella tropopausa e riflesso nuovamente verso la Terra dai gas serra, che garantiscono in questo modo il riscaldamento dell'atmosfera e della superficie del pianeta.



Non tutte le emissioni sono antropogeniche. Alcuni fattori naturali influenzano le variazioni di concentrazione dei gas serra in atmosfera, ad esempio le oscillazioni nell'attività del sole, le periodiche variazioni di inclinazione dell'asse terrestre (che rimandano alle glaciazioni), oppure ancora le eruzioni vulcaniche. Tuttavia questi fattori hanno un impatto minimo, al di sotto di un terzo, sul totale delle emissioni. Prendendo in considerazione solamente le sorgenti naturali, ad esempio una diminuita attività solare, gli ultimi trent'anni avrebbero dovuto riservare alla Terra addirittura un abbassamento delle temperature.

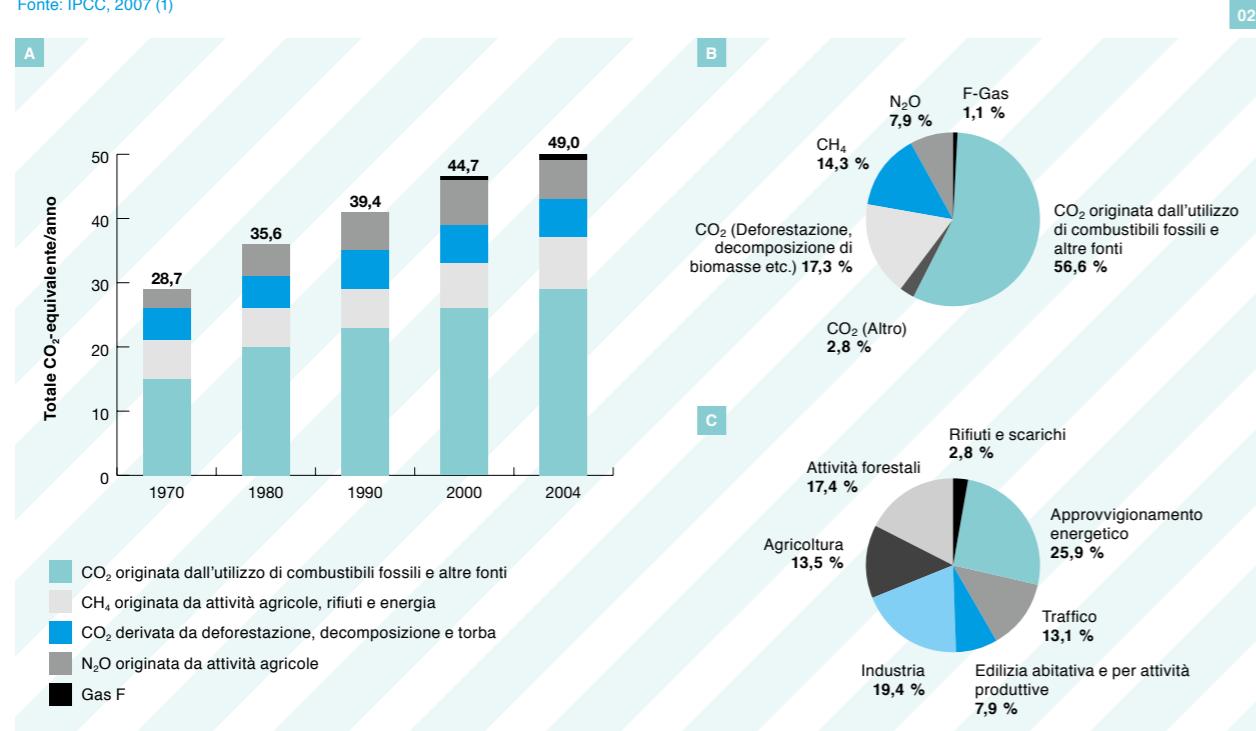
I cambiamenti climatici non sono una speculazione. Le misurazioni effettuate a livello globale dimostrano l'aumento dei gas serra e delle temperature. Anche le fonti dei gas serra sono documentate. Per nostra fortuna, oltre la metà delle emissioni di origine umana non rimane nell'atmosfera, ma viene assorbita dagli organismi che vivono nel mare e negli oceani e dalla vegetazione. Questi serbatoi naturali lasciano all'uomo un po' di respiro. Allo stesso

tempo i mari surriscaldati, proprio come una bottiglia di acqua minerale lasciata al soleone, rilasciano nell'atmosfera CO<sub>2</sub> e contribuiscono in questo modo al riscaldamento globale. Questo circolo vizioso, una tendenza al riscaldamento che provoca effetti che inducono ulteriore riscaldamento, si chiama retroazione positiva.

Un fenomeno analogo si osserva sulle superfici innevate e ghiacciate, sulle vette delle montagne o ai poli. Neve e ghiaccio riflettono direttamente i raggi del sole e contrastano in questo modo un rapido riscaldamento, ragion per cui nevai e ghiacciai vengono chiamati anche la "crema solare" della Terra. Se si sciogliono per effetto del riscaldamento globale, le radiazioni solari colpiscono direttamente la terra o gli specchi d'acqua; entrambi questi elementi si surriscaldano velocemente per il loro colore più scuro. E così le temperature dell'atmosfera aumentano ulteriormente in seguito allo scioglimento dei ghiacci ai poli e alla diminuzione della copertura nevosa.

## 02 FIG

02 (A) Emissioni globali di gas serra di natura antropogenica; serie dal 1970 al 2004. (B) Percentuali dei singoli gas serra di origine antropica sul totale delle emissioni dell'anno 2004 (CO<sub>2</sub> equivalenti). (C) Percentuali di impatto dei singoli settori di attività umana sul totale delle emissioni dell'anno 2004 (CO<sub>2</sub> equivalenti). Fonte: IPCC, 2007 (1)



## 03 FIG

## Sviluppi futuri

La scienza non può prevedere il futuro. Tuttavia, con l'ausilio dei modelli climatici e dei cosiddetti "scenari", i ricercatori possono ipotizzare sviluppi verosimili. Gli "scenari" corrispondono alla classica analisi del genere "cosa succederebbe se...". Nel caso dei cambiamenti climatici, il "se" dipende fortemente dalle supposizioni circa le future emissioni di gas serra di origine antropica. Il Comitato intergovernativo per i cambiamenti climatici ha elaborato quattro famiglie di scenari (figura 3).

Nel primo caso (A), grazie a sviluppi tecnologici innovativi, verso la metà del XXI secolo il consumo di risorse fossili diminuirà. Gli scenari raccolti sotto la lettera B vedono come base un cambiamento di rotta del pianeta verso stili di vita più ecologici, con una conseguente e repentina decrescita delle emissioni di gas serra al di sotto dei livelli attuali. Gli scenari contrassegnati dalla lettera B mostrano come cambierebbe il riscaldamento se l'umanità effettivamente riducesse in modo drastico le emissioni nei prossimi decenni (figura 3, a sinistra). Lo scenario A1B si profila oggi come il più verosimile: un pianeta globalizzato, orientato alla crescita economica, sul quale si faccia ricorso in modo equilibrato a sorgenti di energia fossili e rinnovabili. In ogni caso, prendendo in considerazione tutti gli scenari proposti, il riscaldamento sembra inevitabile, con un aumento delle temperature entro la fine del secolo oscillante tra +1,8 e +4 gradi centigradi.

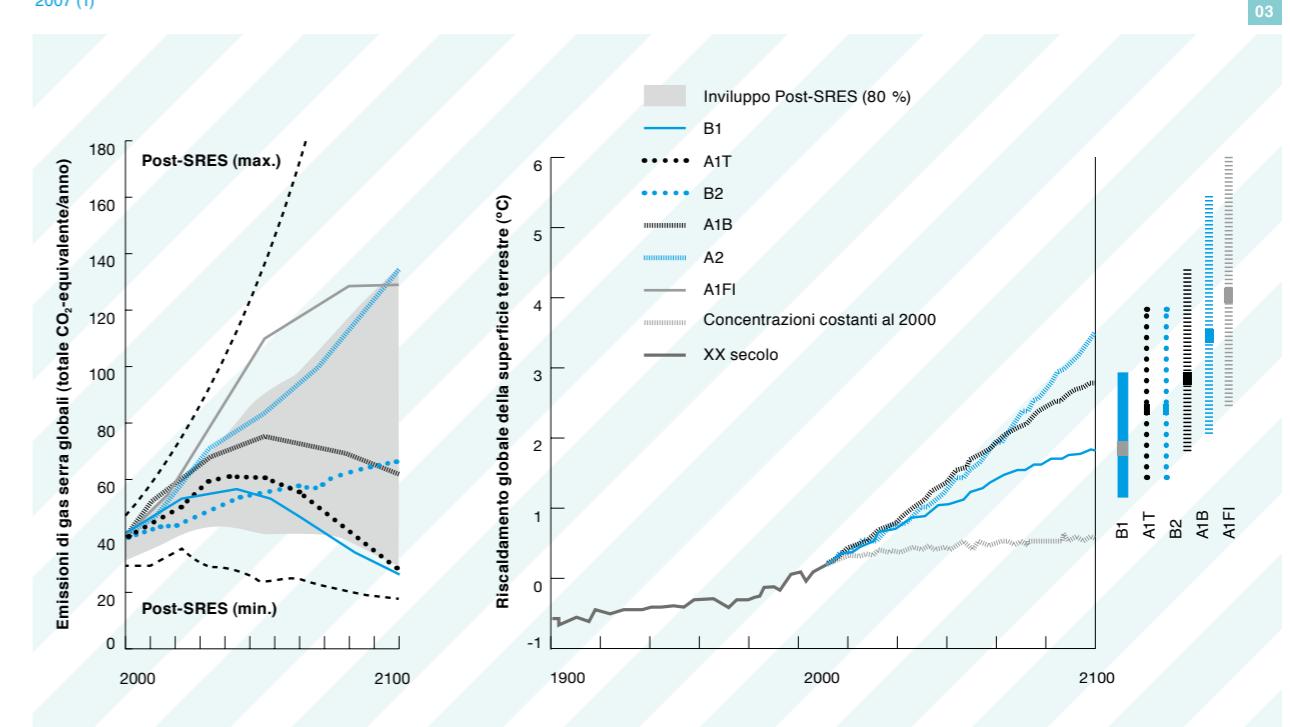
vamente riducesse in modo drastico le emissioni nei prossimi decenni (figura 3, a sinistra). Lo scenario A1B si profila oggi come il più verosimile: un pianeta globalizzato, orientato alla crescita economica, sul quale si faccia ricorso in modo equilibrato a sorgenti di energia fossili e rinnovabili. In ogni caso, prendendo in considerazione tutti gli scenari proposti, il riscaldamento sembra inevitabile, con un aumento delle temperature entro la fine del secolo oscillante tra +1,8 e +4 gradi centigradi.

## Le Alpi e l'Alto Adige

Rispetto ad altre aree del pianeta, le Alpi sono fortemente interessate dal fenomeno del riscaldamento globale. Rispetto alla media europea, l'aumento delle temperature negli ultimi cento anni è stato doppio: +2 gradi centigradi (2). Le ragioni di questa particolarità ancora non sono del tutto chiare. Una delle spiegazioni potrebbe ritrovarsi nella posizione delle Alpi, spartiacque tra il clima mediterraneo

## 03 FIG

03 Scenari di possibili sviluppi futuri delle emissioni di gas serra e delle temperature globali. Sinistra: Scenari riguardanti lo sviluppo delle emissioni di origine antropica. Lo scenario A1B con una impennata delle emissioni entro la metà del secolo viene oggi considerato il più probabile. Gli scenari B muovono invece dall'ipotesi di una riduzione delle emissioni di circa la metà entro la fine del secolo. Destra: Potenziale sviluppo delle temperature medie globali. Fonte: IPCC, 2007 (1)



raneo dell'Europa meridionale e il clima atlantico della Mitteleuropa. Infatti i mutamenti climatici non comportano solo un innalzamento delle temperature; tra le conseguenze si osserva anche una traslazione delle zone climatiche verso nord. Le Alpi, e specialmente i versanti meridionali, risentirebbero in questo modo maggiormente degli influssi del clima mediterraneo: estati calde e secche e inverni miti e umidi. Una ulteriore causa è da ricercarsi nella riduzione delle coperture nevose che comporta – analogamente a quanto succede ai poli – una minore riflessione dei raggi solari e dunque un maggiore riscaldamento locale.

Anche in Alto Adige l'innalzamento delle temperature è un dato di fatto. A Bolzano la temperatura media è aumentata di circa 1,5 gradi centigradi negli ultimi trent'anni (figura 5).

Il 2009 è stato un anno particolare. Ecco cosa si legge nei Climareport mensili dell'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano:

- Maggio: "A Bolzano si è rivelato addirittura il mese più caldo e siccitoso dall'inizio delle rilevazioni, con una media mensile di 20,5 gradi, tipica del mese di giugno".
- Giugno: "A Bolzano la media mensile è stata di 21,7 gradi, con uno scarto positivo rispetto ai valori di riferimento di 1,8 gradi".



04

**FIG**

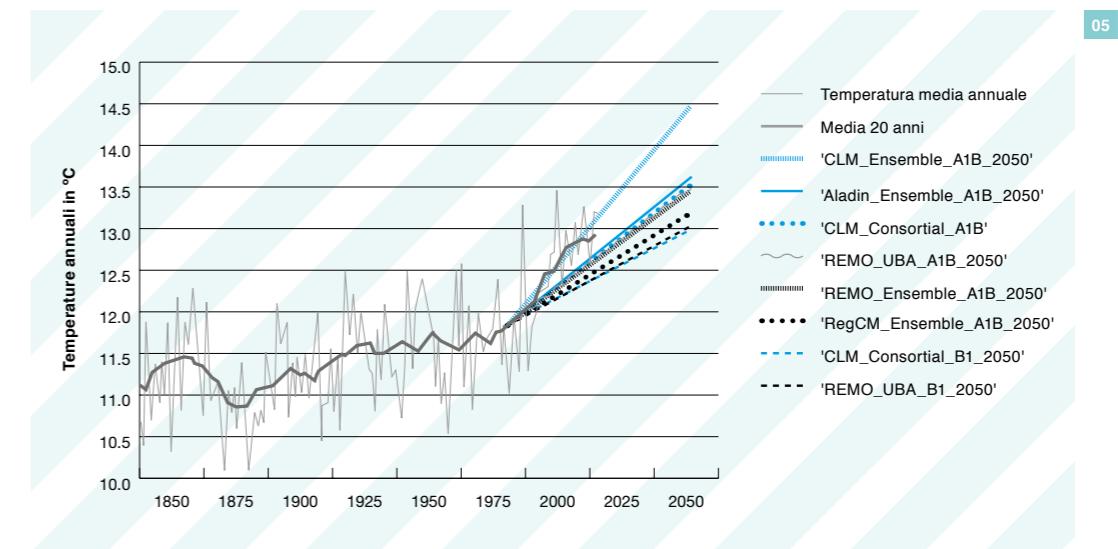
04 Rispetto ad altre aree del pianeta, le Alpi sono fortemente interessate dal fenomeno del riscaldamento globale. Rispetto alla media europea, l'aumento delle temperature negli ultimi cento anni è stato doppio: +2 gradi centigradi.

Foto: Thinkstock

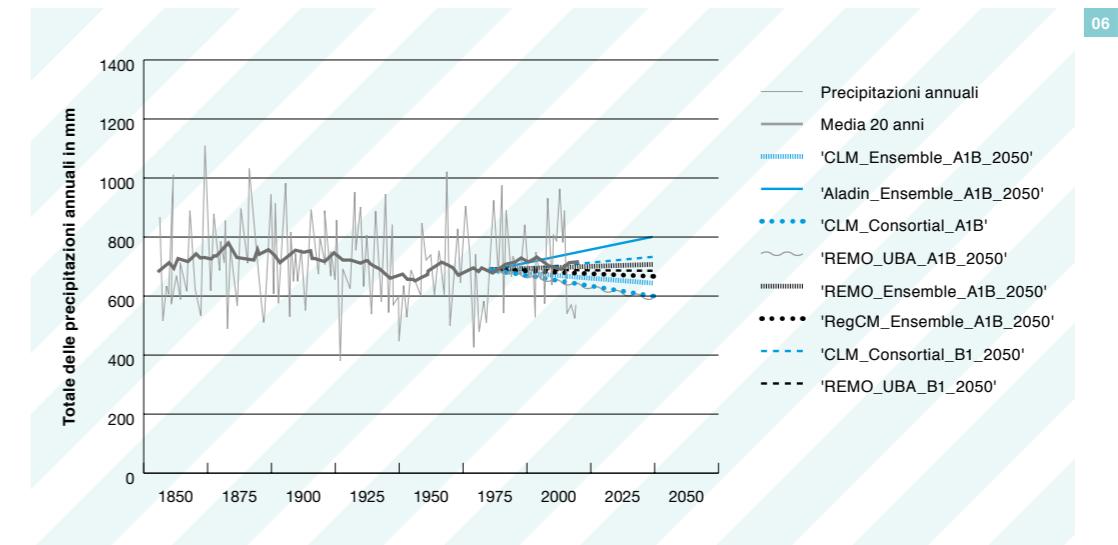
- Luglio: "Il mese di luglio è spesso caratterizzato dalla presenza di numerosi temporali. Quest'anno entrerà negli annali grazie alla intensità degli eventi che hanno spesso provocato danni sul territorio provinciale".
- Agosto: "Il mese di agosto 2009 è stato molto caldo e relativamente secco. Si posiziona al quinto posto per quanto riguarda la temperatura nella serie storica di quasi novant'anni di osservazioni a Bolzano".

Anche il 2010 ha riservato temperature da record: in giugno ci si è attestati 3-5 gradi al di sopra della media del mese.

Rilevante per la salute pubblica è l'aumento delle temperature minime che corrispondono, quando sono al di sopra dei 20 gradi centigradi, alle cosiddette "notti tropicali". Il loro numero a Bolzano è cresciuto sensibilmente negli ultimi vent'anni. Mentre prima del 1995 se ne contavano solamente fino a cinque per anno, nel 2010 si è giunti a quota 20 (si veda il capitolo sulla salute, pag. 80). Per il presente studio i ricercatori dell'EURAC hanno analizzato otto scenari climatici riguardanti l'Alto Adige. Inoltre, sono stati collegati gli scenari regionali messi a punto nell'ambito del progetto europeo ENSEMBLE (4) le simulazioni dei modelli CLM (5) e



05



06

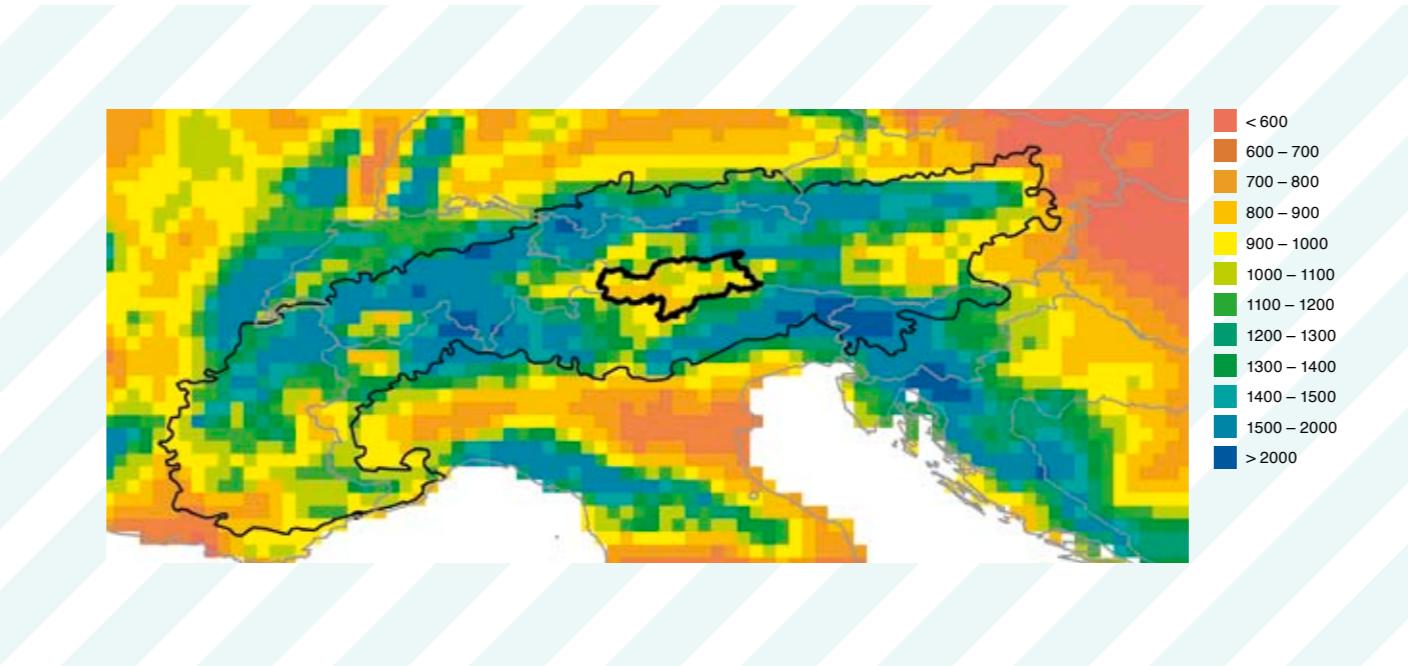
**FIG**

05 Riscaldamento a Bolzano. La curva mostra l'innalzamento delle temperature medie annuali negli ultimi 150 anni, a partire dal 1850. La curva grigia mostra i valori annuali, la curva blu i valori medi ogni vent'anni. La base è il calcolo del riscaldamento dal 1961 al 1990 e le stime fino agli anni 2030-2050. Se ne deduce che il riscaldamento effettivo sembra rispecchiare la curva dello scenario più fosco (linea azzurra tratteggiata). Elaborazione EURAC basata su dati HISTALP (misurati, linea blu) e su diversi scenari climatici regionali.

06 Precipitazioni a Bolzano. La curva grigia mostra il totale delle precipitazioni annuali negli ultimi 150 anni, a partire dal 1850. La curva blu mostra i valori ogni vent'anni. Le linee colorate e tratteggiate ipotizzano vari scenari futuri. La base per queste stime sono i calcoli dei cambiamenti delle precipitazioni dal 1961 al 1990 e le ipotesi di cambiamento dal 2030 al 2050. Elaborazione EURAC basata su dati HISTALP (misurati, linea blu) e su diversi scenari climatici regionali.



07



08

#### FIG

07 Bacino glaciale Vallée Blanche. Foto: Thinkstock

08 Precipitazioni medie nelle alpi dal 1971 al 2000. È evidente come l'Alto Adige figure tra le regioni più secche. Fonte: Efthymiadis et al., 2007 (8). Elaborazione EURAC

REMO (6) dell'Ufficio federale tedesco per l'ambiente (Deutsches Umweltbundesamt) e anche i dati armonizzati raccolti sulle Alpi nella banca dati HISTALP dell'Istituto centrale austriaco per la meteorologia e la geodinamica (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) (2).

Sulla base di queste stime, in caso di scenario A1B (che fa riferimento a ulteriori sviluppi delle tecnologie) ci sarebbe da aspettarsi un aumento delle temperature variabile da +1,4 a +2,7 gradi centigradi tra l'intervallo 1961-1990 e il ventennio 2030-2050. In caso di scenario B1 (sviluppo in senso ecologico) l'aumento si assesterebbe sui 1,2 gradi (figura 5). È interessante osservare come negli ultimi trent'anni la tendenza sembra confermare lo scenario più fosco. Per l'intervallo 2030-2050 ciò significherebbe per Bolzano un'impennata della temperatura media annuale a 13,7 gradi centigradi (sopra tutti gli scenari A1B) e nel caso più estremo a 14,5 gradi (scenario CLM\_Ensemble\_A1B). Nel 2003, solo per avere un termine di paragone, la temperatura media annuale è stata di 13,3 gradi.

Se ne conclude che nei prossimi 20-30 anni anche in Alto Adige si dovranno fare i conti con un considerevole riscaldamento.

Il quadro è meno nitido se si guarda alle precipitazioni. È difficile individuare tendenze di lungo periodo sia per quanto riguarda in generale le Alpi, sia nel caso specifico dell'Alto Adige. Gli scenari riguardanti gli sviluppi futuri non sono di maggiore aiuto.

Tuttavia il riscaldamento lascia presagire che le precipitazioni invernali si trasformeranno facilmente da carattere nevoso a piovoso.

Oltre ai cambiamenti climatici di lungo periodo, si deve considerare che sono destinati ad aumentare gli eventi estremi. Ciò significa anni e mesi più "estremi", ma significa soprattutto un maggior numero di giornate di calura e di precipitazioni estreme. Queste stime si fondano sull'ipotesi che il riscaldamento provochi un aumento delle giornate estive più calde e, di conseguenza, un maggior numero di precipitazioni convettive che provocano i forti temporali. Questa ipotesi tuttavia non può essere dimostrata che parzialmente dal punto di vista statistico e non può essere pienamente supportata dai modelli climatici.

## Il clima in Alto Adige

Le caratteristiche climatiche dell'Alto Adige sono strettamente determinate dalla morfologia montuosa del suolo. La quota del territorio provinciale varia dai 200 metri sul livello del mare della Bassa atesina ai quasi 4000 dell'Ortles. Dal punto di vista meteorologico ne derivano tre considerazioni di rilievo.

- 1) Sul territorio montuoso dell'Alto Adige le temperature si abbassano all'aumentare della quota, mentre le precipitazioni si intensificano. In provincia convivono fasce climatiche piuttosto diverse: dal fondovalle della valle dell'Adige, contraddistinto da un clima temperato e caldo con temperature medie estive sopra i 20 gradi centigradi e inverni miti, fino alle nevi perenni dei ghiacciai alpini, passando per un clima freddo oltre i 2000 metri.
- 2) L'Alto Adige si situa nel cuore delle Alpi, con la cresta montuosa principale a nord, i gruppi del Cavedale e dell'Adamello a ovest e le Dolomiti a est. Queste catene fungono

da schermo contro le correnti umide e fanno dell'Alto Adige una regione secca a confronto di altre aree alpine. In modo particolare, la val Venosta, parti della Wippatal, gli altopiani del Salto, di Renon e l'alpe di Villandro, con precipitazioni nettamente al di sotto dei 600 mm annui, si contano tra le regioni più secche di tutte le Alpi. Le maggiori precipitazioni si registrano nei pressi del confine settentrionale (figura 6).

- 3) Le elevate creste montuose determinano due particolari fenomeni: il föhn (favonio), il vento che porta con sé aria asciutta, e lo stau che, quando si registra bassa pressione sul golfo di Genova o sull'Adriatico, comporta consistenti precipitazioni.

Fonte: Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche della Provincia autonoma di Bolzano (7).

## Telerilevamento

Nell'ambito del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige – quanto siamo sensibili?" l'Istituto per il Telerilevamento Applicato dell'EURAC ha messo a punto un sistema per monitorare le variazioni del manto nevoso e le fasi di sviluppo della vegetazione attraverso le immagini satellitari. I dati elaborati dai ricercatori provengono dal sensore americano MODIS montato a bordo dei satelliti TERRA e AQUA che orbitano attorno alla Terra. Questi dati vengono captati più volte al giorno dall'antenna di ricezione dell'EURAC installata sul Corno del Renon, da dove raggiungono le postazioni di calcolo.



01 FIG

01 L'antenna di ricezione dell'EURAC sul Corno del Renon. Foto: Sigrid Hechensteiner, EURAC



02 FIG

02 Le Alpi viste dal satellite MODIS. Immagine acquisita il 7 febbraio 2011. È chiaramente riconoscibile la copertura nevosa nelle Alpi. Fonte: EURAC

Integrando i dati satellitari acquisiti dall'EURAC con i dati ottenuti dagli archivi della NASA si è potuta realizzare una serie temporale di dati quotidiani dal 2001 al 2011.

Su questa base i ricercatori dell'EURAC sono stati in grado di determinare il modo in cui la copertura nevosa e la vegetazione in Alto Adige reagiscono agli eventi atmosferici in anni diversi e quin-

di di trarre conclusioni sui possibili effetti dei cambiamenti climatici. Oltre a facilitare l'osservazione diretta della neve e della vegetazione, questi dati vengono utilizzati anche in collaborazione con l'Istituto per l'Ambiente Alpino dell'EURAC al fine di incrementare l'accuratezza dei modelli idrologici.

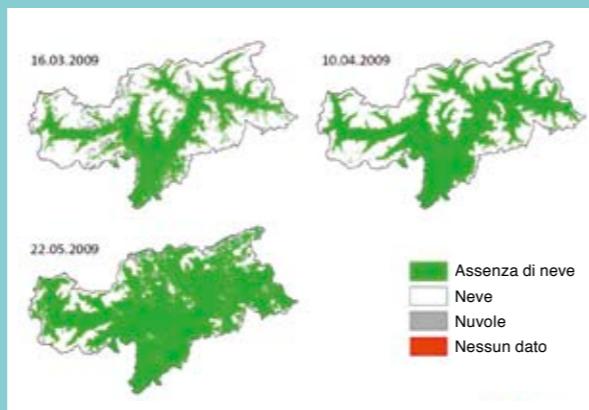
### Neve

La neve reagisce in maniera molto sensibile agli eventi atmosferici. Sono stati analizzati quattro parametri grazie al supporto dei dati MODIS:

- copertura nevosa quotidiana
- quota minima delle precipitazioni nevose
- curve di scioglimento della neve
- durata della copertura nevosa per ogni inverno

Per determinare la copertura nevosa quotidiana i ricercatori hanno sviluppato un metodo automatizzato che produce più volte al giorno mappe della neve. La valutazione in tempo quasi reale permette da un lato di effettuare analisi a lungo termine, dall'altro le mappe della neve vengono utilizzate a fini di monitoraggio, ad esempio per il preallarme da inondazione dovuta allo scioglimento della neve o in caso di valanghe. Per questo motivo i dati vengono inviati quotidianamente anche alla ripartizione provinciale della Protezione Civile.

Le mappe della copertura nevosa sono state elaborate fino all'anno 2001, cosicché oggi è disponibile una serie ininterrotta di immagini degli ultimi 10 anni. Questi dati consentono di determinare le curve di scioglimento e la durata della copertura nevosa per



03 FIG

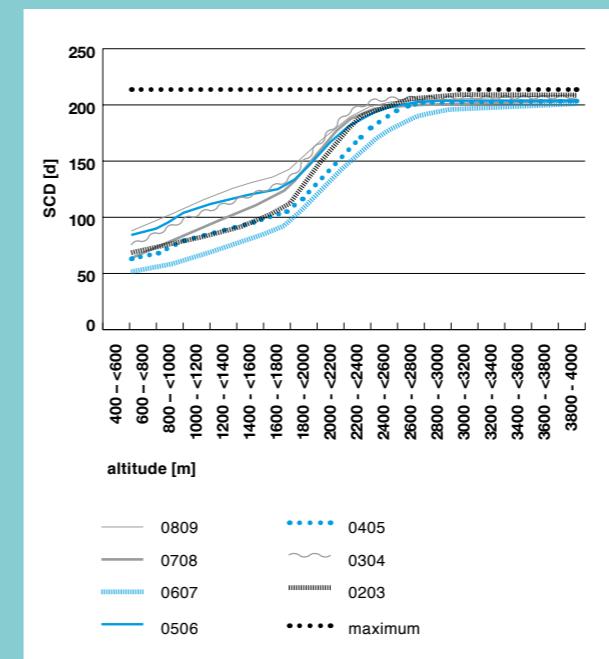
03 Esempi di mappe di copertura nevosa dell'Alto Adige del 2009.

È chiaramente riconoscibile il ritiro della copertura nevosa da marzo a maggio. Fonte: dati ed elaborazione EURAC

ciascun inverno.

L'analisi dei dati mostra ad esempio che nell'inverno troppo caldo del 2006-2007 (che può essere rappresentativo degli inverni influenzati dai cambiamenti climatici), la durata della copertura ne-

vosa a quote tra i 1000 e i 2000 m è stata di circa 50 giorni più breve rispetto all'inverno 2008-2009, molto più nevoso. Persino a quote comprese tra i 2600 e i 2800 m la differenza è stata di ben 20 giorni.



04 FIG

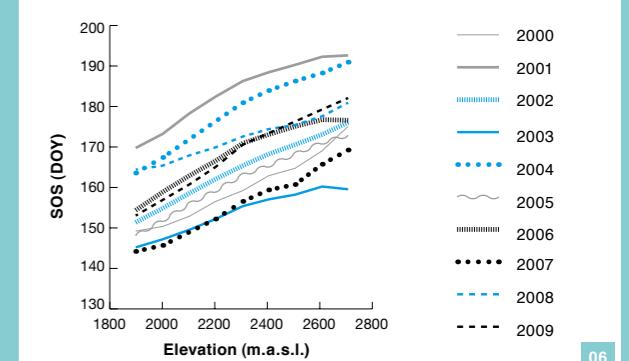
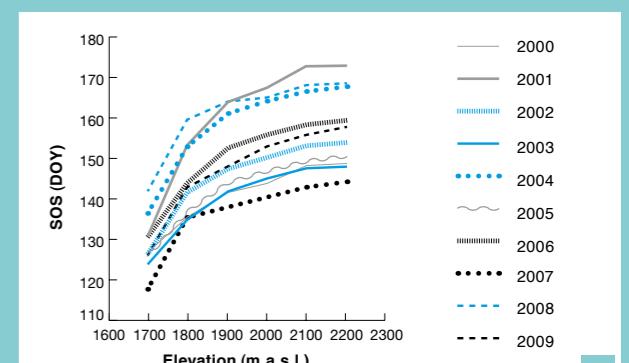
04 Durata della copertura nevosa (Snow Cover Duration, SCD) nelle stagioni invernali 2002/2003 – 2008/2009. Si riconosce la copertura nevosa che varia a seconda della quota e va da circa 50 giorni nelle zone più basse fino a circa 210 giorni sulle montagne più alte. La copertura nevosa risulta ridotta di circa 50 giorni nelle zone basse e medie durante il caldo inverno 2006/2007. Fonte: dati ed elaborazione EURAC

## Vegetazione

La sensibilità della vegetazione nei confronti dei cambiamenti climatici è stata analizzata grazie allo studio di due parametri principali:

- Fenologia
- Indice di area fogliare (Leaf Area Index – LAI)

La fenologia rappresenta l'andamento dell'attività vegetativa nel corso di un anno. Con l'aiuto dei dati satellitari nell'ambito del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige" si è cercato di capire se e in che misura lo sviluppo dei larici in Alto Adige, in particolare in val Venosta, è sensibile rispetto ai diversi eventi meteorologici. Sono stati determinati due parametri che definiscono il ciclo vegetativo, ovvero: "inizio dell'attività vegetativa" (start of the season, SOS) e "fine dell'attività vegetativa" (end of the season, EOS).



05 FIG

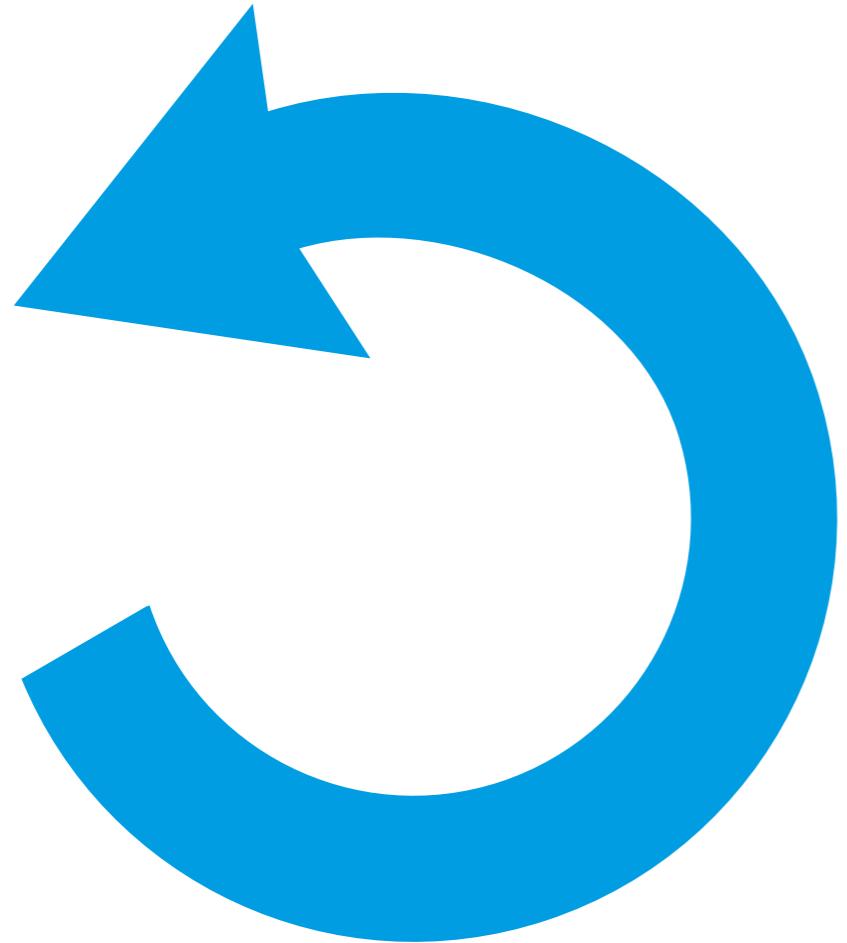
05 + 06 Inizio dell'attività vegetativa (SOS) per i larici (sopra) e le praterie erbose (sotto) ricavato dai dati satellitari per anni diversi e in riferimento alle diverse quote. I risultati dimostrano che negli anni caratterizzati da una primavera calda lo sviluppo vegetativo ha subito un anticipo fino a 30 giorni rispetto agli anni più freddi. Emergono in particolare i caldi anni 2003 e 2007, mentre nel 2001 l'attività vegetativa è iniziata eccezionalmente tardi. Fonte: dati ed elaborazione EURAC

In presenza di un aumento di temperatura di 1° C si è osservato un anticipo di 9 giorni dell'inizio dell'attività vegetativa. Anche la fine del periodo vegetativo si sposta in avanti di 4 giorni per ogni grado di temperatura in più.

Risultati simili sono emersi anche per l'indice di area fogliare, che è la misura dell'area totale occupata della vegetazione per unità di superficie di terreno. Questo indice permette di quantificare l'informazione sulla massa vegetale ed è una misura importante per valutare l'evapotraspirazione attraverso la vegetazione.

Anche il calcolo dell'indice di area fogliare a partire dalle immagini MODIS è stata automatizzata nel progetto, cosicché questo parametro potrà essere utilizzato anche in futuro per il monitoraggio dei cambiamenti climatici in Alto Adige ed in altre aree montane.

Grazie al progetto sui cambiamenti climatici ora l'Alto Adige può disporre di un sistema di monitoraggio satellitare per la neve e la vegetazione, che resterà attivo anche dopo la conclusione del progetto e potrà integrare i sistemi di monitoraggio della Provincia, ad esempio quelli del Dipartimento della Protezione Civile.



*impatti  
dei  
cambia  
menti  
climatici*

*Marc Zebisch  
Georg Niedrist*

2

## In questo capitolo

**Nelle regioni montuose come l'Alto Adige la società e tutte le sue attività, quali il turismo, l'agricoltura, la selvicoltura e lo sfruttamento delle acque, dipendono in misura sostanziale dal territorio. Qualora le condizioni ambientali dovessero mutare a causa dei cambiamenti climatici, le ripercussioni indirette su tutte le attività umane e sui settori economici sarebbero inevitabili.**

**Nella letteratura scientifica, la suscettibilità di un settore rispetto ai mutamenti del clima viene definita con l'espressione "vulnerabilità". In questo capitolo analizzeremo le potenziali conseguenze dei cambiamenti climatici sulla gestione delle risorse idriche e sulla biodiversità, ma anche, a titolo esemplificativo, su alcuni settori economici. Forniremo inoltre una chiara definizione di concetti specifici quali la capacità di adattamento e le opzioni di adattamento.**

**Certo, a fianco delle strategie di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, la tutela del clima, con le varie modalità di riduzione dei gas serra, gioca un ruolo fondamentale. In questo capitolo forniremo brevemente qualche esempio, ma ci concentreremo essenzialmente sulle conseguenze dei cambiamenti climatici, all'insegna del motto: "Contrastare il contrastabile e prepararsi all'incontrastabile".**

## **Impatti dei cambiamenti climatici sull'ambiente e sulla società**

In sintesi, i cambiamenti climatici analizzati più diffusamente nel precedente capitolo possono essere condensati nei seguenti elementi:

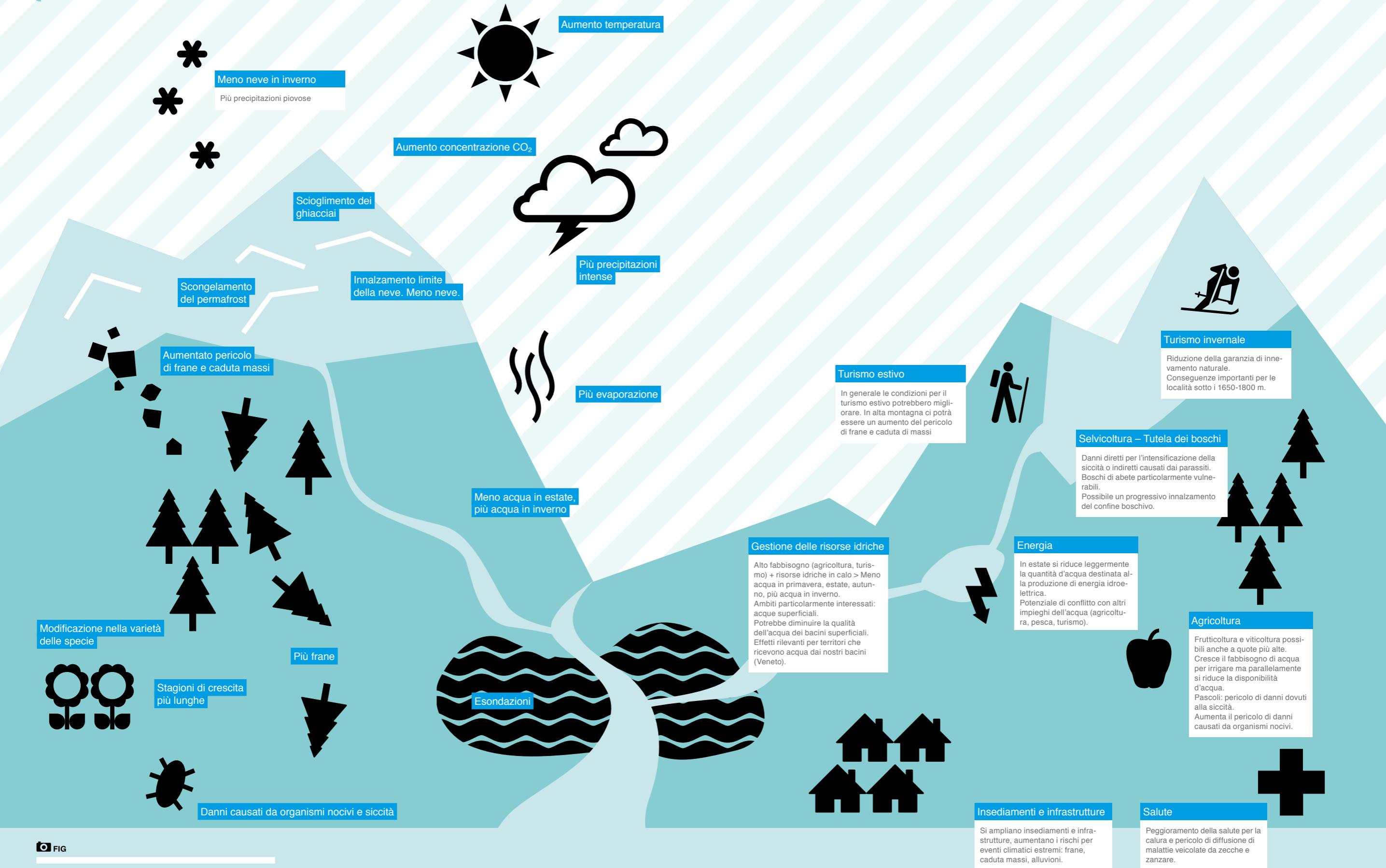
- aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> con dirette conseguenze sulla flora;
- aumento delle temperature, sia quelle medie, sia quelle estreme;
- mutamenti nella distribuzione delle precipitazioni:
  - in inverno: più pioggia, meno neve
  - maggiore frequenza di precipitazioni intense
  - irregolarità: siccità prolungate alternate a fenomeni di precipitazione estrema, sia nell'arco di uno stesso anno, sia in intervalli di più anni
  - possibile (ma incerta) riduzione delle precipitazioni estive.

Questi elementi hanno una **influenza diretta** sull'ambiente delle regioni alpine come l'Alto Adige e comportano, tra le altre conse-

guenze, variazioni del bilancio idrico, diminuzione della copertura nevosa e della superficie dei ghiacciai e l'aumentato rischio di calamità naturali, quali frane e alluvioni, oltre a modificazioni nel mondo vegetale e nella biodiversità dell'area. Queste sono le ripercussioni che verranno analizzate in questo rapporto. Proprio nelle regioni montuose come l'Alto Adige, la società e tutte le sue attività, quali il turismo, l'agricoltura, e la selvicoltura, sono legate strettamente al territorio. Qualora le condizioni ambientali dovessero cambiare a causa dei cambiamenti climatici, le **ripercussioni indirette** su tutte le attività umane e sui settori economici sarebbero inevitabili. Inoltre l'uomo e la sua salute sono minacciati dalle mutazioni del clima, per la vulnerabilità al calore: basti ricordare i 30.000 morti in Europa collegati alla calda estate del 2003 (si veda il capitolo dedicato alla salute, pag. 80). Nei capitoli a seguire analizzeremo le possibili conseguenze dei cambiamenti climatici in Alto Adige suddividendole per singoli ambiti di attività, avendo cura di elencare anche le strategie di adattamento già avviate e quelle che ancora si potrebbero adottare.

# Ambiente

# Società



## Cloud *Impatti diretti*

### Acqua

**Nota introduttiva:** si descriveranno qui le dirette conseguenze dei cambiamenti climatici sul ciclo idrologico. Il valore delle risorse idriche per i singoli settori, dallo sfruttamento a fini idroelettrici all'agricoltura, passando per selvicoltura e turismo, verrà esposto in dettaglio nei rispettivi capitoli dedicati.

I cambiamenti climatici influenzano direttamente pressoché tutti gli elementi del ciclo idrologico. Il ciclo dell'acqua comincia con la precipitazione al suolo in forma di pioggia o neve; la maggior parte scorre direttamente in superficie o sottosuolo e raggiunge prima o poi i corpi idrici in superficie oppure le falde freatiche. Specialmente in estate una quantità significativa ritorna in atmo-

sfera attraverso la traspirazione delle piante o attraverso l'evaporazione dei corpi in superficie. Il trasferimento che avviene in queste due forme è chiamato evapotraspirazione.

L'evapotraspirazione è particolarmente sensibile alle diverse temperature e agli sviluppi della vegetazione; ne consegue che l'impatto dei cambiamenti climatici in questo contesto sarà evidente. I modelli dell'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano calcolano che ad oggi circa il 30% delle precipitazioni in Alto Adige vada perso in evaporazione. La percentuale si eleva al 50% nei mesi estivi (figura 1).

Nel complesso equilibrio di precipitazioni, deflusso ed evaporazione, i cambiamenti climatici possono inserirsi con queste principali conseguenze:

- cambiamento delle precipitazioni, con una lieve tendenza alla riduzione delle precipitazioni estive (si veda il capitolo sui cambiamenti climatici in Alto Adige, pag. 10);
- aumento della evaporazione, specialmente in estate a causa delle alte temperature;
- minore deflusso diretto in estate, maggiore deflusso diretto in inverno a causa della contrazione delle precipitazioni nevose

a favore di quelle a carattere piovoso, con conseguente riduzione dell'effetto-serbatoio dei nevai.

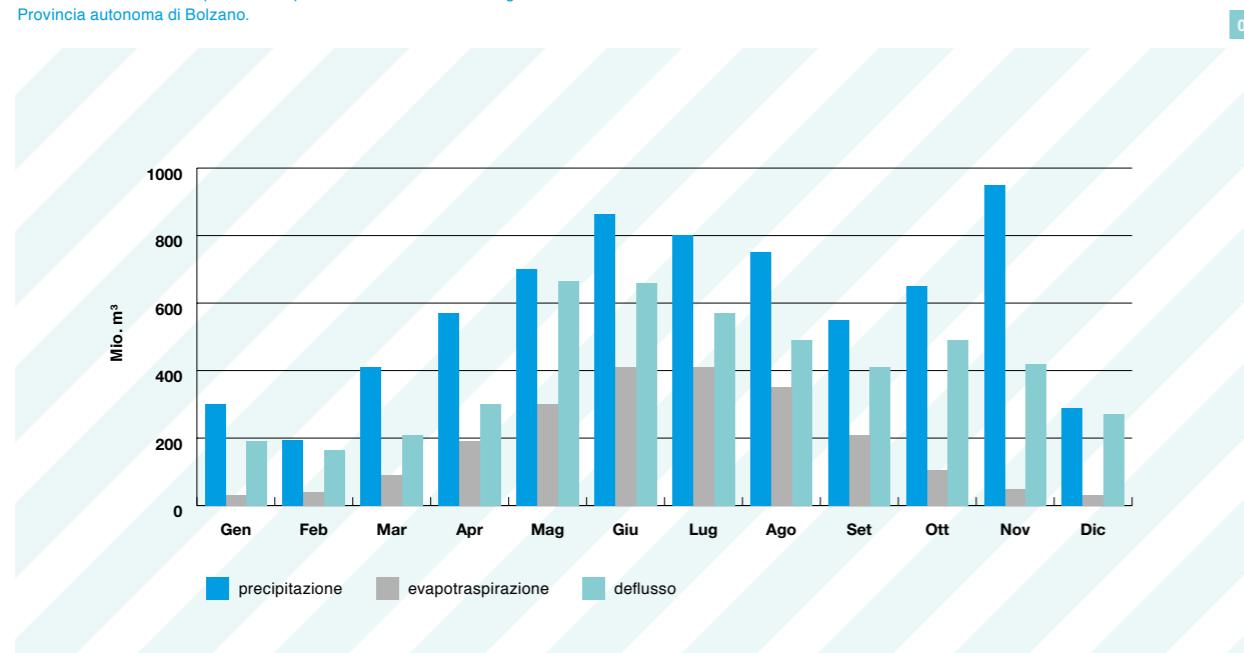
Nel complesso, si stima un aumento delle risorse idriche in inverno e una contrazione in estate. Questa tendenza trova conferma nei modelli riguardanti la regione alpina e, nello specifico, l'Alto Adige (figura 2).

### Neve e ghiaccio

Tra le conseguenze dirette del riscaldamento dell'atmosfera si conta la contrazione delle precipitazioni nevose in inverno, a van-

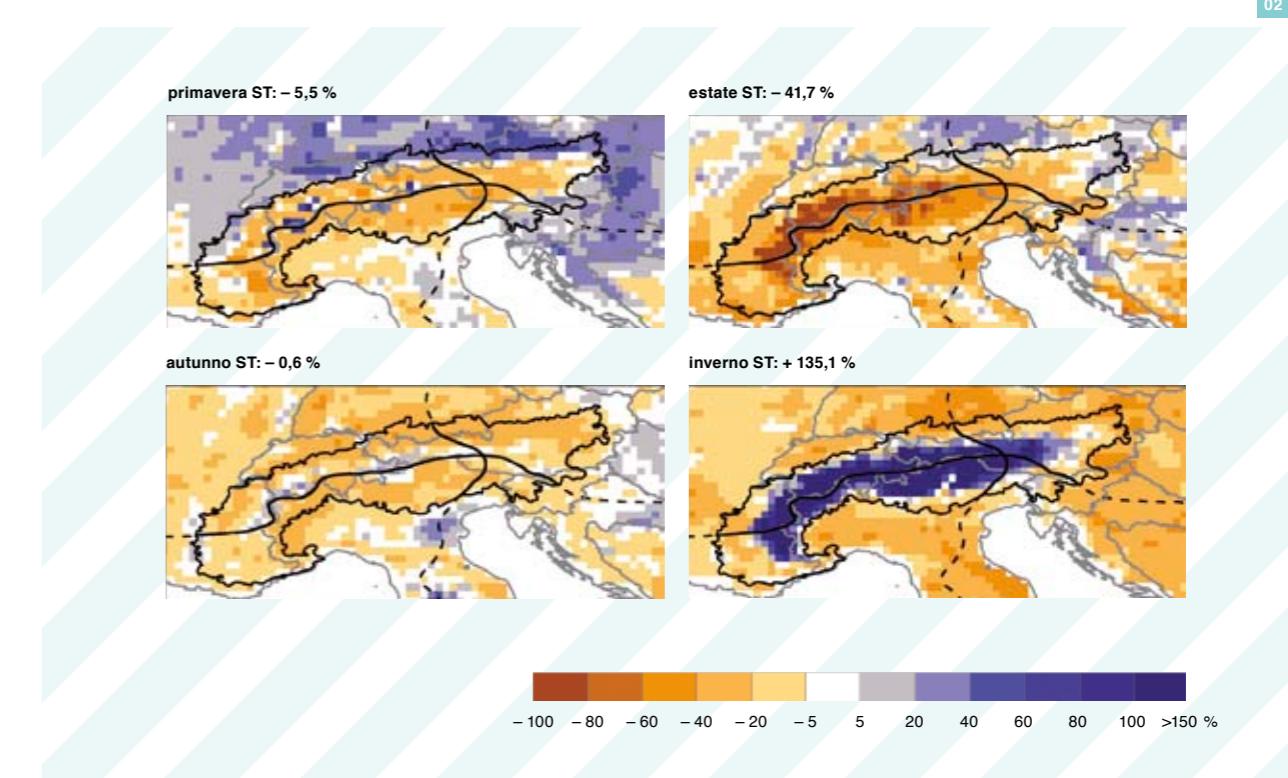
01 FIG

01 Precipitazioni (blu), evaporazione (grigio) e deflusso (azzurro) in Alto Adige. Le precipitazioni maggiori sono concentrate in estate e nel tardo autunno; in estate circa la metà va persa in evaporazione. Fonte: Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano.



02 FIG

02 Possibili cambiamenti del deflusso fino alla fine del XXI secolo sulla base della elaborazione del modello CLM-UBA, scenario A1B. Elaborazione EURAC. La diminuzione del deflusso in estate sulle Alpi a causa di un minore contributo dato dallo scioglimento delle nevi è chiaramente riconoscibile; in Alto Adige si calcola una riduzione del 41,7%. In inverno, al contrario, si apprezza un aumento legato alle piogge più intense; un aumento che in Alto Adige raggiunge il 135%. In primavera e in autunno il deflusso è in lieve diminuzione.



taggio delle piogge; le nevicate inoltre arriveranno sempre più tardi, lo scioglimento comincerà prima e nel complesso la durata della copertura nevosa sarà sensibilmente più breve. Questo fenomeno accomunerà tutto l'emisfero boreale. Vari modelli climatici stimano che entro la fine del XXI secolo sulle Alpi la riduzione della copertura nevosa potrà ridursi anche di 60 giorni in meno all'anno (figura 3). I ricercatori dell'Istituto per il Telerilevamento Applicato dell'EURAC hanno messo a punto dei sistemi per monitorare la copertura nevosa in Alto Adige grazie alla tecnologia satellitare (pag. 21).

Dal 1850 ad oggi i ghiacciai alpini hanno visto la loro massa ridursi di circa la metà e la loro ritirata è inesorabile a fronte del riscaldamento generale: nell'intervallo 1975-2000 si è calcolata una perdita di massa pari a un quarto, tra il 2000 e il 2007 si è sciolto un ulteriore 10%. La calda estate del 2003 ha provocato in media la perdita di tre metri di ghiaccio, quattro volte la normale media estiva. E le previsioni sono sempre più fosche: gli scenari climatici stimano che nel 2050 sulle Alpi sopravviverà solo un 30-60% dell'estensione dei ghiacciai attuali.

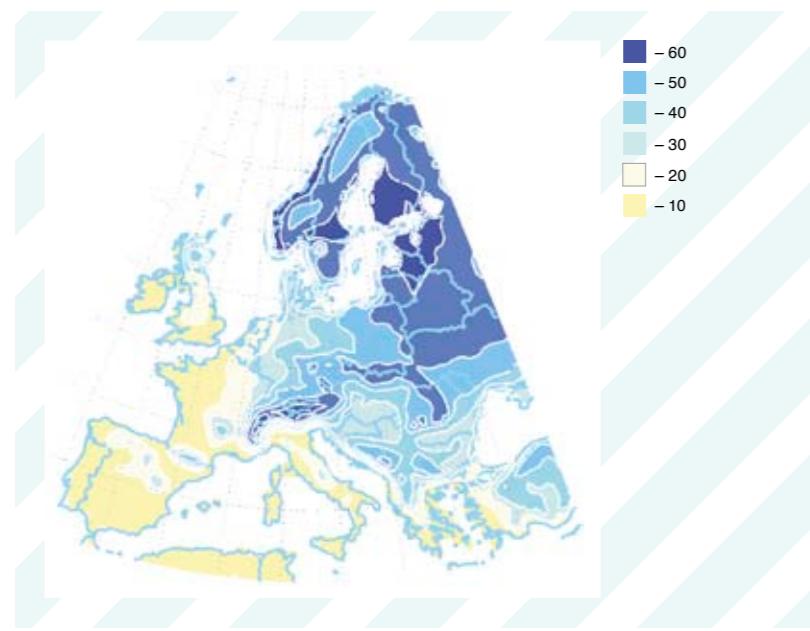
I ghiacciai dell'Alto Adige sono di dimensioni contenute e per questo ancora più vulnerabili ai cambiamenti climatici. L'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano ha svolto indagini in particolare sui ghiacciai di Fontana Bianca, Vedretta Lunga, Vedretta di Ries Occidentale e Malavalle, evidenziando in tutti una tendenza al ritiro. Nel caso specifico del ghiacciaio di Fontana

Bianca, il primo a essere monitorato fin dal 1961, si è registrata una riduzione del volume dalla prima rilevazione pari al 70% (figure 4 e 5).

Oltre alla perdita paesaggistica, il ritiro di un ghiacciaio è di considerevole rilevanza per il bilancio idrico del territorio. Ad esempio, le valli laterali della val Venosta attingono una porzione non trascurabile delle proprie risorse idriche dalle acque di scioglimento dei ghiacciai. Fino a che le loro dimensioni saranno sufficientemente ampie, il riscaldamento ambientale potrebbe addirittura aumentare le risorse idriche poiché lo scioglimento sarà accelerato; tuttavia, non appena i ghiacciai avranno raggiunto volumi troppo modesti (previsione che in Alto Adige già è realtà), lo scioglimento diminuirà, con una conseguente contrazione della quantità di acqua a disposizione.

### Permafrost

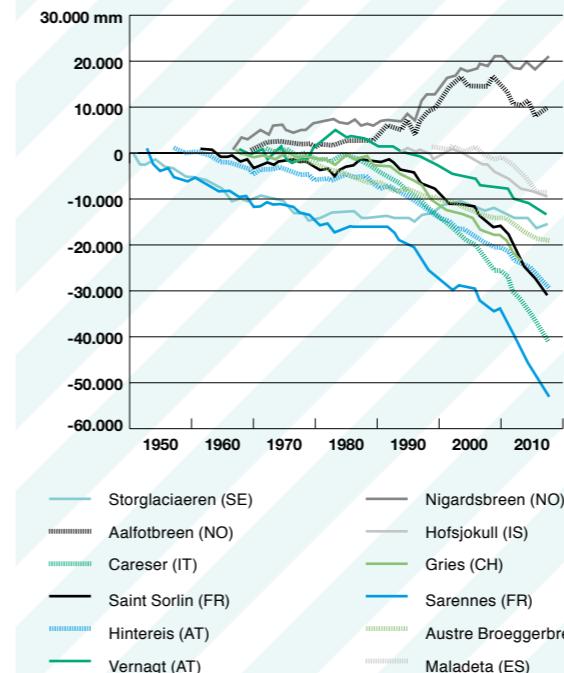
Il permafrost, o permagelo, è una parte di terreno, detriti o rocce permanentemente ghiacciata, ovvero che permane per almeno due anni consecutivi al di sotto di 0 gradi centigradi. Il permafrost si trova sulle Alpi ad alta quota, in Alto Adige generalmente al di sopra dei 2200 metri e permette di stabilizzare i ripidi pendii. Poiché sulle Alpi ampie porzioni di permafrost già sono vicine al punto di scongelamento, la loro suscettibilità rispetto ai cambiamenti



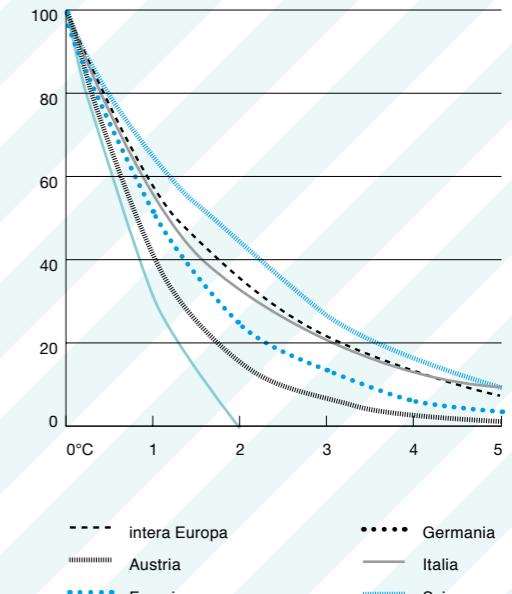
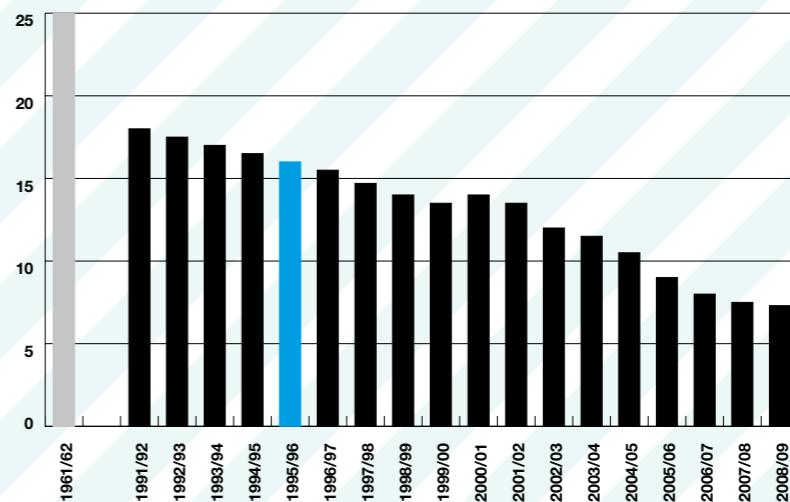
FIG

03 Proiezione che stima la riduzione dei giorni di copertura nevosa in Europa fino alla fine del secolo (cambiamento apprezzabile confrontando gli intervalli 1961-1990 e 2071-2100). Fonte: Jylhä, K., et al. (1)

Bilancio di massa cumulativo



% media della estensione dei ghiacciai nell'intervallo 1971-1990

Volume del ghiacciaio di Fontana Bianca  
10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>/we

FIG

04 Sinistra: Ritiro dei ghiacciai in Europa (Bilancio di massa). Solo due ghiacciai norvegesi hanno visto aumentare le loro dimensioni a causa di precipitazioni più intense. Tutti gli altri hanno registrato drammatici ritiri. Fonte: Zemp et al. (2). A destra: Stima delle variazioni della copertura dei ghiacciai alpini in relazione all'aumento delle temperature. Fonte: World Glacier Monitoring Service (3). 05 Variazioni di volume del ghiacciaio di Fontana Bianca. In rosso sono segnalate le misurazioni effettuate con georadar; in verde i dati ricostruiti su base cartografica. Fonte: Ufficio Idrogeologico Provincia autonoma di Bolzano, GlacierReport (4).

1893



06

2008



07

#### ● FIG

**06 + 07** Il ritiro del ghiacciaio della Vedretta di Vallunga. In primo piano il rifugio Pio XI alla Palla Bianca. Negli ultimi 100 anni il ghiacciaio ha perso almeno 30-50 metri di spessore e un chilometro di lunghezza. Foto 1893: Archivio Ufficio idrografico Provincia autonoma di Bolzano. Foto 2008: Marc Zebisch, EURAC

climatici è particolarmente elevata. Anche qualora il riscaldamento fosse ridotto a un solo grado centigrado, la soglia dello zero termico si innalzerebbe di 100-200 metri di quota. Poiché si stima che le temperature in quota subiranno un innalzamento particolarmente marcato, il rischio di scongelamento del permafrost aumenterà, con la conseguente instabilità del terreno che potrebbe provocare un maggiore numero di eventi franosi (si veda il capitolo sui pericoli naturali, pag. 60). Inoltre, è da tenere in considerazione il deflusso di acqua a seguito dello scongelamento del permafrost; la portata dei potenziali effetti è tuttavia in larga parte sconosciuta. Un rischio accertato, ad esempio in Ötztal, è la presenza di alte concentrazioni di nickel in queste acque di scongelamento; concentrazioni che si collocano al di sopra dei limiti di potabilità. Il permafrost e l'impatto dei cambiamenti climatici su questo fenomeno sono stati oggetto di un progetto di ricerca Interreg recentemente concluso cui ha preso parte anche l'Ufficio geologia e prove materiali della Provincia autonoma di Bolzano: "PERMANET".

## Cloud Pericoli naturali

L'aumento di calamità naturali quali frane e alluvioni sono da ricordare da un lato allo scongelamento del permafrost e dall'altro lato a un aumento, connesso ai cambiamenti climatici, di eventi

climatici estremi, come precipitazioni molto intense. Questi progressi verranno analizzati nel capitolo dedicato ai pericoli naturali.

## Cloud Biodiversità

### Quadro generale

Lo sviluppo verticale regala alle Alpi una varietà di specie animali e vegetali pressoché unica in Europa per ricchezza e fragilità. In questa regione si trova oltre il 40% di tutte le piante europee; di queste, circa il 10% è endemico, cioè specie vegetali che si trovano esclusivamente sulle Alpi.

Le conseguenze dirette che i cambiamenti climatici potranno avere su questa biodiversità non sono ancora note con certezza. Una cosa è certa: l'integrità della biodiversità è stata compromessa più pesantemente dall'intervento umano che dai cambiamenti climatici. Si presuppone che anche in futuro l'influenza antropica diretta, in forma di sfruttamento agricolo e forestale intensivo o di ampliamento degli insediamenti, si sovrapporrà agli effetti del cambiamento climatico (5). Peraltro, il surriscaldamento presumibilmente comporterà un innalzamento degli habitat, per quanto ancora non ci siano state ricerche riguardanti le proporzioni e la rapidità di questo processo.

La migrazione di nuove specie (neophyta/neozoa) è uno dei fenomeni più evidenti che si può osservare già oggi. Si tratta di un fenomeno connesso in prima linea con la crescente mobilità umana, ma in certa misura legato anche alle mutate condizioni climati-

che in cui si sviluppano le specie. La biodiversità lievemente arricchita a seguito di questi nuovi arrivati non è tuttavia priva di problemi. Alcune nuove specie dimostrano particolarmente aggressive e costituiscono una minaccia per le specie autoctone di flora e fauna. Per quanto riguarda l'Alto Adige, si possono citare gli esempi della balsamina ghiandolosa (*Impatiens glandulifera*) e del gambero americano di fiume (*Orconectes limosus*).

## Cloud Fauna

Sono poche le indagini che hanno per oggetto l'impatto dei cambiamenti climatici sulla fauna alpina. Studi tedeschi e svizzeri dimostrano il progressivo spostamento degli areali degli animali verso nord e una anticipazione – se non addirittura la scomparsa – dei spostamenti degli uccelli migratori e dei migratori parziali. I vari gruppi di insetti e alcuni anfibi potrebbero vedere intensificati i loro cicli vitali e potrebbero godere di una migliore fertilità (si vedano i capitoli dedicati alla agricoltura e alla selvicoltura, pag. 46 e pag. 54). In generale si ritiene che specialmente i grandi animali mobili potranno adeguarsi con una relativa rapidità alle mutate condizioni climatiche; più rilevante sarà la distribuzione dei loro habitat.

## Cloud Flora

La conseguenza dei cambiamenti climatici più spesso citata in relazione al mondo vegetale è l'innalzamento di quota del limite del

bosco. Questo fenomeno è stato finora provocato dall'abbandono di ampie aree un tempo impiegate a pascolo (6). Nelle aree dove invece l'intervento antropico non influenza il posizionamento del limite del bosco, un innalzamento dovuto ai cambiamenti climatici può già essere misurabile. Tuttavia, poiché le condizioni ecologiche che ne determinano lo spostamento sono molto complesse, un aumento di quota apprezzabile si potrà rilevare solamente con un ritardo di vari secoli. In tempi più rapidi si osserverà piuttosto una maggiore densità di alberi nell'area ad oggi piuttosto spoglia attorno al limite del bosco. Anche la varietà degli alberi subirà presumibilmente delle alterazioni (si veda il capitolo sulle foreste, pag. 54).

In generale si osserva che la vegetazione pioniera, ad esempio quella che cresce ai piedi dei ghiacciai, reagisce in misura significativamente più rapida a condizioni climatiche mutate in quota, rispetto a forme di vegetazione più complete (la cosiddetta "vegetazione climax") come ad esempio le specie primitive alpine.

Conferme a sostegno di questa tesi si trovano in un monitoraggio esteso a livello mondiale che per un lungo periodo ha preso in considerazione la flora delle vette: lo studio ha mostrato una costante crescita del numero di specie "risalite" da quote più basse (7).

Nelle aree alpine più alte l'ampliamento della superficie coperta da vegetazione è tuttavia correlata in modo determinante ai processi di sviluppo del suolo. E poiché in quota questi processi avvengono sempre con grande lentezza, anche in caso di temperature più elevate le reazioni alle nuove condizioni climatiche saranno apprezzabili solamente nel giro di varie centinaia di anni



08



09

**FIG**08 Balsamino ghiandolosa (*Impatiens glandulifera*). Foto: Thinkstock

09 Vegetazione pioniera a mosaico sul versante dal quale si è ritirato il ghiacciaio del Malaccio/Trafoi. Foto: Georg Niedrist, EURAC

(5). Una trasformazione relativamente più rapida si potrà verificare invece nelle cosiddette "vallette nivali", avvallamenti dove la neve rimane per lunghi periodi. Flora e fauna che abitano in questi habitat si sono adattate a queste condizioni. Uno scioglimento accelerato delle nevi e periodi più lunghi di crescita delle piante diminuiranno le possibilità di sopravvivenza delle specie specializzate di questi ambienti.

La vita di oltre il 50% delle piante di alta montagna è regolata dal fotoperiodismo, vale a dire che il loro sviluppo è determinato dalla durata delle giornate e non dalla temperatura (8). Ciò significa che queste piante reagiscono con parecchio ritardo al riscaldamento e sono svantaggiate da una concorrenza con piante che invece reagiscono alle temperature. Per queste specie non resta che ritirarsi a quote ancora superiori, oppure ripararsi sui versanti in ombra. Un ecosistema di piccola scala, quale un rilievo montuoso, dovrebbe poter ospitare più varietà di piante date le ridotte possibilità di cambiamento e l'esposizione a condizioni nettamente più fresche (9), con una conseguente mitigazione dell'effetto delle temperature.

L'impatto di una maggiore presenza di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera non è stato ancora completamente chiarito. Esperimenti con aumentate concentrazioni di CO<sub>2</sub> mostrano una crescita modesta di biomassa. Per contro si è osservata una variazione del rapporto carbonio-azoto nelle piante. Ne consegue che gli organismi che si cibano di queste piante devono assimilarne molte di più per poter soddisfare il loro fabbisogno proteico (10). Tuttavia, rispetto ad esempio ai crescenti depositi di azoto causati dall'uomo nell'area alpina, gli effetti di una maggiore concentrazione di CO<sub>2</sub> dovrebbero essere relativamente contenuti (11).

Concludendo si può affermare che le Alpi, e anche l'Alto Adige, registreranno uno spostamento verso quote più alte degli attuali habitat. Si prevede comunque che anche in futuro le attività antro-

piche quali l'estensione degli insediamenti, l'attraversamento degli habitat naturali con vie di comunicazione o le coltivazioni intensive avranno un maggior impatto sulla biodiversità piuttosto che cambiamenti climatici.

## Cambiamenti climatici e società - Vulnerabilità, adattamento, tutela

Quanto sono sensibili le attività umane e i settori economici ai cambiamenti climatici? Dare una risposta a questo interrogativo è lo scopo di questo rapporto. La suscettibilità ai cambiamenti climatici di un settore o di un sistema, nota nella letteratura scientifica come "vulnerabilità", dipende da tre fattori.

1. Quanto è esposto questo settore ai cambiamenti climatici?
2. Quanto è sensibile in questo momento ai cambiamenti climatici?
3. Quali misure di adattamento sono state finora adottate e quale margine di adeguamento ai cambiamenti climatici rimane?

I punti 1 e 2 permettono di calcolare quali potenziali conseguenze si potrebbero avere senza fare ricorso a misure di intervento. La vulnerabilità del sistema si ottiene quindi valutando congiuntamente questo potenziale impatto e la capacità di adattamento a questo impatto (punto 3) (si veda figura 10).

Un esempio: l'agricoltura è un settore fortemente esposto ai cambiamenti climatici dal momento che le temperature in Alto Adige stanno già sensibilmente aumentando. L'agricoltura è un settore generalmente sensibile ai cambiamenti climatici poiché dal clima dipende la scelta delle colture. Ne consegue che l'impatto dei cambiamenti climatici sull'agricoltura altoatesina sarà potenzialmente alto. Per contro, tuttavia, anche la possibilità di adeguarsi

ai cambiamenti virando verso nuove colture, ad esempio passando dai pascoli ai meleti, aumenta la capacità di adeguamento. Pertanto la vulnerabilità dell'agricoltura può considerarsi contenuta.

Poiché per i vari settori le conseguenze degli eventi climatici estremi, come ad esempio le siccità, non sono una novità e poiché i cambiamenti climatici includono una loro maggiore frequenza e intensità, per stimare la vulnerabilità di un sistema sarà di grande utilità prendere in considerazione le situazioni climatiche passate e presenti (status quo). Episodi estremi, come la calda estate del 2003, consentono di verificare quanto i singoli settori siano pronti ai mutamenti e quanto siano suscettibili.

Nei capitoli a seguire si proporranno delle valutazioni per specifici settori: agricoltura, gestione delle risorse idriche, energia, selvi-

cultura, pericoli naturali (insediamenti e infrastrutture), turismo e salute.

In particolare, si prenderanno in considerazione i seguenti elementi:

- status quo dell'Alto Adige;
- sensibilità al clima e agli eventi meteorologici del settore in questione (esperienza generale, esperienze passate);
- potenziali conseguenze dei cambiamenti climatici (in generale e nello specifico in Alto Adige);
- capacità di adattamento e possibilità di adattamento (in generale e nello specifico in Alto Adige).

Il fatto di considerare nella valutazione anche la capacità di adattamento consente di fare riferimento anche alle possibilità – o ai deficit – di adattamento. Del resto, è tra gli obiettivi di questo rap-

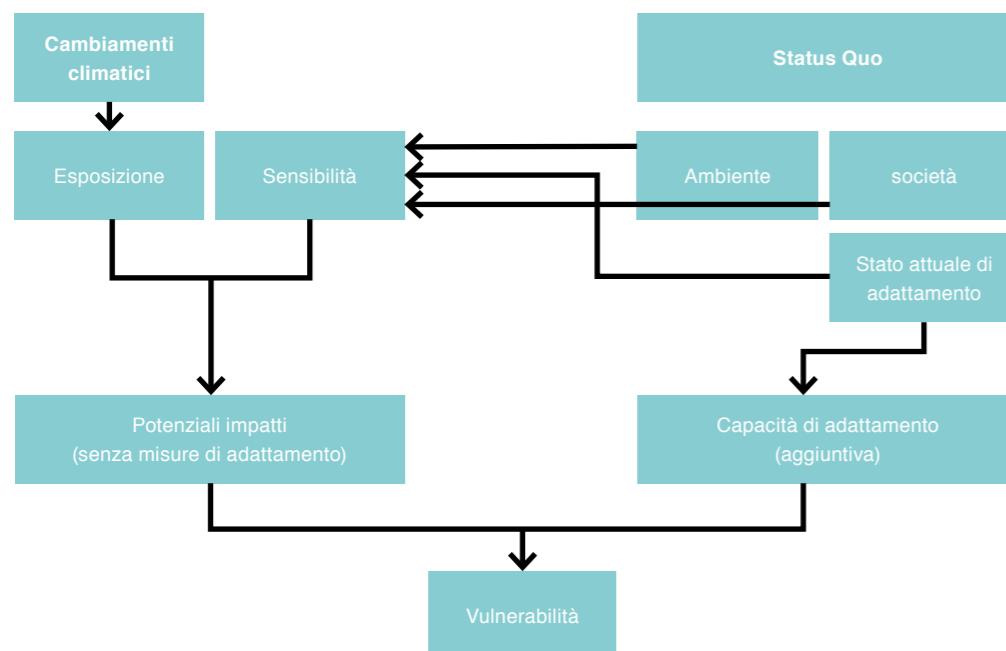
porto la volontà di stimolare lo sviluppo di strategie di adattamento e di preparare il terreno per questo processo di adeguamento (maggiori informazioni su questo tema si ottengono dal capitolo dedicato, pag. 89).

Non bisogna tuttavia dimenticare che le strategie di adattamento rappresentano solo un aspetto, pur importante, della reazione ai cambiamenti climatici. È altrettanto fondamentale l'aspetto della tutela del clima che si attua con l'annullamento o la riduzione delle immissioni di gas dannosi, come la CO<sub>2</sub>, il metano o l'ossido di diazoto. Il grande vantaggio dell'Alto Adige è quello di soddisfare larga parte del proprio fabbisogno energetico grazie alle centrali idroelettriche; per contro il traffico intenso rappresenta un aspetto critico. A tutela del clima si stanno mettendo a punto delle strategie, come ad esempio il progetto "Bolzano – verso una città CO<sub>2</sub> neutrale" (si veda il box).

## Bolzano - verso una città CO<sub>2</sub> neutrale

Al vertice sui cambiamenti climatici tenutosi a Copenhagen nel 2009, le nazioni presenti hanno deciso che ogni cittadino nel mondo non debba produrre in futuro più di due tonnellate di CO<sub>2</sub> pro capite. Al momento la città di Bolzano si assesta su un valore pari a circa 9,72 tonnellate, calcolando le emissioni della energia elettrica sulla base delle fonti nazionali miste. Questo il dato cui sono giunti i ricercatori dell'Istituto per il Tele-rilevamento Applicato dell'EURAC al termine di uno studio commissionato dal Comune di Bolzano. La città capoluogo dell'Alto Adige si è posta come obiettivo la riduzione delle emissioni di un quinto entro il 2030. Ciò significa che in futuro il traffico di merci e persone dovrà essere ridotto e organizzato in modo più efficace. Il traffico infatti è una delle tre principali fonti di CO<sub>2</sub>. Una ulteriore fonte di risparmio è rappresentata dalla elevazione di tutti gli edifici esistenti a standard energetici pari alla certificazione Casa Clima B. Al raggiungimento dell'obiettivo finale potrebbero contribuire anche un impiego sempre più massiccio di energie rinnovabili, in prima linea l'energia solare, e un efficiente collegamento dell'inceneritore con una più ampia rete di teleriscaldamento.

I ricercatori dell'EURAC stanno elaborando uno studio analogo anche per la città di Bressanone.

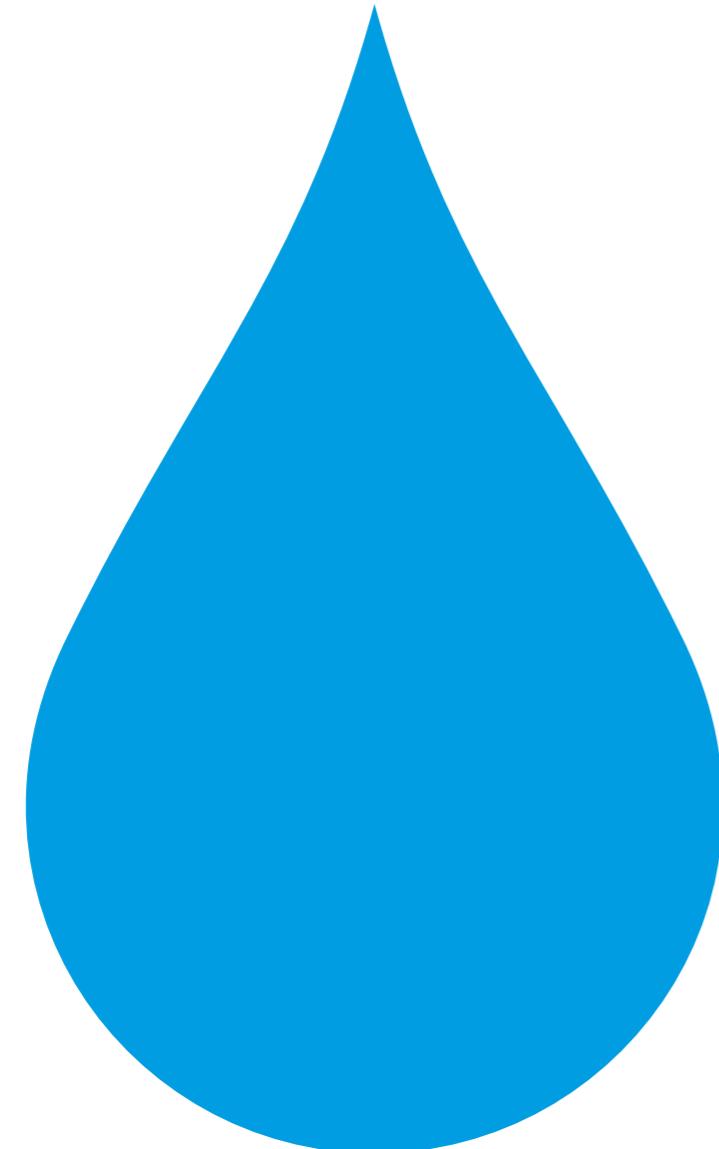


10

### FIG

10 Fattori che contribuiscono a definire la vulnerabilità ai cambiamenti climatici: esposizione, sensibilità e capacità di adattamento. Fonte: IPCC, 2007 rielaborato da Marc Zebisch





gestione  
delle  
risorse  
idriche

*Marc Zebisch  
Alberto Pistocchi*

## In questo capitolo

**In generale l'Alto Adige può contare su sufficienti risorse idriche, per quanto si apprezzino differenziazioni su base territoriale (la sezione occidentale è generalmente più secca) e stagionale (in primavera e in estate la disponibilità è minore). Per questo già oggi, a livello locale e per certi periodi, possono registrarsi problemi di approvvigionamento idrico. E ciò in un contesto in cui il fabbisogno è in continuo aumento, in prima linea per l'irrigazione, ma anche per la produzione di neve e per la distribuzione a uso domestico.**

**I prelievi di acqua da bacini superficiali sono generalmente più soggetti a problemi di quanto non lo siano i prelievi dalle falde freatiche. Queste ultime risentono sul lungo periodo delle variazioni nelle precipitazioni; il loro livello si abbassa sensibilmente solo dopo un prolungato periodo di siccità. Per contro, i bacini superficiali si impoveriscono in tempi molto più ristretti. Specialmente nel caso dei torrenti minori, la copertura del fabbisogno locale potrebbe non essere più garantita. Inoltre l'alimentazione dei bacini di superficie è condizionata anche dalla produzione di energia idroelettrica. Per quanto negli ultimi anni si siano cercate soluzioni comuni, questi prelievi da parte delle centrali rappresentano un potenziale di conflitto con altri settori, come l'agricoltura.**

**Una gestione oculata e di ampia prospettiva delle risorse idriche disponibili costituisce una strategia di adeguamento ai cambiamenti climatici di crescente valore, assieme naturalmente alle misure tecniche per il risparmio di acqua, come ad esempio l'introduzione estensiva di impianti di irrigazione a goccia che consentono di ridurre sensibilmente i consumi. Si discute anche sempre più frequentemente della opportunità di ricorrere a bacini artificiali comuni per fini agricoli ed energetici. Questi potrebbero già essere parzialmente sfruttati in impianti preesistenti. Digue aggiuntive di proporzioni maggiori avrebbero invece un potenziale limitato: mancano gli spazi e gli effetti collaterali dal punto di vista ecologico sarebbero particolarmente invasivi.**

## Situazione generale

**Nota introduttiva:** laddove non diversamente indicato, i dati riportati provengono dal Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche, disponibile per il download sul sito della Provincia autonoma di Bolzano alla pagina: <http://www.provincia.bz.it/acque-energia/acqua/piano-generale-acqua.asp>

L'acqua è una ricchezza naturale dell'Alto Adige e allo stesso tempo un bene limitato. Il 97% del territorio provinciale appartiene al bacino idrografico del fiume Adige; solo alcune piccole aree a est afferiscono alla Drava o al Piave, e alcuni piccoli settori a ovest all'Inn. Le risorse idriche altoatesine non sono un patrimonio solo per la provincia, ma rappresentano una importante fonte di approvvigionamento anche per il Veneto, in particolare per l'irrigazione delle pianure coltivate.

L'andamento dei corsi d'acqua si differenzia sensibilmente nelle varie stagioni dell'anno: ridotta in inverno, la portata aumenta nella tarda primavera per effetto dello scioglimento della neve.

Sono molti i settori che in Alto Adige dipendono dall'acqua. L'agricoltura è il settore che registra i maggiori consumi, seguito dall'industria, dagli usi domestici e infine dall'innevamento artificiale (figura 1). Il fabbisogno così grande delle attività agricole, pari a circa 170 milioni di metri cubi, è da ricondursi alle numerose superfici coltivate a mele o vigneti e ai pascoli che necessitano di irrigazione. La richiesta si impenna in primavera e in estate quando l'acqua viene prelevata sia dai bacini in superficie sia dalle

falde freatiche. Oltre all'irrigazione tradizionale, occorre inoltre considerare l'irrigazione antibrina per i frutteti. Per queste attività sono indispensabili considerevoli infrastrutture: impianti di irrigazione e bacini di deposito. Negli ultimi anni i progressi nei meleti e nei vigneti sono stati notevoli, si è investito in nuove tecnologie come l'irrigazione a goccia; la richiesta di acqua tuttavia rimane molto alta poiché le superfici che richiedono irrigazione sono sempre più estese.

Mentre i consumi industriali sono rimasti relativamente costanti nel tempo, quelli per uso domestico sono aumentati in concomitanza con l'innalzamento dello stile di vita, si pensi alle piscine o ai giardini. Anche il turismo gioca il suo ruolo: il consumo medio pro-capite di acqua di un turista è il doppio di quello della popolazione residente.

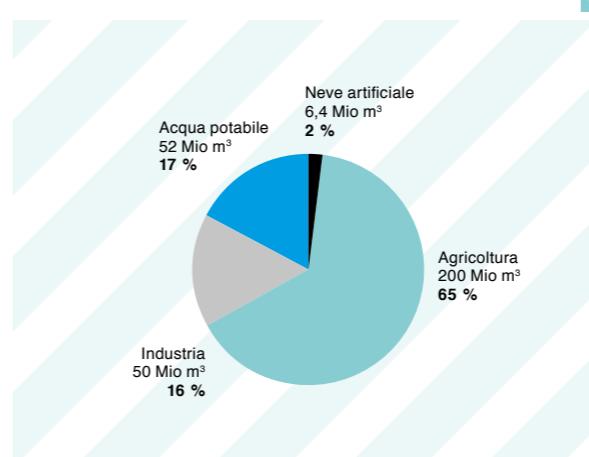
L'innevamento artificiale abbisogna di quantitativi di acqua contenuti rispetto ad altri settori, ma la tendenza dei consumi è in netta crescita e già oggi non è facile soddisfare la richiesta. Le ragioni sono da ricercarsi in due fattori principali. Da una parte il massimo fabbisogno si concentra tra la fine di novembre e dicembre, proprio quando la disponibilità di acqua da parte dei bacini di superficie è più limitata. Dall'altra i comprensori sciistici si trovano a quote dove sono pochi i corsi d'acqua con portate importanti e i bacini di raccolta naturali. Ecco perché negli ultimi anni sono aumentati gli investimenti in bacini di raccolta artificiali, con le conseguenti difficoltà di individuazione dei luoghi adatti per la loro costruzione e con il conseguente forte impatto ambientale di queste infrastrutture in un ecosistema delicato come quello delle montagne.

Un ulteriore settore con un consistente fabbisogno di risorse idriche è il settore energetico. Oltre il 90% dell'energia prodotta in Alto Adige viene generata da impianti idroelettrici e in parte viene anche esportata in altre regioni. Del resto però le centrali non "usano" l'acqua nel senso più stretto del termine: l'acqua viene prelevata e in un secondo momento nuovamente liberata. Le variazioni nella portata d'acqua dei fiumi causate da questa procedura provocano problemi di ordine ambientale e sono anche all'origine di conflitti con altri utilizzatori delle risorse idriche, l'agricoltura prima di tutti. Negli ultimi tempi, a livello locale (ad esempio in val Venosta), si sono registrati tentativi di collaborazione tra gli agricoltori e i gestori delle centrali idroelettriche al fine di sfruttare al meglio le riserve di acqua nei periodi di maggiore necessità, ad esempio per l'irrigazione antigelo o in caso di siccità.

In generale il consumo di acqua è aumentato in Alto Adige negli ultimi decenni. Tutti i settori devono regolarsi sulla base del Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche e sulla base di un sistema di concessioni. I rifornimenti per uso agricolo e quelli di acqua potabile hanno la precedenza su tutte le altre attività, dalla produzione idroelettrica all'innevamento artificiale. Nel nuovo Piano sono già previsti fabbisogni più consistenti per l'agricoltura e la produzione di neve artificiale.

**FIG**

**01 Distribuzione delle risorse idriche (in %). Fonte: Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche, Provincia autonoma di Bolzano**



## Vulnerabilità al clima e alle condizioni meteorologiche

Il clima e le condizioni meteorologiche condizionano pesantemente la disponibilità delle risorse idriche e in parte anche il fabbisogno. Decisiva nella determinazione della disponibilità delle risorse idriche è la distribuzione territoriale e temporale delle precipitazioni in Alto Adige. In generale il settore occidentale può essere definito come regione secca (si veda il box sul clima in Alto Adige, pag. 19). Del resto, questa è una condizione nota da tempo agli abitanti della zona che già nel passato hanno adottato misure di adattamento, come dimostra il sistema di irrigazione secolare dei Waale, un sistema di canali che raccoglie le acque provenienti dallo scioglimento della neve e dei ghiacci ad alta quota e le distribuisce nei fondovalle secchi. Le precipitazioni variano da anno ad anno e da stagione a stagione. Negli ultimi anni si sono registrati specialmente nei primi mesi estivi prolungati periodi di siccità associati ad alte temperature, ad esempio nel 2003 e nel 2006. Queste condizioni hanno causato parziali perdite di raccolto e riduzioni nella produzione di energia idroelettrica significative, pari a circa il 10%. Un ulteriore fattore è l'approvvigionamento idrico derivante dallo scioglimento delle nevi e dei ghiacci. Manti nevosi e ghiacciai svolgono un ruolo importante nella gestione delle risorse idriche in regione e rappresentano una sorta di serbatoio naturale che immagazzina acqua in inverno, in forma di neve o ghiaccio, e la rilascia in primavera ed estate (si veda il capitolo sull'impatto dei cambiamenti climatici a pag. 22).

Lo scioglimento dei ghiacciai apprezzabile anche in Alto Adige rappresenta al momento un vantaggio in termini di approvvigionamento idrico estivo. In modo particolare durante le estati calde e secche come quella del 2003 una buona parte del fabbisogno viene soddisfatta proprio grazie alle acque di scioglimento dei ghiacciai. Peccato che non si tratti di una riserva inestinguibile. Sfruttare questa abbondanza di acque equivale a saccheggiare un conto in banca; già entro il 2050 queste riserve saranno almeno in parte esaurite.

La neve è un deposito soggetto a forti variazioni. Gli inverni in Alto Adige sono spesso avari di precipitazioni nevose, cosicché le riserve per l'estate sono scarse. Inoltre le temperature più alte fanno sì che le precipitazioni assumano un carattere prevalentemente piovoso, a scapito di quello nevoso. Ciononostante i manti nevosi rimangono accumulatori di risorse idriche migliori dei ghiacciai.

La vulnerabilità dell'approvvigionamento idrico alle condizioni climatiche e meteorologiche è fortemente legata alla dislocazione delle risorse, se in bacini di superficie o nelle falde freatiche. Mentre i bacini di superficie reagiscono immediatamente alla mancanza o all'abbondanza di precipitazioni, le falde freatiche rappresentano una riserva naturale che risente solo dopo molti anni di questi eventi climatici estremi. I bacini di superficie sono inoltre soggetti a significative alternazioni delle proprie risorse idriche a causa dei prelievi delle centrali idroelettriche. Per queste ragioni

l'approvvigionamento dalle falde freatiche è meno vulnerabile ai cambiamenti climatici, sebbene prolungati periodi di siccità conducano anche in questo caso a un progressivo abbassamento del livello delle falde; livello che fino ad ora è sempre stato rinvigorito da stagioni a piovosità intensa.

Anche il fabbisogno idrico dipende almeno in parte dal clima e dalle condizioni meteorologiche, specialmente in agricoltura (si veda il capitolo dedicato all'agricoltura a pag. 46). Negli ultimi anni le necessità del primo settore si sono accresciute a causa dell'estensione delle superfici da irrigare. Le siccità sempre più frequenti hanno reso necessario irrigare pascoli in territori nei quali fino ad ora non si era mai dovuti ricorrere all'irrigazione artificiale, come ad esempio in val Pusteria. Per di più pascoli un tempo non irrigati sono stati trasformati in frutteti irrigati. Una trasformazione in molti luoghi conseguenza del riscaldamento ambientale registrato negli ultimi decenni.

Ogni anno, da aprile a ottobre, vengono impiegati circa 170 milioni di metri cubi di acqua per l'irrigazione complessiva delle colture agricole. L'intervallo più critico in termini di approvvigionamento è quello tra aprile e maggio, quando l'inizio del ciclo vegetativo impenna la richiesta a fronte di una disponibilità ancora debole. Già in passato si soffriva di carenza di acqua in questo periodo.

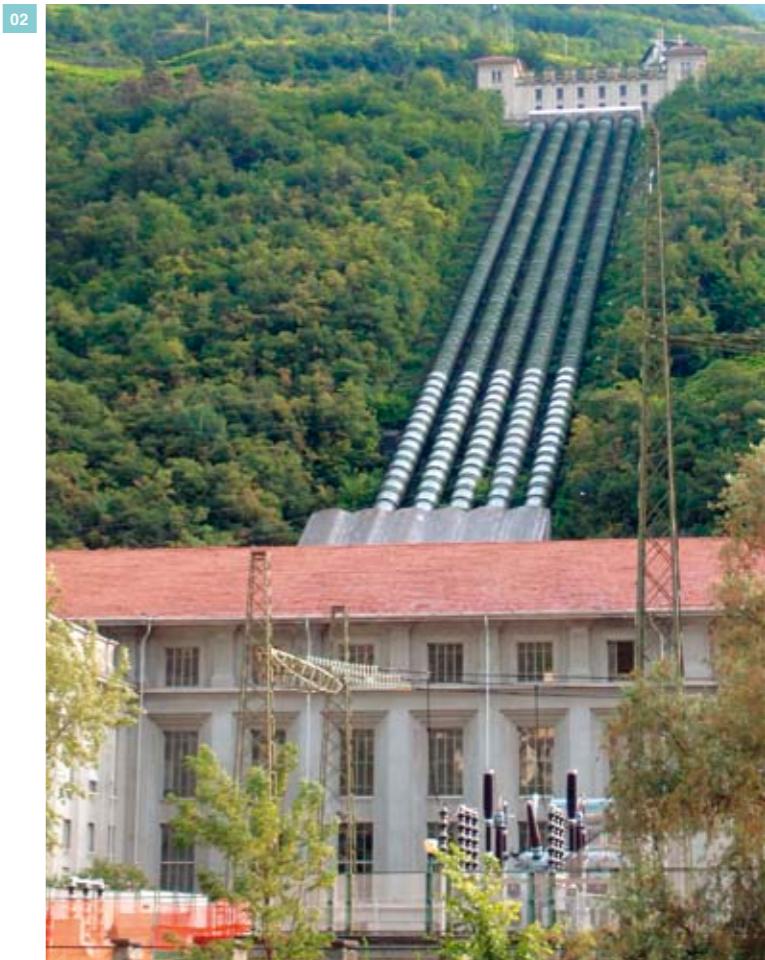
Tra le attività agricole che abbisognano di risorse idriche l'irrigazione antibrina dei frutteti rappresenta un capitolo peculiare e molto sensibile ai cambiamenti climatici. Il fabbisogno è alto e ammonta a circa 30 milioni di metri cubi di acqua all'anno. Ma i dati sono destinati ad aumentare: stando al Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche, nei prossimi anni il consumo di acqua per irrigazione salirà a 195 milioni di metri cubi, mentre l'irrigazione antibrina raggiungerà quota 38 milioni di metri cubi l'anno. Indipendentemente dall'uso finale, il fabbisogno di acqua in agricoltura è direttamente proporzionale all'aumento delle temperature. Temperature più alte significano maggiore evaporazione delle piante e dunque maggiore necessità di irrigazione.

Oltre all'agricoltura, anche il fabbisogno di risorse idriche per la produzione di neve artificiale è strettamente dipendente dalle condizioni meteorologiche e dal clima. Quanto più poveri di neve sono gli inverni e quanto più marcato è il riscaldamento, tanto più alta diventa la richiesta di acqua da trasformare.

## Sviluppi futuri e possibili impatti

Gli scenari prevedono per l'Alto Adige un ulteriore aumento delle temperature, con maggiore diffusione di fenomeni di siccità in estate e un conseguente spostamento della bilancia a sfavore dell'acqua "blu" (dei fiumi), sempre più scarsa, e a favore

02



### FIG

02 Oltre il 90% dell'energia prodotta in Alto Adige viene da impianti idroelettrici e in parte viene esportata anche in altre regioni. La produzione di energia elettrica condiziona anche l'alimentazione delle acque superficiali, generando un potenziale di conflitto con altri settori. Foto: Marc Zebisch, EURAC

dell'acqua "verde" (nella vegetazione). Per quanto riguarda invece le precipitazioni non ci sono chiare indicazioni di tendenza per quanto svariati indizi facciano pensare che in futuro la distribuzione sarà molto più irregolare, con forti precipitazioni e periodi di siccità. Temperature più alte in inverno hanno per conseguenza maggiori precipitazioni a carattere piovoso a scapito delle nevicate e meno acqua di disgelo in estate.

Nel complesso ci si può aspettare che la disponibilità idrica aumenti in inverno, fino al 135% nel 2100, e diminuisca in estate, fino al 40% in meno (si veda il capitolo sugli impatti dei cambiamenti climatici a pag. 22). In questo contesto gli anni 2003-2006, particolarmente secchi, possono essere presi a esempio di quelli che saranno gli sviluppi in futuro. In questi anni si sono verificate perdite parziali di raccolto, specialmente per quanto riguarda i pascoli, e in casi circoscritti persino episodi di carenza di acqua per uso potabile. Soprattutto le sorgenti più piccole, così importanti per l'agricoltura di montagna, si sono prosciugate, non sono state rinnovate le concessioni d'uso dei piccoli corsi d'acqua e sono sorti così conflitti per lo sfruttamento delle risorse rimaste. L'inesorabile scioglimento dei ghiacciai altoatesini condurrà lentamente alla scomparsa della maggior parte di loro nei prossimi

decenni e metterà la parola fine all'illusione della attuale maggiore disponibilità di risorse idriche per effetto dell'acqua di disgelo. L'effetto sarà visibile specialmente in estate, quando si registra per contro il picco del fabbisogno, specialmente nel settore primario; un fabbisogno che per altro è destinato ad aumentare in conseguenza anche dei cambiamenti climatici. L'aumento della richiesta e la riduzione della disponibilità potrebbero causare momenti di difficoltà nella gestione delle risorse a disposizione, specialmente nelle regioni dove finora non c'è stata possibilità di irrigare e nelle regioni già oggi secche. Ulteriori ripercussioni potrebbero riguardare la qualità delle acque. Il riscaldamento potrebbe incentivare la crescita di alghe che potrebbero a loro volta infestare i laghi. Anche la popolazione ittica di laghi e fiumi potrebbe risentire pesantemente dell'aumento delle temperature. Episodi climatici estremi come intense precipitazioni a seguito di periodi di siccità potrebbero inquinare in misura rilevante gli scarichi nelle città a causa dell'accumulo di agenti contaminanti. Lo scioglimento del permafrost in quota ha provocato in casi circoscritti il rilascio di un metallo pesante come il nickel. L'Ufficio geologia e prove materiali della Provincia autonoma di Bolzano sta analizzando questi fenomeni.



03



04

**FIG**

**03 + 04** Alto fabbisogno di acqua da una parte (ad esempio, irrigazione dei pascoli in val Senales), abbondanza di acqua dall'altra. Ma per questioni temporali e geografiche in Alto Adige le due situazioni non si compensano. Foto Marc Zebisch, EURAC

**05** L'area della val Venosta interessata dal progetto Etsch-Dialog. Fonte: Etsch-Dialog

## Misure di adattamento

Le possibili misure di adattamento ai cambiamenti climatici per quanto riguarda la gestione delle risorse idriche includono tre strategie principali:

- risparmio e riduzione dei conflitti rispetto all'uso delle risorse disponibili;
- accumulo di riserve in bacini di accumulo aggiuntivi;
- implementazione di migliori sistemi di monitoraggio e di previsione della disponibilità con adeguati piani di gestione.

Per quanto in Alto Adige in numerosi settori, a partire dalla frutticoltura fino all'innevamento artificiale, si registri l'impiego – e talvolta persino lo sviluppo in loco – di moderne tecnologie ad alto risparmio di acqua, il fabbisogno sta crescendo ed è destinato ad aumentare ulteriormente, per lo meno sulla base delle stime del Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche della Provincia.

Nella sostituzione totale in frutticoltura degli impianti di irrigazione tradizionali con impianti a goccia si intravede un ricco potenziale in termini di risparmio di risorse idriche. Tuttavia in futuro non si potrà contare solamente su misure di natura tecnica. Saranno da mettere in discussione anche la sconsideratezza di concessioni d'uso aggiuntive e le modalità di sfruttamento delle risorse. Per quanto riguarda l'irrigazione, ad esempio, un modello di accesso determinato in base alle reali necessità dovrebbe sostituirsi a un modello che assegna una quota fissa giornaliera a ogni utente. Una migliore manutenzione della rete di distribuzione dell'acqua potabile significherebbe un sensibile risparmio. Sono inoltre da

prevedere misure affinché il consumo casalingo privato venga diminuito, ad esempio con il riciclo delle acque di scarico. Il risparmio di acqua deve avere la precedenza sulla costruzione di serbatoi aggiuntivi.

L'accumulo di riserve d'acqua artificiali si renderà necessario non solamente per soddisfare una domanda crescente, ma anche perché i bacini naturali di raccolta come nevai e ghiacciai, che finora hanno conservato le precipitazioni invernali per i mesi estivi, si stanno ritirando. Del resto però il potenziale di questi serbatoi aggiuntivi è limitato poiché gli spazi dove poterli costruire sono pochi e l'impatto ambientale negativo.

Un metodo intelligente per risparmiare acqua e sfruttarla in modo più efficiente consiste nel monitorare e predire la disponibilità delle risorse idriche e disporre una adeguata gestione sulla base degli effettivi bisogni. Ad esempio l'irrigazione potrebbe essere coordinata in modo tale da essere concessa solo quando l'umidità del terreno scenda al di sotto di un dato valore oppure nel caso in cui sia previsto un periodo di siccità.

Al fine di attenuare in futuro i conflitti e certi effetti collaterali deleteri per l'ambiente, le iniziative politiche che promuovono l'accordo tra gli utilizzatori delle risorse idriche sono uno strumento opportuno. Un esempio di successo è rappresentato dal progetto "Etsch-Dialog", promosso dalla Provincia autonoma di Bolzano in alta val Venosta. Qualcosa si muove anche nel rapporto potenzialmente conflittuale tra i gestori delle centrali idroelettriche e i rappresentanti del mondo dell'agricoltura. I contadini rinunciano a sfruttare le loro concessioni nei periodi in cui le pre-

cipitazioni sono sufficienti in modo tale che le centrali possano disporre di maggiori risorse idriche. In cambio le centrali mettono acqua a disposizione delle coltivazioni nei momenti di maggior necessità. Questi accordi su equilibri di pari guadagno potrebbero concretizzarsi più spesso in futuro in un contesto di necessario risparmio delle risorse.

In generale la politica del risparmio dovrebbe acquisire priorità assoluta, anche a vantaggio di una strategia ad oggi ancora talvolta imperante che mira ad assicurare la copertura di un crescente fabbisogno.

05

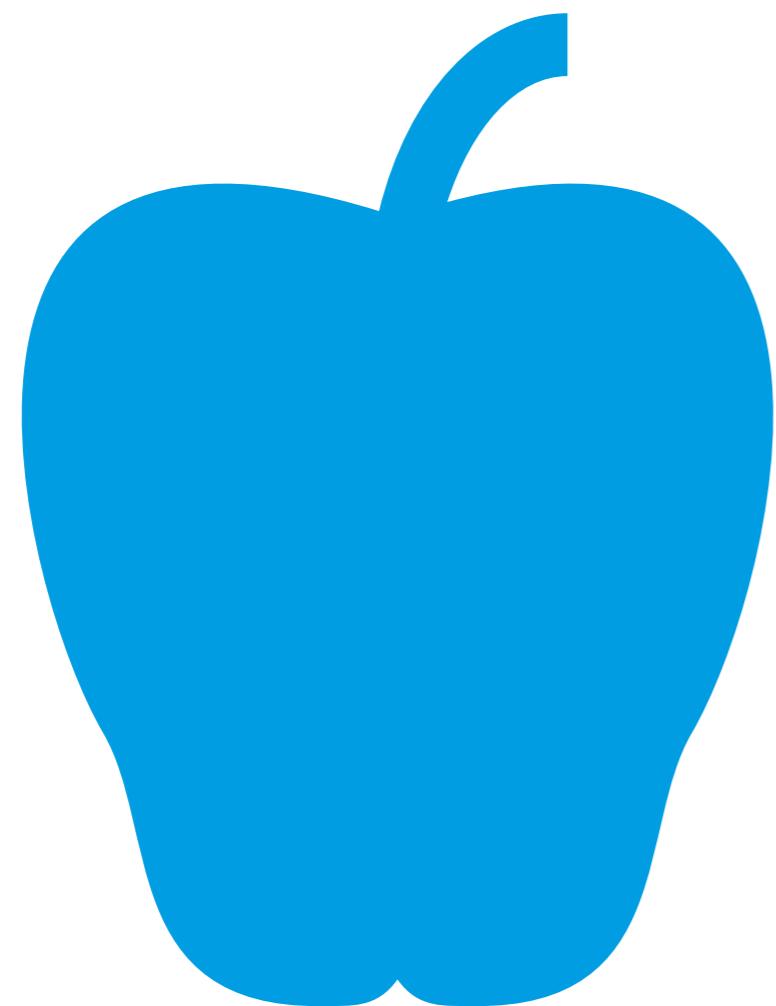


## Etsch-Dialog

L'iniziativa ETSCH-DIALOG mira a ricreare un equilibrio completo nell'area fluviale dell'Adige compresa tra Glorencia e Lasa (3.634 ettari), in collaborazione con la popolazione, i comuni e svariati gruppi di interesse. Questo obiettivo si può raggiungere attraverso il dialogo e la cooperazione. L'Etsch-Dialog può cambiare la vita del fiume e può garantire più sicurezza, più spazio, più acqua e più ecologia.

Il lavoro degli esperti e il coinvolgimento di tutti gli operatori e della popolazione dell'alta val Venosta sono fondamentali per la realizzazione del progetto. Gli studi scientifici, gli incontri con gli esperti, le iniziative che coinvolgono le scuole, i tavoli di discussione, le serate informative e i canali di comunicazione, come il sito internet, contribuiscono a rendere l'Etsch-Dialog una piattaforma ideale per la realizzazione degli interventi nel corso dei prossimi 15-20 anni. I risultati e gli sviluppi futuri che riguarderanno il fiume Adige nella zona dell'alta val Venosta avranno una validità lunga nel tempo e sicuramente saranno ancora attuali tra 100 o 200 anni.

Tratto dal sito: <http://www.etschdialog.it/it/index.php>



# agri coltura

*Georg Niedrist*

*Erich Tasser*

*Ulrike Tappeiner*

## In questo capitolo

**Fino ad oggi l'agricoltura si è adeguata senza grosse difficoltà alle condizioni climatiche. Le coltivazioni intensive dell'Alto Adige, ad esempio, già si affidano alla irrigazione artificiale, considerata uno dei nodi chiave più delicati correlati ai cambiamenti climatici. Le temperature in aumento possono inoltre comportare la fioritura e la maturazione anticipata dei frutti, con conseguenze potenzialmente negative per la qualità del raccolto, sia uva che mele. Dalla foraggicoltura ci si aspetta una produttività crescente, tuttavia in caso di approvvigionamenti di acqua non sufficienti, aumenteranno i danni dovuti alla siccità.**

**Si prevede inoltre un aumento del potenziale nocivo degli insetti. Sui funghi parassiti invece le previsioni sono ancora incerte.**

**Un adattamento dell'agricoltura a questi cambiamenti è raggiungibile attraverso sistemi d'irrigazione efficienti e adeguate lavorazioni del terreno. La selezione delle varietà dovrà privilegiare quelle a maturazione ritardata e resistenti alla carenza di acqua. La tutela delle piante richiederà sempre maggiori risorse e sarebbe consigliabile la realizzazione di una banca dati centrale che conservi traccia di tutti i danni agricoli riconducibili ai cambiamenti climatici.**

## ● *Situazione generale*

Quello agricolo è il settore che forse più di ogni altro risente direttamente del tempo e del clima. I minimi cambiamenti nelle temperature e nelle precipitazioni hanno conseguenze immediate sulla quantità, la qualità e il valore economico dei raccolti agricoli. Nelle regioni alpine organizzate in piccole strutture agricole, le attività del primo settore si sono sempre adeguate senza grosse difficoltà ai cambiamenti climatici.

In Alto Adige i circa 267.000 ettari destinati all'agricoltura rappresentano circa un terzo dell'intera superficie. Per la maggior parte (89%) sono sfruttati a prato/pascolo, seguono aree coltivate a meletti (7%), vigneti (2%) e infine le altre coltivazioni (2%) (1). Mentre in altre aree dell'arco alpino le attività agricole sono state via via abbandonate negli ultimi decenni a causa delle trasformazioni socio-economiche (2), in Alto Adige interventi pubblici mirati hanno rallentato questo fenomeno. Tuttavia anche nella provincia di Bolzano il prodotto interno lordo riferibile al primo settore si è ridotto al 4,1%, così come è diminuito il numero delle persone occupate: 6,7% del totale (3).

Le sfide che i mutamenti climatici prospettano all'agricoltura si aggiungono oggi a quelle imposte dalla concorrenza economica globale. Certo, il sistema sembra abbastanza resistente grazie alla propria struttura e grazie a una consolidata esperienza nella gestione di eventi estremi, tuttavia le condizioni in futuro cambieranno e richiederanno ancora maggiore flessibilità e capacità di adattamento.

## ● *Possibili impatti*

Nel futuro dell'agricoltura altoatesina la sfida centrale connessa ai cambiamenti climatici è la **disponibilità di risorse idriche**. Già oggi l'acqua, prerequisito indispensabile per le colture intensive, è una risorsa limitata. Seppure le precipitazioni annuali si mantengessero sui livelli attuali, l'innalzamento delle temperature, con relativo aumento dell'evaporazione e scioglimento anticipato della neve, ridurrà inevitabilmente la disponibilità di risorse idriche. Una loro ancor più oculata gestione si renderà pertanto necessaria. Buona parte delle colture intensive è già oggi irrigata artificialmente, specialmente nelle aree meridionali e occidentali della provincia. In particolare i meletti richiedono interventi di irrigazione aggiuntiva. Quasi tutte le piantagioni sono provviste di impianti. E poiché il numero degli eventi climatici estremi è destinato a crescere, in futuro anche i pozzi dovranno raggiungere profondità maggiori. In caso di prolungate siccità o più gelate notturne in sequenza le piante ricorrono infatti alle riserve delle falde freatiche il cui livello già in passato è considerevolmente diminuito a seguito di questi eventi estremi (4). I vigneti sono meno sensibili alla siccità. Tuttavia si rivelano sempre più necessari interventi di irrigazione artificiale aggiuntiva, sia nelle vigne di nuovo impianto sia in quelle più datate.

I danni causati dalla siccità a prati e pascoli sono difficili da schedare in modo affidabile; ad oggi infatti sono mancate in Alto Adige misurazioni annuali che consentano un confronto. Negli ultimi



● FIG

01 Pascoli in condizioni estreme (San Martino al Monte, Laces, val Venosta).  
Foto: Georg Niedrist, EURAC

dieci anni tuttavia sono aumentate le richieste di risarcimento, e le rispettive liquidazioni, per danni ricollegabili alla siccità (informazione trasmessa oralmente dall'ufficio Servizi agrari). Le denunce si sono moltiplicate anche nelle aree orientali dell'Alto Adige, quelle tradizionalmente più piovose e dove si fa ancora un ricorso relativamente limitato all'irrigazione artificiale.

Durante la fase di crescita **temperature elevate** possono favorire la vegetazione; sui meleti e sui vigneti le conseguenze del riscaldamento possono tuttavia avere effetti indesiderati. L'aumento delle temperature, tanto di quelle minime quanto di quelle massime, comporta una significativa anticipazione delle fasi di sviluppo delle piante (fasi fenologiche). Nei vigneti dell'Alto Adige e in altre regioni vinicole dislocate in tutto il mondo la vendemmia è stata progressivamente anticipata di una-due settimane (5). Ma queste raccolte ante-tempo influiscono negativamente sulla qualità dell'uva e sul processo di fermentazione. Inoltre vengono osservate tendenze a mosti sempre più alcolici e a un sempre più marcato abbassamento di acidità delle uve (6/7); fenomeni che possono creare problemi specialmente nella produzione di vini bianchi particolarmente pregiati.

Maturazioni e raccolti anticipati sono documentati anche in melicoltura. Le conseguenze più negative sulla qualità dei pomi e sulla loro conservazione sono rappresentate da temperature notturne in ascesa e da una escursione termica sempre più contenuta (4). Se a questo si aggiungono inverni miti, il pericolo che la pausa vegetativa invernale venga interrotta prima del tempo aumenta. Ne consegue una fioritura anticipata e non regolare (8/4). Per quanto riguarda invece le gelate tardive, gli studi mostrano che le piante reagirebbero con un certo ritardo al riscaldamento e dunque il rischio sarebbe ridotto (9), sebbene permanga più alto in

zone climaticamente al limite per la coltivazione delle mele, come ad esempio in alta val Venosta.

Le conseguenze del riscaldamento su prati e pascoli dovrebbero essere essenzialmente positive (10). Ricerche condotte in alta val Venosta hanno dimostrato come periodi di crescita prolungati e temperature medie più alte influenzino positivamente il raccolto specialmente a quote comprese tra i 1.500 e i 2.000 metri e addirittura, in condizioni particolarmente favoribili, rendano possibile un secondo taglio di erba (si vedano i dettagli nel box a pag. 53). In generale i prati che vengono sottoposti a due tagli stagionali sono più resistenti a fasi prolungate di siccità rispetto a prati dove il numero dei tagli aumenta a tre e oltre; questi ultimi sono infatti sottoposti a un maggiore stress a causa dello sfruttamento intenso (11). Periodi prolungati di sole migliorano inoltre le condizioni del raccolto e la qualità del fieno. Questo a patto che le risorse idriche disponibili siano sufficienti: alte temperature associate a prolungate fasi di siccità conducono inevitabilmente a una più elevata evaporazione, che richiede una compensazione con irrigazione artificiale.

**L'aumento del biossido di carbonio**, o anidride carbonica, ( $\text{CO}_2$ ) nell'atmosfera è un ulteriore aspetto dei cambiamenti climatici. Rispetto ai fattori precedentemente presi in considerazione l'influenza di quest'ultimo sulle attività agricole può essere valutata come relativamente modesta. Una maggiore disponibilità di  $\text{CO}_2$  migliora il processo di fotosintesi delle cosiddette "piante C3" e comporta una lieve crescita di raccolto (12/13). Le leguminose in particolare trarrebbero vantaggio da una più ampia disponibilità di  $\text{CO}_2$  (14). Rispetto all'aumento della produzione raggiunto grazie a sementi selezionate, gli effetti descritti assumono tuttavia un



significato marginale. Anche in questo caso infatti la condizione essenziale per il verificarsi di questi sviluppi è una adeguata disponibilità di acqua. L'estate del 2003 ha mostrato come un lieve aumento della biomassa sia stato nettamente surclassato dai danni causati dalla siccità (15). Il mais invece, in quanto pianta a ciclo 4, non può trarre alcun vantaggio da una aumentata concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

Né in Alto Adige né in altre regioni d'Europa è stato possibile ricostruire tendenze affidabili per quanto riguarda le **grandinate**. Tenendo in considerazione il fatto che le superfici destinate a coltivazioni sono aumentate, un'analisi delle aree localmente colpite da grandine negli ultimi decenni non lascia adito a deduzioni circa un possibile aumento di intensità del fenomeno. Nemmeno si può provare un collegamento diretto tra i fenomeni grandinigeni e le alte temperature estive (16). Quello che invece si è potuto osservare è l'aumento delle ustioni solari a danno dei meleti; questo aumento è da ricondursi al progressivo accrescere del numero di ore di irraggiamento solare negli ultimi 35 anni (4).

Oltre alle conseguenze dirette dei mutamenti climatici vanno considerate con attenzione anche le conseguenze indirette causate dagli organismi nocivi. Così come nella selvicoltura, prolungati periodi di crescita conseguenti a temperature più alte favoriscono il proliferare di organismi nocivi e dei loro vettori. Nel caso del carpocapsa del melo, ad esempio, il riscaldamento provoca un'accelerazione e una anticipazione dei cicli vitali e di conseguenza un maggiore rischio di infestazione (17). I vigneti sono minacciati specialmente dalla recente comparsa della cicalina della flavesenza dorata (*Scaphoideus titanus*), che è il principale vettore della flavesenza dorata (*Flavescence dorée*).

C'è ancora poca chiarezza sulla diffusione e gli effetti dei funghi nocivi. Temperature elevate favoriscono lo sviluppo e la formazione di spore di funghi quali la peronospora o la ticchiolatura tuttavia prolungati periodi di siccità potrebbero significare una tregua. In generale si prevede in correlazione con una aumentata siccità, una minore esposizione delle piante alle malattie, siano esse patologie fungine o dovute ad agenti batterici, si pensi al colpo di fuoco batterico. Allo stesso tempo tuttavia il riscaldamento aumenterà le oscillazioni di temperatura e conseguentemente il numero delle infezioni più gravi (4/18).

## Misure di adattamento

In linea di massima si ritiene che l'agricoltura possa adattarsi a cambiamenti climatici moderati. La preoccupazione maggiore è piuttosto legata al potenziale aumento degli eventi climatici estremi (10). Sicuramente un provvedimento di adeguamento che interessa l'intero Alto Adige è la predisposizione di risorse idriche sufficienti per tutte le colture. E dal momento che si prevede una ulteriore riduzione di queste risorse in futuro, sarà necessaria una loro gestione ancor più oculata e un monitoraggio continuo.

04



FIG

04 In alta val Venosta si cambiano numerosi sistemi di irrigazione: un primo passo verso l'introduzione dei meleti? Foto: Georg Niedrist, EURAC

Al momento gli impianti impiegati in frutticoltura sono diversificati: oltre il 70% delle superfici viene irrigato esclusivamente attraverso sistemi ad aspersione, solamente un 24% scarso delle colture si avvale di sistemi a goccia. Negli anni si sta registrando un miglioramento della situazione, tuttavia una condizione ottimale ancora non è stata raggiunta (informazione trasmessa per iscritto dal Centro di Consulenza per la fruttiviticolta).

Oltre alle misure da adottare per una ottimizzazione della gestione delle risorse idriche, altre azioni di adeguamento ai cambiamenti climatici riguardano ad esempio l'adozione di portainnesti resistenti alla siccità nelle vigne o di nuovi metodi di preparazione del terreno (19). Saranno inoltre da prendere in considerazione misure dirette di protezione: ad esempio le reti antigrandine potrebbero fungere da protezione sia dalla grandine sia dai raggi solari (4).

Gli esperti prevedono che a causa dei cambiamenti climatici sia le frutticolture sia i vigneti in Europa trasleranno tendenzialmente verso nord. Tale fenomeno interessa anche l'Alto Adige e in particolare l'alta val Venosta. Il cambiamento strutturale nel panorama agricolo e i vantaggi di natura finanziaria sono le principali cause dell'espansione della frutticoltura in direzione Resia; espansione giunta oggi all'altezza di Malles. L'evidente aumento della tempe-

ratura in questa regione è un ulteriore contributo a tale processo. Il rovescio della medaglia di questo avanzamento delle frutticolture in regioni periferiche è una possibile maggiore suscettibilità alle gelate tardive e alla aridità da gelo (20). Gli esperti stimano che sul lungo periodo si osserverà una selezione delle varietà a favore di quelle a maturazione più tarda, ad esempio le Pink® o le Fuji per quanto riguarda le mele (5/8/15). Comunque al momento in Alto Adige la selezione delle varietà è influenzata dalle condizioni dominanti del mercato ben più che dagli scenari sui cambiamenti climatici (informazione trasmessa oralmente dal Centro di Consulenza per la fruttiviticolta). In alternativa alla riduzione delle specie, occorrerà adottare, sia nei meleti che nei vigneti, nuovi sistemi di assottigliamento e preparazione del terreno per ritardare la maturazione verso gli autunni più freschi (19). Per quanto riguarda i prati, l'impiego di speciali semine miste resistenti ai climi secchi rappresenta un esempio di adattamento.

Certamente, i cambiamenti climatici porteranno con sé un innalzamento dei costi di coltivazione. Studi tedeschi calcolano un aumento medio di 1.000-1.500 euro a ettaro per i meleti (8). Tuttavia è ragionevole pensare che il futuro dell'agricoltura, più che dai cambiamenti climatici, sarà pregiudicato dalle politiche agrarie della Unione europea e dalle esigenze del mercato globale.

## Cambiamenti climatici in val Mazia

Dal 2009 l'EURAC conduce in val Mazia, trasversale della val Venosta, una campagna di prove, concepita come progetto di lunga durata, per studiare gli effetti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura di montagna e sulle risorse idriche.

Nell'ambito di questo progetto i ricercatori dell'EURAC, in collaborazione con l'Università di Innsbruck, hanno trasferito zolle di prato a sfalcio a una quota di 500 metri inferiore a quella di origine, mantenendo le stesse condizioni (utilizzo del suolo, inclinazione ecc), ma a una temperatura di 3-3,5 gradi centigradi superiore; vale a dire l'aumento di temperatura stimato per il versante meridionale delle Alpi per il 2100. Di questi campioni "trapiantati" i ricercatori hanno analizzato il terreno, le risorse idriche, la quantità di erba prodotta e la biodiversità. I primi risultati mostrano un netto aumento di produttività nei prati trasferiti. Sembra che le conseguenze dei cambiamenti climatici saranno avvertibili principalmente nelle stagioni di transizione (primavera e autunno) e a quote sub-alpine. Parallelamente a queste analisi specifiche, in val Mazia si stanno eseguendo misurazioni più ampie per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche dell'intera valle. Numerose stazioni climatiche sono state sparse sul territorio, sono state mappate porzioni di terreno e vegetazione, e campagne di misurazione delle acque sono state condotte in collaborazione con l'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano. Grazie a queste operazioni i ricercatori intendono descrivere con la massima precisione possibile lo stato delle risorse idriche in modo da poter prevedere, con l'ausilio di appositi scenari climatici, le disponibilità future.

Il progetto Climate Change costituisce il punto di contatto con molti altri progetti in corso e si svolge nell'ambito di una cooperazione internazionale con LTER-Austria Network e con la Duke University of North Carolina (USA).

# foreste

*Georg Niedrist  
Erich Tasser  
Ulrike Tappeiner*



## In questo capitolo

**Il bosco in linea di massima può adeguarsi a condizioni ambientali mutate, ma con una certa lentezza.**

**Prolungate siccità lo rendono più suscettibile al potenziale nocivo dei parassiti, che in futuro sarà persino superiore. Inoltre, una maggiore aridità provocherà anche in Alto Adige un più alto rischio incendi. Eventi climatici estremi minacceranno il bosco più dei cambiamenti continuativi.**

**D'altra parte, una maggiore disponibilità di CO<sub>2</sub> da ricondurre al riscaldamento favorirà la crescita delle piante. Se il bosco non verrà ripulito regolarmente degli elementi più vecchi, il rischio è quello di un eccessivo invecchiamento.**

**Per adattarsi ai cambiamenti climatici la selvicoltura deve prevedere regimi di amministrazione forestale adeguati alle singole zone, facendo attenzione alle mutate condizioni di crescita, ad esempio rinunciando in parte agli abeti rossi, non così resistenti alla siccità, a favore delle latifoglie. Il bosco inoltre dovrà essere costantemente rinnovato e dovrà essere dotato di infrastrutture adeguate che permettano di reagire prontamente in caso di eventi estremi.**

## ● *Situazione generale*

Il 50% della intera superficie dell'Alto Adige è ricoperta da boschi, per un totale di circa 372.000 ettari. Da un lato i boschi alimentano attività economiche connesse alla lavorazione del legno, dall'altro offrono servizi ecologici elementari, come ad esempio la garanzia della qualità dell'acqua e la protezione contro l'erosione e le slavine. Al 58% dei boschi dell'Alto Adige è stata riconosciuta una esplicita funzione protettiva (1).

Questi boschi sono in grande parte ecosistemi seminaturali, ovvero l'esito sia dell'influenza antropica sia della storia climatica. Se ne deduce che i boschi abbiano una certa capacità naturale di adattarsi a mutate condizioni ambientali. Tuttavia, a causa dei prolungati tempi di crescita, il sistema si dimostra anche lento e la rapidità con cui si prevede avverranno i cambiamenti climatici potrebbe essere troppo sostenuta perché il sistema-bosco possa tenere il passo (2).

terà. Recenti studi svizzeri dimostrano maggiori danni dovuti a forti temporali negli ultimi 150 anni (6). Ciò è dovuto a diversi fattori: da una parte a superfici boschive sempre più ampie e a strutture sempre più vecchie, dall'altra parte a inverni sempre più miti durante i quali il terreno non gela ma anche le punte massime durante le tempeste sono sempre più alte.

In Alto Adige mancano rilevazioni che testimonino l'elevarsi del numero degli schianti da vento e, del resto, la collocazione dei boschi in area centroalpina li espone ai fenomeni ventosi molto meno di altre regioni sul versante nord, come la Svizzera o la Baviera. Secondo gli esperti la minaccia di schianti in Alto Adige non sarebbe da ricondurre tanto a influenze climatiche provenienti dall'Atlantico, quanto piuttosto a circoscritti fenomeni locali di föhn e raffiche di vento durante i temporali.

Rispetto ad altre regioni d'Europa, gli incendi boschivi non sono un fenomeno di primaria rilevanza in Alto Adige. Tuttavia anche in questa zona la relazione tra scarsità di precipitazioni e numero degli incendi è significativa (figura 1). Sulla base degli scenari elaborati si stima che in futuro il rischio di incendi aumenterà, specialmente nei boschi più omogenei di pini. Grazie a buone infrastrutture in loco ed efficaci sistemi antincendio si mira a limitare l'estensione degli incendi.

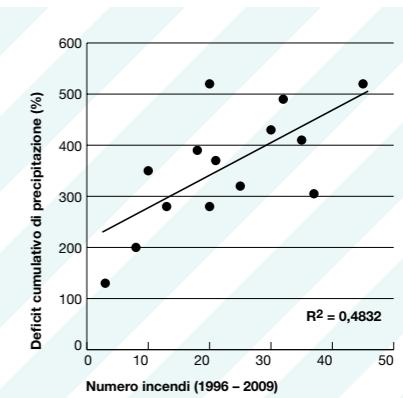
Così come per l'agricoltura, oltre alle conseguenze dirette dei cambiamenti climatici vanno considerate con attenzione anche le conseguenze indirette causate dagli organismi nocivi nei boschi.

## ● *Possibili impatti*

In generale è presumibile che le conseguenze dei cambiamenti climatici varieranno in modo consistente in base alla zona e al contesto locale (3). Già oggi, in certe aree dell'Alto Adige, si osserva un cambiamento della composizione del bosco. Secondo gli esperti ancora non è possibile distinguere quali trasformazioni siano da considerarsi dirette ripercussioni dei cambiamenti climatici e quali invece siano da imputarsi a un diverso utilizzo da parte dell'uomo.

Temperature in aumento e limitata disponibilità di risorse idriche, sono questi i principali elementi di stress per l'ecosistema bosco. Le prime conseguenze visibili sono cambiamenti nella fenologia delle piante. Nelle conifere dell'arco alpino, ad esempio, la gemmazione si è progressivamente anticipata negli ultimi 60 anni di una-tre settimane, con oscillazioni regionali molto forti (4-5). Il fattore chiave che influenzerà la condizione dei boschi in futuro è il cambiamento del bilancio idrico. Una ridotta disponibilità di acqua indebolisce gli alberi e li rende più vulnerabili agli attacchi dei parassiti. In particolare, sono da considerarsi più a rischio i boschi collocati in territori climaticamente estremi e i boschi già compromessi nella loro composizione dall'intervento dell'uomo (taglio, sfruttamento della lettiera del sottobosco ecc.). Il collasso dei boschi di pini attorno a Bressanone ne è un esempio impressionante: a seguito di numerosi periodi di siccità precedenti, nell'estate del 2003, su circa 150 ettari di bosco, 8000 metri steri di legno sono colllassati (1).

A livello locale si ritiene che saranno in particolare questi eventi estremi a condizionare la selvicoltura in futuro. E sebbene la ricerca non si esprima ancora con voce unanime rispetto alla frequenza e all'intensità di questi fenomeni, sono sempre più numerosi i segnali a sostegno della ipotesi che, oltre a un cambiamento dei valori medi, anche il numero degli eventi climatici estremi aumen-



● FIG

**01 Rapporto tra la frequenza degli incendi e la siccità nell'intervallo 1996-2009. Deficit cumulativo di precipitazione: percentuale mensile di indebolimento della media delle precipitazioni nell'intervallo 1960-1990 (20). Fonte: Ufficio idrografico e Ripartizione foreste della Provincia autonoma di Bolzano. Rielaborazione propria.**



**02 + 03** Boschi adeguati per composizione alle caratteristiche del territorio sono efficaci strategie di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici e un modo per rendere sostenibili le funzioni protettive del bosco stesso come nell'esempio di Mazia (sopra). Foto 02: Giacomo Bertoldi, EURAC. Foto 03: Georg Niedrist, EURAC

Fasi di crescita delle piante più lunghe e temperature più elevate favoriscono lo sviluppo di parassiti forestali come lo scolite dell'abete rosso (*Ips typographus*) (7) e provocano un maggior numero di infestazioni. Particolarmente interessato è l'abete rosso che rappresenta la specie dominante (il 61% totale dei boschi altoatesini). Gli abeti rossi sono sensibili alla siccità, vale a dire a precipitazioni inferiori a 600 mm l'anno, (8) e hanno un elevato potenziale di vulnerabilità poiché sono disposti principalmente al di sotto dei 1.300 metri. Si stima che entro il 2100 la misura dei danni complessivi ai boschi di abete rosso verrà raddoppiata (9). In Alto Adige mancano dati statistici affidabili che traggono le ripercussioni negative degli insetti nocivi proliferati a causa dei cambiamenti climatici. Tuttavia alcuni indizi fanno presupporre un aumento della minaccia da parte di questi insetti, basti pensare alla bombice dispari (*Lymantria dispar*) o alle diverse varietà di bostrico (1).

I cambiamenti climatici non solo favoriscono lo sviluppo di insetti parassiti accelerandone i cicli di crescita; il riscaldamento amplia l'estensione del loro habitat. Vari insetti originari dell'area mediterranea, come ad esempio diverse varietà di processionaria, si ritrovano sempre più frequentemente in Europa centrale e settentrionale (10). Le temperature più elevate facilitano l'emigrazione di nuove specie, i neofiti, ad esempio il cinipide galligeno (*Dryocosmus kuriphilus*), un dannoso parassita del castagno originario del Giappone la cui comparsa in Europa risale al 2002 e che dal 2009 ha fatto il suo ingresso massiccio anche in Alto Adige (1). L'effetto di inverni miti sui parassiti varia: mentre favoriscono la diffusione della processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) (11), mesi più piovosi sarebbero invece causa di una più elevata mortalità tra le crisalidi del geometra dei pini (*Bupalus piniarius*) e della nottua del pino (*Panolis flammea*) (10). Poiché ancora non è stata individuata una tendenza definita per quanto riguarda le precipitazioni invernali in Alto Adige, l'impatto dei parassiti in futuro rappresenta ancora un interrogativo aperto, sia per gli insetti, sia per i funghi. Molte varietà di questi ultimi si moltiplicano all'aumentare della umidità dell'aria e, poiché una chiara tendenza di questo parametro non è stata ancora definita, è difficile elaborare scenari in merito (12). Allo stesso tempo, gli alberi colpiti da stress idrico sono maggiormente vulnerabili agli attacchi dei funghi parassiti e la loro vulnerabilità è destinata dunque ad aumentare. Questa combinazione per esempio sembra essere all'origine della ampia infestazione di cancro corticale del castagno, provocato dal fungo *Cryphonectria parasitica* (13).

Le conseguenze dell'aumento di concentrazione di CO<sub>2</sub> non si possono riconoscere con immediatezza, eppure, in combinazione con temperature più elevate e fasi di crescita più lunghe, gli effetti sulla crescita delle piante dovrebbero essere positivi (14). Quanto siano duraturi è invece ancora tutto da chiarire. Gli scienziati non trovano accordo, tanto più che lo spessore degli stomi delle foglie è diminuito costantemente negli ultimi 200 anni (15). In generale si

stima che solo il 2-4% dell'aumento della crescita delle piante possa essere ricondotto a una maggiore presenza di CO<sub>2</sub> nell'aria. Il ruolo dei boschi quali serbatoio di CO<sub>2</sub> in un contesto trasformato dai cambiamenti climatici è ambivalente: una congiuntura di crescita più favorevole dovrebbe mettere i boschi in condizione di incamerare ancor più anidride carbonica, allo stesso tempo le possibilità di assorbimento sono limitate e rilevanti sul lungo periodo solamente in boschi in equilibrio stabile. Peraltro eventi calamitosi come schianti da vento avrebbero come conseguenza immediata la liberazione in atmosfera della CO<sub>2</sub> immagazzinata (14). Inoltre, nei boschi buona parte della CO<sub>2</sub> viene stoccatata nel terreno e, poiché il riscaldamento avrà come conseguenza un aumento della respirazione, anche queste scorte saranno nuovamente liberate (16).

## Misure di adattamento

In sintesi si può affermare che la migliore strategia di adattamento ai cambiamenti climatici è il mantenimento di boschi adeguati per composizione alle caratteristiche del territorio e giustamente assortiti per età delle piante. Negli ultimi anni in Alto Adige è stato fatto tanto in questa direzione. La pubblicazione sulle "Tipologie forestali dell'Alto Adige" (17) rappresenta un riferimento fondamentale per una gestione dei boschi che sia adeguata alle caratteristiche dei singoli territori. Nell'ambito di questo progetto, in collaborazione con il Tirolo del Nord, sono state descritte tutte le tipologie di boschi presenti, le possibili estensioni e le potenziali minacce sia di natura biotica che abiotica. I risultati ottenuti rappresentano una buona base per la selvicoltura futura e trovano già applicazione nelle operazioni di rimboschimento sul monte Sole in val Venosta o nei dintorni di Monticolo (1). Oltre a una composizione di varietà che si adattino meglio al territorio, anche una struttura ben bilanciata in relazione all'età delle piante è importante per la salute del bosco. In Alto Adige, ogni anno, per una crescita di 1,58 milioni di steri di legna si calcola una ripresa di 0,57 milioni. Questo significa che i boschi non solo si ampliano, ma invecchiano pure; in futuro gli sforzi per rinnovarli dovranno essere ancora più intensi. Non solo, le operazioni di rinnovamento dovranno prevedere l'impiego di piante adeguate per le mutate condizioni e sarebbe consigliabile che garantissero la massima varietà genetica per stimolare la stabilizzazione del sistema bosco (18).

In Baviera, nel Salisburghese e in Tirolo del Nord si stanno profondamente approcci in selvicoltura che vanno ancora oltre: gli esperti mettono a punto degli scenari riguardanti la possibile distribuzione dei boschi in condizioni climatiche mutate e in un secondo momento, sulla base di questi modelli viene adattata la gestione forestale (19). Tuttavia, parimenti a quanto affermato per l'agricoltura, l'ipotesi è che nei prossimi decenni la selvicoltura locale venga influenzata da componenti socio-economiche quali il prezzo del legno o i nuovi sviluppi nel settore dei carburanti a biomassa, ben più che dai cambiamenti climatici.

# pericoli naturali

*Marc Zebisch  
Christian Hoffmann  
Alberto Pistocchi*



## In questo capitolo

**L'Alto Adige conosce bene la realtà dei pericoli naturali. La maggior parte di questi dipende direttamente dal clima e dalle condizioni meteorologiche ed è pertanto pesantemente influenzata dai cambiamenti climatici.**

**L'ampliamento degli insediamenti umani e la stessa spinta insediativa non fanno che aumentare la vulnerabilità del territorio ai pericoli naturali.**

**Alluvioni, frane ed esondazioni di torrenti potrebbero diventare più frequenti per l'intensificarsi degli eventi estremi connessi proprio ai cambiamenti climatici.**

**Mancano tuttavia indicazioni precise circa la reale portata del fenomeno poiché i modelli climatici difficilmente possono prendere in considerazione gli eventi estremi.**

**Lo scongelamento del permafrost porterà per certo a un aumento dei distacchi dalle cime in alta quota; frane che minacceranno le vie di comunicazione e le infrastrutture turistiche.**

**In Alto Adige il grado di adattamento ai pericoli naturali derivanti dai cambiamenti climatici è piuttosto alto; specialmente in ambito tecnico, il potenziale di ottimizzazione può considerarsi pressoché esaurito. In futuro assumeranno sempre più valore le iniziative di management e comunicazione del rischio, di monitoraggio, di allerta tempestiva e pianificazione urbanistica. In tutti questi settori i cambiamenti climatici dovranno essere tenuti in adeguata considerazione.**

## ● *Situazione generale*

Come tutti i territori montuosi, anche l'Alto Adige è soggetto a diverse tipologie di pericoli naturali, pericoli che spesso dipendono direttamente dal clima e dalle condizioni meteorologiche estreme. Una sintetica classificazione include (1):

- pericoli legati all'acqua (pericoli idraulici) quali colate detritiche, alluvioni, esondazioni di torrenti ed erosione;
- spostamenti di masse di terra quali crolli, scivolamenti, sprofondamenti e colate da versante;
- slavine.

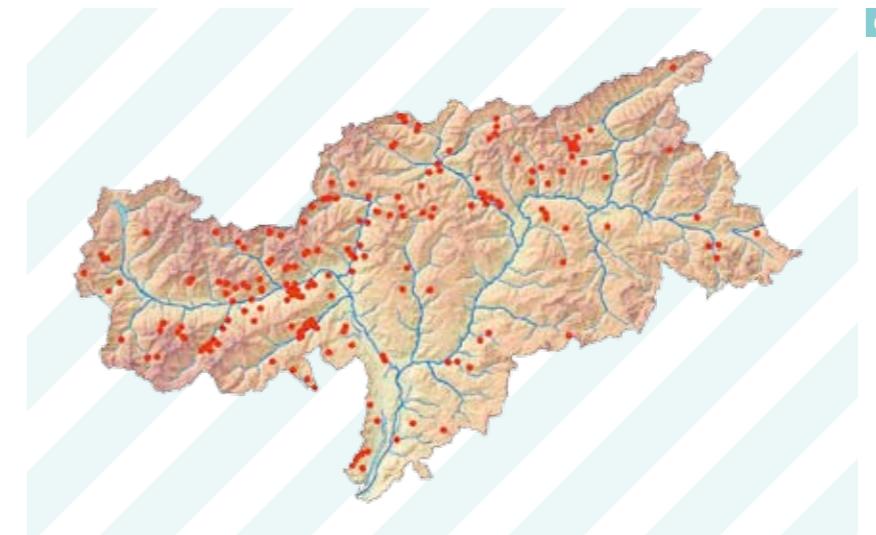
Le colate detritiche dalle ripide valli laterali e le esondazioni dai torrenti dei conoidi di deiezione sono in cima alla lista dei potenziali pericoli (2). Le particolari frane note come *debris flow* o colata detritica sono scivolamenti rapidi e fluidi verso valle di fango e materiale detritico (2), si verificano in genere a seguito di intense precipitazioni in letti di torrenti ripidi, con una pendenza media superiore al 15% (3). In Alto Adige sono particolarmente interessati da questo fenomeno i bacini idrografici più ripidi e le aree ricche di materiale detritico cosiddetto "sciolto" (figura 1). Il potenziale distruttivo di una frana è molto elevato a causa della azione erosiva aggressiva e delle grandi quantità di materiale trascinate

a valle. Nel pieno della sua forza, una frana può travolgere e distruggere case, via di comunicazione e ponti. Spesso i piani a terra delle case e le strade vengono invasi da svariati metri cubi di fango e detriti.

Nel caso delle esondazioni di torrenti il movimento dinamico dell'acqua che trabocca con violenza dal letto di scorrimento porta con sé un ampio deposito di pietre e detriti.

Le alluvioni interessano principalmente fiumi e torrenti che corrono nei fondovalle. In Alto Adige gli episodi più significativi sono da ricondurre al fiume Adige; l'ultima alluvione di un certo peso risale al 1987 e si è verificata nei pressi di Castel Firmiano. Ma anche altri tratti del fondovalle sono stati colpiti. Nel 1987 ruppero gli argini l'Aurino a San Giorgio in val Pusteria e il rio Ridanna nella conca di Vipiteno. Il Passirio esondò tra Merano e San Leonardo (3).

Spostamenti di masse di terra quali crolli, scivolamenti, sprofondamenti e colate da versante sono spostamenti di rocce e materiali detritici sciolti spinti dalla forza di gravità verso quote più basse. Nel caso dei crolli, di pietre, rocce o porzioni di montagna, le masse si distaccano da pendenze notevoli. Si tratta di fenomeni



● FIG

01 Frane registrate in Alto Adige nell'intervallo 1998-2004 (3). Fonte: Provincia autonoma di Bolzano



02

che accadono spontaneamente e naturalmente, tuttavia i cambiamenti climatici, e in particolare l'alternanza gelo-disgelo, possono influire. Un ruolo significativo nei crolli è quello giocato dal disgelo del permafrost (si veda il capitolo sugli impatti generali dei cambiamenti climatici, pag. 22).

Gli scivolamenti sono spostamenti di rocce e materiale sciolto verso valle lungo superfici di scorrimento. Precipitazioni prolungate che impregnano completamente il terreno favoriscono il distaccamento delle frane, se non altro di quelle più superficiali.

Le colate da versante sono, similmente alle colate detritiche, spostamenti di materiale sciolto composito (acqua, terra e vegetazione) il cui distacco è stimolato da intense precipitazioni. A differenza delle colate detritiche, le colate da versante avvengono al di fuori dei letti dei torrenti.

Le frane di varia natura in Alto Adige sono generalmente eventi di portata contenuta. Possono rappresentare una eccezione i crolli che raggiungono talvolta dimensioni gigantesche, come l'enorme episodio che si è verificato su Cima Una in val Fiscalina nell'ottobre del 2007. Dalla cima si è distaccata una massa pari a circa 60.000 metri cubi che è rovinata a valle per quasi 2.600 metri.

Tra le cause naturali, lo scioglimento del permafrost è stato addirittura tra i fattori scatenanti del crollo.

Le slavine sono spostamenti di masse di neve verso valle. Il loro distacco dipende dallo spessore del manto, dal vento, dalla tem-

peratura e dalla stratificazione della neve. La maggior parte delle slavine si distacca da versanti la cui pendenza varia tra i 28 e i 48 gradi e il loro distacco è per lo più naturale. In Alto Adige gli insediamenti non sono generalmente minacciati, mentre lo sono strade, boschi e infrastrutture come impianti di risalita ed eletrodotti (3). E naturalmente le slavine rappresentano un pericolo per gli scialpinisti.

Tutti gli eventi passati in rassegna sono fenomeni assolutamente naturali che sono parte integrante dell'equilibrio vitale delle Alpi. Si trasformano in "rischio" quando vengono a minacciare l'esistenza umana e le ambizioni umane di sfruttamento del territorio. Storicamente sono poche le aree che possano essere considerate relativamente sicure per gli insediamenti. Oggi l'uomo si spinge con le proprie infrastrutture in spazi potenzialmente pericolosi. Il problema principale in Alto Adige è rappresentato dal fatto che solo circa 8% della superficie totale della provincia può essere classificato come insediamento permanente (4), vale a dire porzione di territorio abitato in maniera duratura.

In alcuni comuni altoatesini dal 1950 a oggi la superficie di insediamento è più che raddoppiata (5). Si sono aggiunte strade, binali e le infrastrutture dei comprensori sciistici. La cementificazione si è estesa anche in aree che si sono potute sfruttare solo con l'impiego di dispositivi di messa in sicurezza. Oggi circa il 10% degli insediamenti e delle infrastrutture occupano porzioni di

#### FIG

02 Colate detritiche nei pressi di Fortezza, settembre 2009. Foto: Glowimages Direct, LLC

03 Cima Una dopo il crollo del 12 ottobre 2007. Foto: Soccorso Alpino di Sesto



03

territorio soggetto a frane (calcoli propri sulla base delle mappe di rischio). Se dunque rispetto al passato i pericoli naturali non sono mutati, si sono accresciute notevolmente le potenziali ripercussioni, con rischio aumentato di danni. Gli eventi naturali minacciano strade e vie di comunicazione in generale, edifici e infrastrutture varie; ma oltre ai danni diretti occorre tenere in considerazione anche i disagi indiretti che spesso sono addirittura peggiori delle calamità in sé. Slavine e frane possono isolare i paesi delle valli laterali e gli eletrodotti travolti sono sinonimo di prolungati black-out con conseguenze pesanti sulle dinamiche casalinghe e agricole: ad esempio conservazione degli alimenti, riscaldamento, cucina, mungitura (si veda il capitolo sugli impatti dei cambiamenti climatici a pag. 22).

sa dei cambiamenti climatici non è chiara. Si stima che il surriscaldamento aumenti la frequenza degli eventi estremi attraverso precipitazioni connettive, temporali in prima linea (si veda il capitolo generale sui cambiamenti climatici, pag. 10). I modelli climatici però non consentono di sostenere incondizionatamente questa tesi. Certo, se fosse confermata, un aumento degli eventi estremi avrebbe come conseguenza un maggiore rischio dei pericoli cosiddetti "idraulici" (come calate detritiche, esondazioni di torrenti, alluvioni), degli scivolamenti superficiali, dei crolli e delle colate da versante.

Staffler et al. hanno presentato un caso di studio dedicato all'Alto Adige, provando gli effetti dei cambiamenti climatici sulla frequenza delle colate detritiche e delle alluvioni. Le conseguenze dipendono comunque molto dai singoli casi. Ad esempio, i potenziali danni conseguenti a una alluvione nella conca di Vipiteno potrebbero impennarsi dal 20 al 1.700% qualora le ipotesi di aumento di intensità di precipitazioni eccezionali dovessero effettivamente avverarsi. In questa area infatti verrebbero colpiti, al fianco degli insediamenti abitativi, anche le infrastrutture produttive.

Il rischio connesso a colate detritiche di piccola e media portata risulta accresciuto nella maggior parte delle aree prese in considerazione, mentre per contro si registra una diminuzione delle frane più gravi.

La situazione sembra più chiara in merito ai fenomeni di crollo. Il permafrost stabilizza terra, rocce e materiale oltre i 2.200 metri

## Impatti dei cambiamenti climatici

Il clima e gli eventi meteorologici favoriscono la maggior parte dei pericoli naturali, quando non ne sono la causa diretta. Ecco perché si ritiene che i cambiamenti climatici avranno un forte impatto sulla frequenza e sulla intensità di queste calamità nella regione alpina. Tuttavia gli eventi di forte precipitazione, spesso alla base dei pericoli naturali, sono molto difficili da prevedere e l'influenza preci-

circa; il gelo funge da collante che impedisce ai detriti di sfaldarsi. I cambiamenti climatici e il riscaldamento, specialmente alle quote più elevate, sono causa di una elevazione del limite del permafrost. Il collante in certe zone viene meno e aumenta il rischio di crolli (7/8).

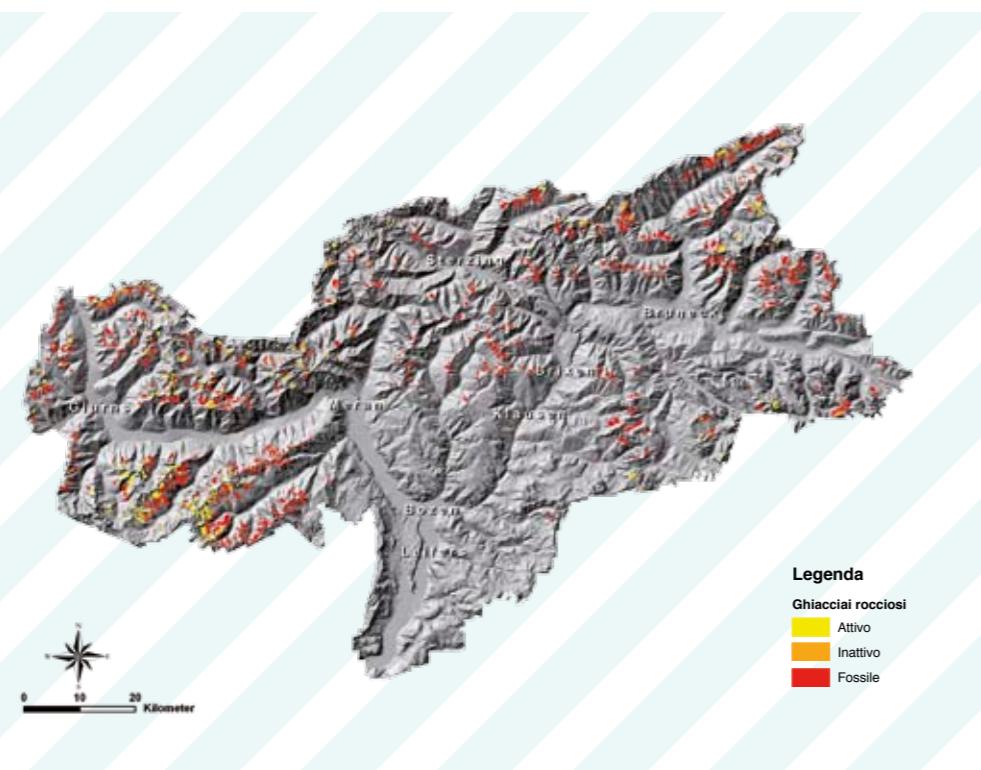
Anche lo scioglimento dei ghiacciai libera materiale che può trovarsi in balia di frane. Specialmente negli ultimi decenni le estati calde sono state la causa principale di una maggiore frequenza di distacchi di rocce nelle Alpi (7/8/9).

Gli alpinisti ne sono ben consapevoli in Alto Adige: sempre più numerose sono le alte vie, come quella dell'Ortles, inaccessibili per il pericolo troppo alto di caduta massi.

L'ampliamento delle superficie cementificate rappresenta un ulteriore fattore che in futuro potrà accrescere la vulnerabilità dell'Alto Adige rispetto ai pericoli naturali e ai cambiamenti climatici.

#### ABB

**04 Mappa dei ghiacciai rocciosi dell'Alto Adige.** I ghiacciai rocciosi sono forme geomorfologiche costituite da detriti e ghiaccio, che si muovono strisciando lentamente lungo le valli o lungo i pendii. Sono un indicatore tipico del permafrost alpino. Fonte: Ufficio geologia, Provincia autonoma di Bolzano



Nella provincia di Bolzano il bisogno di infrastrutture e insediamenti residenziali e, soprattutto, produttivi, sembra essere insaziabile. Il documento *Pianificazione delle zone di pericolo* steso dalla Provincia autonoma di Bolzano nel 2006 rappresenta uno strumento per limitare le costruzioni in zone a rischio. Tuttavia anche in futuro la scarsa offerta di spazi disponibili renderà necessari dei compromessi.

## Misure di adattamento

L'intensificazione degli insediamenti umani nel corso del XIX e del XX secolo nelle Alpi è andata di pari passo con l'aumento delle grandi catastrofi naturali con danni consistenti e un alto numero di morti e feriti coinvolti in frane, alluvioni e slavine. A seguito dei disastri sono stati costruiti argini ai fiumi e i dispositivi antiene e anti-

slavine sono diventati la norma. In modo particolare il pericolo di alluvioni è stato analizzato statisticamente (ad esempio calcolando la probabilità di ricorrenza di episodi di alluvione su un intervallo di cento anni) e sono stati introdotti piani urbanistici e di tutela.

Oggi un sistema articolato di misure di protezione dei pericoli naturali che sia orientato al cosiddetto ciclo di management del rischio contempla: prevenzione (protezione dai pericoli), superamento (dei danni), rigenerazione (dopo un danno). Il principio della prevenzione, in relazione ai cambiamenti climatici, è nodale.

La misura più efficace di adattamento ai pericoli naturali è una coerente applicazione di un management del rischio integrato che si basi sulle seguenti iniziative, o meglio ancora sulla combinazione ideale di queste iniziative:

- un piano urbanistico che individui le aree di rischio e ve ne impedisca la costruzione;
- un monitoraggio efficace dei pericoli naturali che tenga in considerazione anche la documentazione di episodi storici e preveda un sistema di allerta tempestiva rispetto agli eventi calamitosi e alle fasi scatenanti;
- l'adozione di strutture di protezione come argini e barriere antifrana e antivalanga;
- l'adozione di una adeguata comunicazione del rischio e lo sviluppo di una consapevolezza verso i pericoli naturali, nonché lo sviluppo di un senso di responsabilità personale nella gestione del rischio;
- una protezione civile pronta per ridurre il numero dei danni e dei feriti (*preparedness* = l'essere preparati a reagire agli eventi estremi).

In Alto Adige buona parte di queste misure hanno già trovato accoglienza. È stata fornita una presentazione dettagliata nel corso del testo; qui se ne riassumerà un catalogo brevemente.

- Gli uffici e le ripartizioni della Provincia autonoma di Bolzano che si occupano di tutela dai pericoli naturali sono numerosi e cooperano tra di loro: Ripartizione protezione antincendi e civile, Ufficio geologia e prove materiali, Ufficio idrografico, Ripartizione sviluppo del territorio, Ripartizione foreste e Ripartizione opere idrauliche.
- Le barriere antifrana e antislavina e le misure tecniche hanno raggiunto in Alto Adige un livello molto alto. Soprattutto per i costi molto elevati di ulteriori interventi, in questo settore il potenziale di ottimizzazione può considerarsi pressoché esaurito.
- Mappe dei rischi, per quanto ancora disponibili a macchia di leopardo, sono disponibili online attraverso il Browser Hazard (10).
- Attraverso lo stesso browser si può consultare anche parte della documentazione disponibile rispetto ai principali eventi naturali disastrati. È in elaborazione una banca dati più completa che include anche serie storiche più corpose.
- Nel 2008 è entrato in vigore a livello comunale il decreto *Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo che vincola i singoli piani urbanistici* (11). Tuttavia, con l'eccezione del comune di Santa Cristina in val Gardena, il regolamento

non ha trovato applicazione in alcun altro comune. A Egna e a Postal le zone di pericolo sono in fase di approvazione. La maggior parte degli altri comuni sono in forte ritardo.

- I vari uffici e le varie ripartizioni sono coinvolti in numerosi progetti internazionali nei quali si fa esplicito riferimento all'adattamento ai cambiamenti climatici, ad esempio i progetti Clim-Chalp, AdaptAlp e Permanet.
- Non si deve infine dimenticare la base volontaristica della protezione civile in Alto Adige.

Malgrado questi sforzi e malgrado un alto grado di adattamento, i cambiamenti climatici non possono essere inclusi specificamente nella pianificazione. La pianificazione delle zone di pericolo è sufficientemente elastica per potersi adattare a mutate situazioni di pericolo riconducibili ai cambiamenti climatici, tuttavia anche in questo caso sarebbe opportuno attenersi al principio della precauzione.

Nell'ambito del progetto AdaptAlp<sup>1</sup> appena concluso i ricercatori dell'EURAC e gli esperti della Provincia autonoma di Bolzano hanno individuato un decalogo di misure che anche per l'Alto Adige potrebbe rivelarsi di utilità (12):

01. Migliorare il livello di preparazione dei cittadini a rischio e aumentare la responsabilità personale incoraggiando la partecipazione alla pianificazione degli interventi di emergenza.
02. Integrare l'adattamento ai cambiamenti climatici nella pianificazione territoriale.
03. Coinvolgere gli stakeholder locali nel dialogo sul rischio.
04. Stimolare la creazione di reti transnazionali sulla gestione del rischio integrato.
05. Promuovere un "linguaggio comune" e procedure armonizzate per lo sviluppo e l'utilizzo delle mappe di rischio.
06. Aumentare la dimensione di pianure alluvionali, condotti e bacini.
07. Pensare alla gestione del rischio di inondazione in termini di interi bacini idrici, non di strutture organizzative, per trovare soluzioni sostenibili.
08. Nella pianificazione territoriale, considerare tutti i rischi naturali entro un'area definita.
09. Usare gli strumenti di gestione del rischio per indagare le conseguenze sociali ed economiche di diverse misure di adattamento.
10. Promuovere la raccolta e l'interpretazione dei dati locali sui cambiamenti climatici.

<sup>1</sup> [www.adaptalp.org](http://www.adaptalp.org)



*turi*  
        
*smo*  
      

*Marianna Elmi*

## In questo capitolo

**Il settore turistico in Alto Adige riveste un ruolo fondamentale a livello economico e sociale; è dunque ipotizzabile che gli impatti dei cambiamenti climatici sul turismo possano avere conseguenze rilevanti per la provincia nel complesso.**

**Per quanto riguarda il turismo invernale, tra i potenziali effetti futuri è da segnalare come l'aumento delle temperature e il contestuale aumento delle precipitazioni piovose potranno ridurre la sicurezza rispetto alla garanzia di innevamento. Ciò potrà influenzare la possibilità per i turisti di praticare gli sport invernali, in primis lo sci.**

**Questo potenziale rischio si presenterà maggiormente nelle aree sciistiche situate alle quote più basse; queste aree dovranno dunque investire in misura maggiore in adeguate strategie di adattamento.**

**Riguardo al turismo estivo, l'aumento delle temperature non solo nelle aree montane, ma anche in alcuni mercati di origine dei flussi turistici, potrà portare effetti positivi. Le destinazioni di montagna potranno infatti proporsi come destinazioni dove ristorarsi dalle temperature elevate delle città.**

**Le strategie di adattamento per il turismo sia invernale che estivo sono molteplici, alcune sono già in atto e altre ipotizzabili come strategie future. Queste strategie non si escludono a vicenda: ciò significa che le singole destinazioni hanno una serie di opzioni fra cui scegliere e tra queste dovranno individuare quelle più adatte alle proprie risorse territoriali, alla propria offerta turistica e alla propria situazione socio-economica.**

## Situazione generale

Il settore turistico in Alto Adige riveste un ruolo fondamentale a livello economico e sociale: sono infatti presenti nella Provincia autonoma di Bolzano più di 10.200 esercizi ricettivi per un totale di circa 218.000 posti letto (1); inoltre, l'Alto Adige ha attratto, nell'anno turistico 2009/2010, più di 5.700.000 arrivi e 28.600.000 presenze. La permanenza media dei turisti è stata di 5,02 giorni (2).

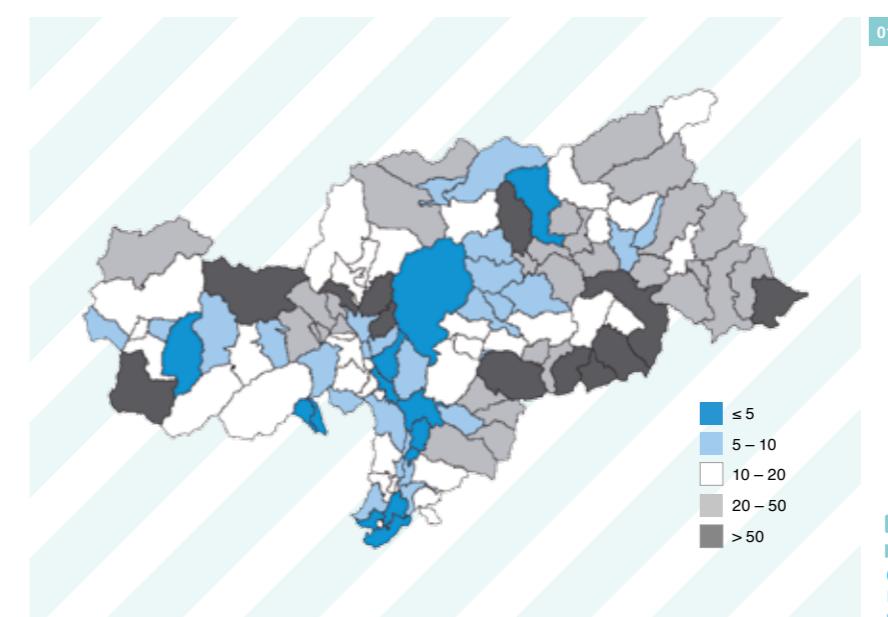
La distribuzione di arrivi e presenze rispetto alle stagioni presenta differenze rilevanti a livello di comprensorio; la media a livello provinciale per l'anno turistico 2009/2010 evidenzia come circa il 60% delle presenze si registri nella stagione estiva mentre circa il 40% nella stagione invernale.

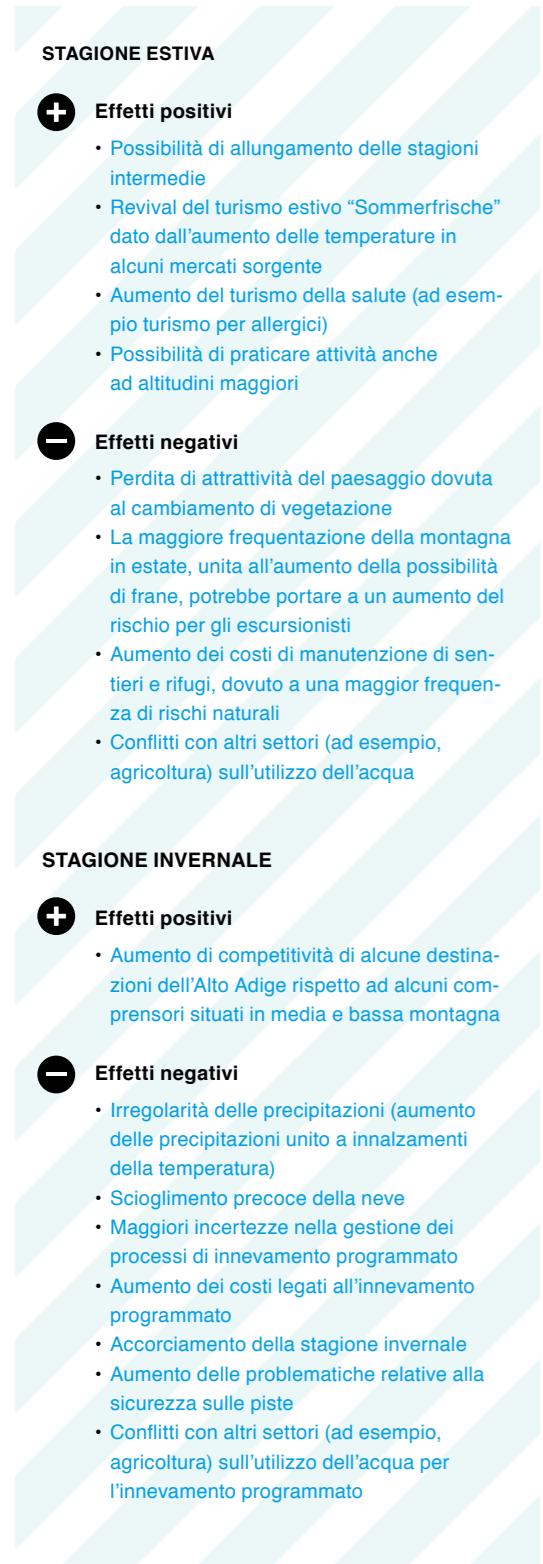
La spesa media pro-capite legata al turismo (con riferimento esclusivo alle spese effettuate nell'ambito della destinazione e riferita all'ultimo dato disponibile – anno turistico 2007/2008) è di 118,81 Euro al giorno, con variazioni rispetto al paese di provenienza del turista e alla stagione in cui la spesa viene effettuata.

Per quel che riguarda le caratteristiche specifiche delle imprese ricettive altoatesine ed il loro impatto sul territorio, si evidenzia come esse siano sostanzialmente di dimensioni minori rispetto a quel-

le presenti in altre aree dell'arco alpino (21,4 posti letto / esercizio); l'intensità turistica<sup>1</sup> – indice provinciale annuo pari a 15,6, con un massimo mensile del 33,5 (3) – è invece maggiore di quella registrata in altre aree dell'arco alpino (4, per un dettaglio dell'intensità turistica a livello comunale, si veda la figura 1). Queste imprese di piccole-medie dimensioni, diffuse sul territorio, costituiscono anche una parte importante dell'offerta lavorativa locale. I dati dell'Osservatorio sul Lavoro indicano infatti per l'anno 2009 una quota di 22.431 dipendenti nel solo settore alberghiero (5). Dal calcolo sono esclusi i familiari e i lavoratori autonomi, che rappresentano una parte significativa dei collaboratori nelle imprese turistiche altoatesine.

<sup>1</sup> L'indice di intensità turistica viene calcolato tramite il rapporto tra le presenze negli esercizi alberghieri di un'area e il prodotto fra la popolazione residente nella stessa e i giorni del periodo analizzato (ASTAT, 2011).





## 01 Possibili impatti

Gli scenari di cambiamenti climatici elaborati a livello regionale nell'ambito del presente progetto (si veda capitolo sugli impatti dei cambiamenti climatici, pag. 22) permettono di identificare una serie di impatti diretti sul turismo sia nella stagione invernale che estiva. Per quel che riguarda la stagione invernale, l'impatto più rilevante (6) sarà la riduzione della sicurezza dell'innevamento dovuta principalmente:

- all'aumento delle temperature (da +1 grado centigrado a +2 gradi di centigradi, più rilevanti dopo il 2030);
- al conseguente aumento delle precipitazioni piovose a scapito di quelle nevose.

La riduzione dell'affidabilità dell'innevamento si ripercuterà sia sulla possibilità di garantire un tradizionale "paesaggio invernale", sia sulla possibilità di praticare attività legate alla neve, in primis lo sci. L'aumento della temperatura potrebbe infatti portare la percentuale di aree *snow reliable*<sup>2</sup> dall'84,37% delle aree attuali (scenario di aumento di 1°) al 62,5% (scenario di aumento di 2°) (6). Saranno maggiormente svantaggiati i comprensori sciistici situati a una minore altitudine.

Per quel che riguarda la stagione estiva, l'aumento delle temperature interesserà non solo le aree montane, ma anche le aree urbane ed i *source markets* dai quali si originano i flussi turistici: ciò potrà dunque comportare un vantaggio competitivo per le aree di montagna, grazie a un revival del turismo estivo. Per quel che riguarda gli impatti negativi per il turismo estivo, in aree già soggette a un aumento di frane o crolli (si veda il capitolo sui pericoli naturali, a pag. 60), si potrà verificare un aumento del rischio per l'incolumità degli escursionisti sui sentieri di montagna e un aumento del rischio di danni per le strutture ricettive situate in alta montagna (quali i rifugi).

La tabella 1 riporta un dettaglio degli impatti sia diretti che indiretti suddivisi per stagione (stagione invernale / estiva) e per tipologia (positivi / negativi).

<sup>2</sup> Il calcolo si riferisce alla "regola dei 100 giorni" secondo la quale in una località sciistica deve esserci una copertura nevosa di almeno 30 centimetri per 100 giorni per poter generare profitto. Il calcolo è stato effettuato dall'OCSE prendendo come riferimento la linea di *snow reliability* delle aree sciistiche altoatesine (1500 metri) e ipotizzando un innalzamento della linea stessa a 1650 metri in caso di aumento di 1 grado centigrado e a 1800 metri in caso di aumento fino a 1800 metri.

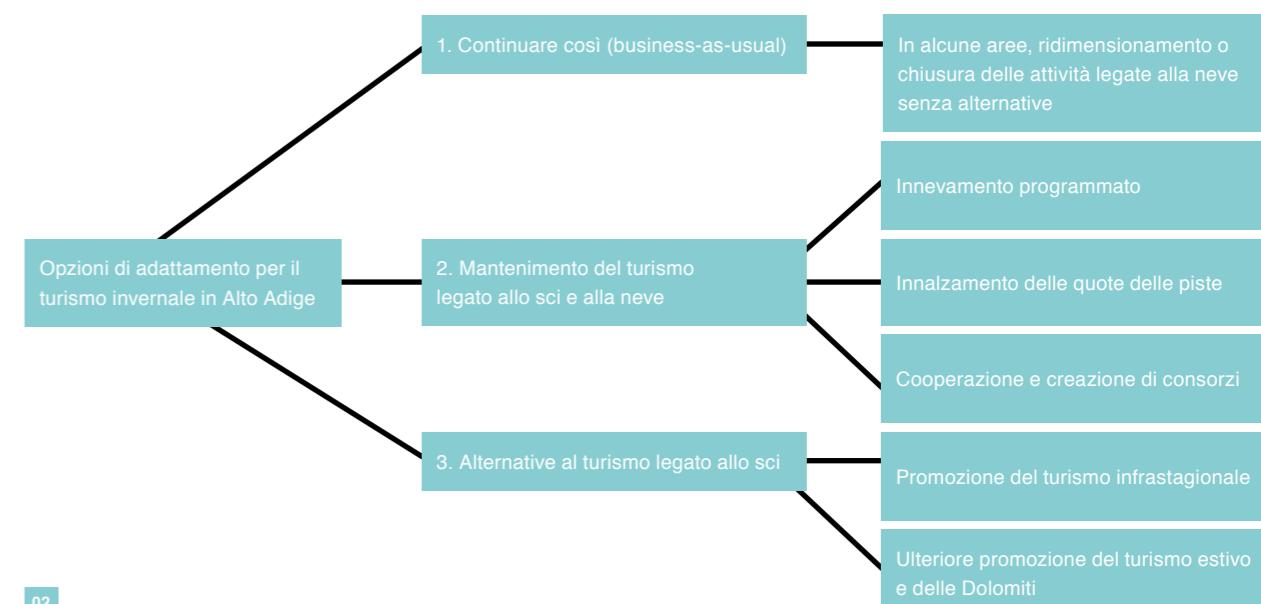
## 02 Strategie di adattamento per il turismo invernale

A livello generale, lo stato dell'arte della ricerca a livello alpino ha identificato alcune possibili strategie di adattamento per il turismo invernale. Queste strategie, riportate nella figura 2, sono presenti, a diversi livelli di realizzazione, anche in Alto Adige. Fra queste, la strategia *mantenimento dello sci invernale* si declina in particolare in investimenti nella modernizzazione degli impianti, nell'associazione in consorzi per l'ammortizzazione dei costi e nell'adozione di tecniche di innevamento programmato: a questo proposito, il Piano 2010 di Settore Impianti di Risalita e Piste da Sci e il Piano di utilizzazione delle acque pubbliche della Provincia autonoma di Bolzano prevedono un aumento della superficie delle piste da sci (10) con una conseguente estensione dell'innevamento programmato (11). Anche lo sviluppo di alternative al turismo legato esclusivamente allo sci è una strategia praticata in Alto Adige (si vedano le tabelle 2 e 3 a pag. 77 e 78).

## 02 Strategie di adattamento per il turismo estivo e nelle stagioni intermedie

Il turismo estivo ha una duplice valenza: da un lato è esso stesso soggetto a possibili impatti dei cambiamenti climatici (Tabella 1), dall'altro (Figura 2), la promozione del turismo estivo può essere considerata come una strategia parallela al mantenimento dello sci, soprattutto per particolari tipologie di esercizio<sup>3</sup>. Un eventuale aumento della temperatura nella stagione estiva, sia in Alto Adige che nei source markets, potrebbe costituire un'opportunità

<sup>3</sup> Ad esempio, le funivie. Secondo il giudizio degli esperti raccolto nelle interviste del caso di studio Plose, sarà necessario in futuro promuovere l'apertura delle funivie in modo più continuo durante il periodo estivo, attrezzando anche le aree in modo da essere attrattive per i visitatori che vengono in estate (rimozione dei portasci, delle protezioni ecc.).



02

TAB

01 Possibili impatti dei cambiamenti climatici sul turismo in Alto Adige (7). Sono esclusi possibili impatti dei cambiamenti climatici a livello globale quali, ad esempio, l'aumento dei costi dei carburanti dovuti alle imposte sulle emissioni (8).

FIG

02 Possibili opzioni di adattamento per il turismo invernale in Alto Adige (fonte: elaborazione propria basata su 9).

03



**03** L'offerta per il turismo invernale potrà in futuro essere soggetta a variazioni determinate dai cambiamenti climatici. Foto: Thinkstock

**04** Una strategia di successo per il futuro: la promozione del turismo nelle stagioni intermedie, per esempio Törggelen in autunno. Foto: Merano Marketing, Frieder Bickel

per il turismo estivo in Alto Adige, soprattutto per le aree che non saranno interessate da ondate di calore (si veda il capitolo relativo alla salute a pag. 80). Dato che il turismo estivo appare meno soggetto agli effetti dei cambiamenti climatici, le strategie di adattamento sono in questo caso meno sviluppate che per il turismo invernale e si sovrappongono a quelle adottate in altri settori (protezione civile, settore idrico).

Infine, la strategia della promozione del turismo nelle stagioni intermedie tramite sviluppo di nuovi prodotti è già in atto. La Alto Adige Marketing ha evidenziato come i nuovi trend per il 2015 si rivolgeranno a prodotti destagionalizzati che prestino attenzione, ad esempio, alla formazione della persona e alla gastronomia (12).

## Le preferenze dei turisti

Le preferenze dei turisti riguardo all'importanza dei singoli aspetti di una vacanza giocano un ruolo fondamentale nell'analisi dei possibili impatti dei cambiamenti climatici sul turismo in Alto Adige sotto due aspetti:

- a. Innanzitutto, una forte importanza attribuita dai turisti a un'attività maggiormente sensibile al clima aumenta la vulnerabilità complessiva del settore turistico;
- b. al contrario, una forte importanza attribuita dai turisti a un'attività o a un'offerta meno sensibile agli impatti dei cambiamenti climatici o sensibile a degli impatti positivi, contribuisce a rendere il turismo meno vulnerabile.

Per analizzare le preferenze dei turisti riguardo alle componenti di una vacanza, i ricercatori dell'EURAC hanno realizzato e analizzato 389 interviste in due aree modello, così suddivise (si veda il Box "Turismo e cambiamenti climatici: quali interrelazioni?", a pag. 79):

- 200 interviste in Alta Badia (100 nella stagione invernale 2009/2010 e 100 nella stagione estiva 2010)
- 189 interviste sulla Plose (100 nella stagione estiva 2010 e 89 nella stagione invernale 2010/2011).

I questionari sono stati analizzati al fine di comprendere quali sono per i turisti nella destinazione i singoli elementi più importanti di una vacanza invernale e estiva.

I risultati evidenziano che:

- Nei questionari raccolti direttamente nei pressi delle piste da sci (inverno) e di impianti di risalita (estate), gli intervistati hanno dimostrato una predilezione per lo sci d'inverno e per gli sport alpini attivi d'estate. Si abbinano a queste preferenze l'interesse per altri elementi quali ad esempio offerte gastronomiche, il wellness e la cultura locale per l'inverno e le specialità culinarie regionali e le offerte di wellbeing per l'estate.

- Nelle interviste eseguite nei fondovalle sia d'inverno che d'estate, si delinea una serie di preferenze variegate, in cui si riscontra, parallelamente a sci ed escursionismo, la preferenza per fattori quali attività di intrattenimento, le offerte diversificate in termini di ospitalità, mobilità (soprattutto la possibilità di utilizzare i mezzi pubblici in combinazione all'auto privata) e benessere.

Da alcuni estratti dei risultati, sebbene sia necessaria un'analisi più ampia ripetuta negli anni e in diverse destinazioni, si può comunque evidenziare che sebbene si riscontrino tuttora delle forti preferenze per le attività tradizionali maggiormente vulnerabili ai cambiamenti climatici (sci ed escursioni in montagna), esiste un potenziale sia per lo sviluppo di nuovi prodotti clima – indipendenti che per la rea-

lizzazione di strategie di adattamento tramite lo sviluppo di nuovi prodotti che siano al contempo strategie di mitigazione (ad esempio, tramite l'offerta di vacanze che prevedano anche la possibilità di spostarsi con forme di mobilità sostenibile, riducendo così le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dal turismo)<sup>4</sup>.

## Riepilogo e considerazioni finali

Il fenomeno turistico in Alto Adige appare variegato, in base alla stagione e alle destinazioni turistiche prese in analisi. Ai fini del presente studio, è stato realizzato un tentativo di sintesi, che viene riassunto nelle tabelle 2 e 3 a pag. 77 e 78. La seguente sezione,

04



<sup>4</sup> Alcune best practice in questo senso sono le ferrovie della val Venosta e della val Pusteria, la funivia del Renon abbinata al treno, gli esempi di Plan in val Passiria, della val d'Ega, di Racines e di Funes.

suddivisa in due parti riguardanti la stagione invernale e quella estiva, comprende dunque due tabelle nelle quali vengono riassunti:

- Gli impatti principali dei cambiamenti climatici sul turismo altoatesino nella stagione invernale (tabella 2) ed estiva (tabella 3);
- I punti di forza dei quali il turismo in Alto Adige già dispone e per i quali è già attrezzato a rispondere ai cambiamenti climatici;

#### FIG

**05** In futuro la stagione invernale si accorcerà. Le località con un'offerta turistica fortemente legata alla stagione devono iniziare da subito a pensare in modo diverso. Foto: Marc Zebisch, EURAC

**05**

02

#### Possibili impatti principali

Riduzione della sicurezza dell'innevamento, con le possibili seguenti conseguenze:

- riduzione della durata della stagione invernale;
- aumento dei costi di gestione degli impianti dovuto ad un aumento dell'innevamento programmato;
- conflitti sull'uso dell'acqua con altri settori (agricoltura, energia).



#### Punti di forza

- Gli operatori altoatesini non sono impreparati ai cambiamenti climatici e stanno già investendo in strategie di adattamento;
- Lo sviluppo di prodotti indipendenti dalla neve è già in atto;
- Le aree con minore elevazione sono già orientate verso il turismo estivo (vedi Bolzano Vigneti e Dolomiti, 75,3% delle presenze in estate);
- Il turismo nella stagione estiva costituisce già una risorsa anche in zone con importanti comprensori sciistici;
- I turisti intervistati nelle regioni caso di studio ad alta intensità sciistica dimostrano anche interesse per attività clima – indipendenti (attività di intrattenimento, nuove soluzioni di mobilità, offerte di formazione, offerte legate a salute e wellness);
- La cooperazione fra aree sciistiche e la creazione di consorzi è già in atto;
- La governance (il coordinamento delle diverse componenti del sistema turistico) a livello delle singole destinazioni turistiche è sviluppata.



#### Punti di debolezza

- L'incertezza delle informazioni riguardanti i cambiamenti climatici aumenta anche l'incertezza degli operatori del turismo riguardo alla pianificazione strategica in un contesto di cambiamenti climatici. Pertanto gli operatori turistici, pur coscienti della tematica, tendono a pianificare le loro attività in base a valutazioni che non tengono conto dei cambiamenti climatici;
- Questa situazione è spesso rafforzata dal fatto che l'orizzonte di pianificazione degli operatori del turismo è più breve rispetto a quello prospettato dagli scenari di cambiamenti climatici;
- Le autorizzazioni relative alle infrastrutture per lo sci, pur essendo già vincolate a valutazioni di impatto ambientale, non prevedono criteri specifici redatti tenendo conto dei possibili effetti dei cambiamenti climatici;
- Il coordinamento fra il settore del turismo e gli altri settori (idrico, agricolo, protezione civile), in vista di possibili conflitti dovuti ai cambiamenti climatici, non ha ancora raggiunto un livello elevato (non esiste un'autorità di coordinamento degli interventi relativi ai diversi settori).



#### Opportunità

- L'aumento delle temperature e l'incertezza riguardo a un innevamento sicuro riguarderanno anche le stazioni sciistiche in competizione con quelle altoatesine, creando un vantaggio competitivo per le destinazioni collocate a maggiore altezza;
- L'investimento sui turisti che soggiornano per lunghi periodi permetterà di ammortizzare eventuali incertezze sul clima, che influenzano soprattutto le decisioni dei visitatori in giornata;
- L'investimento nella destagionalizzazione e nello sviluppo di nuovi prodotti renderà meno vulnerabile il turismo invernale altoatesino.



#### Sfide

- Risentiranno maggiormente degli impatti le località sciistiche situate a un'altitudine minore e le aree legate al turismo in giornata. Per queste aree la sfida sarà quella di diversificare l'offerta;
- Anche per le aree che offrono un prodotto stagionalmente meno differenziato i cambiamenti climatici potranno rappresentare una sfida maggiore rispetto ad altre aree che puntano già su un turismo per tutto l'anno;
- Le aree situate ad altitudini maggiori, pur contando su una maggiore affidabilità delle precipitazioni nevose, se vorranno mantenere un'attività incentrata sullo sci invernale dovranno investire in miglioramenti tecnici e su target giovani per promuovere l'attività sciistica già dalla giovane età;
- A livello generale per tutto l'Alto Adige, la sfida sarà quella di sviluppare le potenzialità delle singole destinazioni turistiche, senza adottare un modello di sviluppo unico.

TAB

**02** Riassunto dei possibili impatti dei cambiamenti climatici sul turismo invernale e conseguenti punti di forza, di debolezza, opportunità e sfide.

03

**Possibili impatti principali**

- Riduzione del comfort nei fondovalle e nelle città;
- Possibile variazione del tradizionale paesaggio montano (innalzamento della linea del bosco),
- Aumento del rischio per l'incolumità degli escursionisti e delle strutture ricettive dovuto allo scioglimento del permafrost;
- Possibili conflitti sull'uso dell'acqua con altri settori (agricoltura, energia).

**Punti di forza**

- Il turismo nella stagione estiva rappresenta già un punto di forza dell'Alto Adige;
- L'iscrizione delle Dolomiti nella lista UNESCO sarà un ulteriore motore per il turismo estivo;
- La Provincia autonoma di Bolzano è sensibilizzata sul tema dei rischi naturali e partecipa a importanti progetti sul tema (PermaNET);
- Esiste già una valorizzazione delle stagioni intermedie con prodotti ad hoc;
- La governance a livello delle singole destinazioni turistiche è sviluppata e permette un coordinamento fra gli attori.

**Opportunità**

- L'aumento delle temperature riguarderà anche alcuni mercati sorgente e alcune grandi città;
- Una possibile conseguenza sarà un revival del turismo estivo ("Sommerfrische").



03 Riassunto dei possibili impatti dei cambiamenti climatici sul turismo estivo e conseguenti punti di forza, di debolezza, opportunità e sfide.

06

FIG

**06** Gli operatori del turismo hanno a disposizione una variegata serie di strategie di adattamento, in base alle quali orientare le direzioni future dell'offerta turistica.  
Foto: Thinkstock

**Sfide**

- Nell'ottica di una valorizzazione dell'utilizzo degli impianti in estate sarà necessario preservare il paesaggio, riducendo al minimo le tracce dell'attività invernale;
- In aree con un indice di intensità turistico già elevato, un revival del turismo estivo potrà portare a conflitti fra ospiti e popolazione locale riguardo all'utilizzo delle risorse (acqua, energia) e agli impatti sul paesaggio; sarà necessaria una pianificazione strategica che limiti questo rischio;
- La coordinazione fra diversi settori dovrà contribuire a ridurre il rischio di eventi che possano compromettere l'incolumità dei visitatori.

7 Ad esempio, per il caso studio Plose in inverno si registrano circa 250.000 ospiti e circa 70.000 in estate.

## Turismo e cambiamenti climatici: quali interrelazioni?

L'interrelazione fra cambiamenti climatici e turismo non è lineare, ma si presenta complessa (08); altre variazioni della domanda vengono infatti determinate da una serie di aspetti di cui il clima è solo una parte. Inoltre, l'orizzonte temporale in cui sono definiti gli scenari di cambiamenti climatici sono più ampi degli orizzonti di pianificazione strategica degli operatori del settore turistico (07). Di conseguenza, altri fattori a breve – medio termine, quali crisi economiche o l'emergere di nuovi trend possono contribuire a cambiamenti nella domanda in modo più incisivo che il cambiamento del clima (13).

In base a queste considerazioni preliminari, si è adottato un l'approccio allo studio relativo al settore turismo che comprendesse anche i cambiamenti delle preferenze dei turisti. A tal proposito:

- è stata elaborata un'analisi dello status quo del settore turistico nella Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige;
- sono stati confrontati modelli di cambiamenti climatici e determinati i possibili impatti a livello regionale tramite un'analisi degli scenari, della letteratura e il confronto con soggetti rilevanti dell'Amministrazione Provinciale nel corso di due workshops (workshop sugli impatti e workshop di revisione dei risultati), tenutisi presso l'Accademia Europea di Bolzano il 21 ottobre 2009 (workshop di discussione degli impatti) e il 30 marzo 2011 (workshop di revisione dei risultati);
- sono state analizzate le principali strategie di adattamento già in atto a livello provinciale;
- parallelamente, sono state selezionate due destinazioni come casi di studio (Alta Badia e Plose) con lo scopo di condurre analisi approfondite a livello locale;
- è stato preso in considerazione un possibile cambiamento delle preferenze dei turisti. Quest'ipotesi è stata indagata con 389 questionari somministrati a turisti fra la stagione invernale 2009/2010 e la stagione estiva 2010 nelle due aree sopra indicate.

# salute

*Lydia Pedoth*



## In questo capitolo

**Negli ultimi 50 anni il numero delle giornate di eccezionale calura, delle ondate di calore e delle notti tropicali è aumentato; un dato di fatto documentato che lascia presagire una ancora maggiore intensità in futuro. La principale conseguenza di questo fenomeno sulla salute umana è individuata dagli esperti in un incremento dello stress da calore. Anziani e malati sono i soggetti più colpiti. Tra le altre ripercussioni riconducibili ai cambiamenti climatici si contano un peggioramento della qualità dell'aria e una maggiore diffusione delle malattie veicolate da zecche e zanzare. Il loro numero infatti spesso aumenta con l'aumentare delle temperature.**

**La pianificazione territoriale gioca un ruolo fondamentale nel contrasto allo stress da calore; dall'urbanistica ad esempio dipende il fatto che si evitino particolari isole di calore nelle città. Al verificarsi di ondate di calore la cittadinanza viene allertata a livello locale dalla protezione civile e a livello nazionale da un sistema centralizzato. Dal 2003 è attivo un sistema di allerta nazionale che coinvolge 27 città, tra le quali anche Bolzano.**

**Chiare indicazioni su come reagire in questi casi sono basilari per abbattere i rischi per la salute umana.**

**I cambiamenti climatici influenzano sia direttamente sia indirettamente il benessere e la salute delle persone. Le diverse conseguenze potranno essere mitigate solo attraverso una consapevole informazione circa il problema e l'adozione di misure quali il monitoraggio, il servizio di informazione e il coinvolgimento della popolazione nei processi di pianificazione.**

01



O FIG

01 Il settembre 2011 è stato uno dei più caldi da quando si registrano le temperature. Giovani e anziani si rinfrescano con un gelato all'ombra degli alberi. Foto: Sigrid Hechensteiner, EURAC

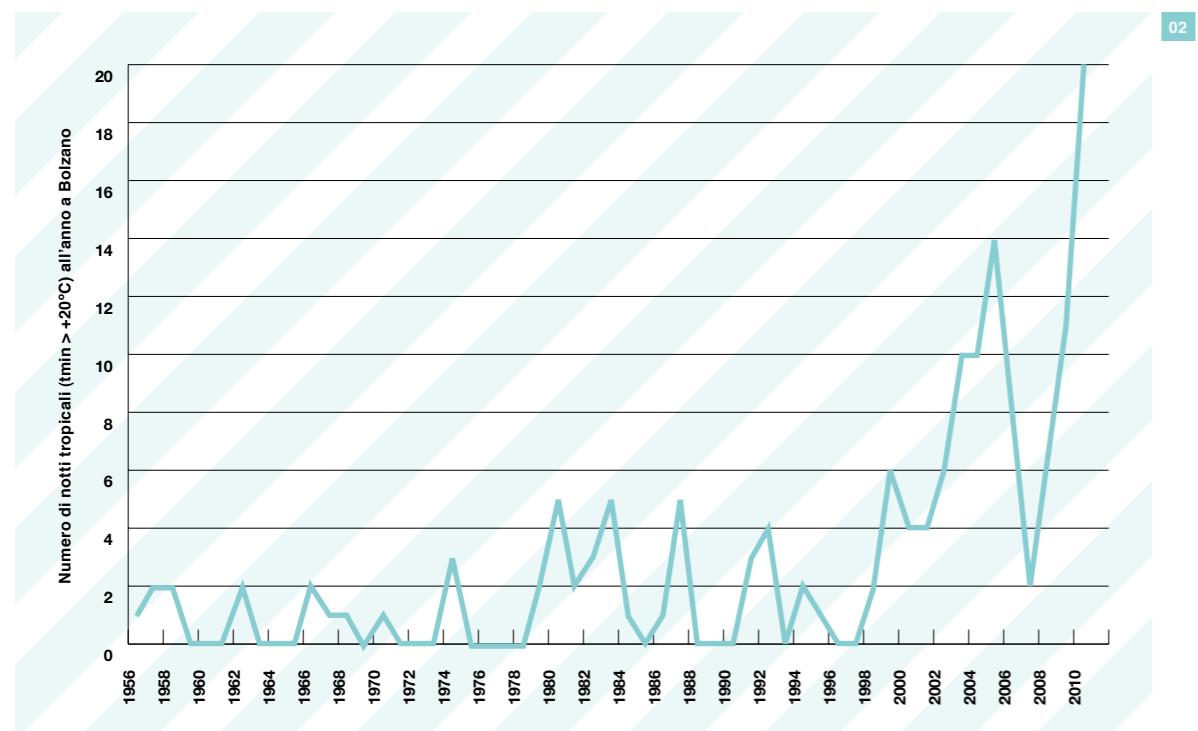
Il benessere umano dipende per vari aspetti dal clima e dalle condizioni meteorologiche. Gli impatti dei cambiamenti climatici sulla salute possono essere catalogate in impatti diretti e indiretti (1). Tra le prime si annovera la pressione degli eventi meteorologici: riscaldamento, precipitazioni, maggiore intensità di eventi estremi. Tra le conseguenze indirette si contano invece i cambiamenti dell'ecosistema, della qualità dell'acqua e una maggiore frequenza e diffusione di agenti patogeni e di pollini (2).

### Cloud Stress da calore

Una maggiore intensità e frequenza di temperature estreme sono una ripercussione già sperimentata dei cambiamenti climatici: giornate di calura eccezionale, notti tropicali e ondate di calore sono sempre più ricorrenti (3). Insieme al riscaldamento globale

aumenterà ulteriormente il numero delle ondate di calore, le renderà più intense e più prolungate (4).

Questi fenomeni rappresentano uno dei principali impatti diretti dei cambiamenti climatici sulla salute umana. Anche in Europa centrale i rischi più importanti sono da ricercarsi nelle calure estive (5). Lo stress non sarà dato solamente da temperature massime più alte, ma anche da temperature notturne elevate. Una notte con la minima al di sopra dei 20 gradi centigradi può avere lo stesso effetto stressante sul fisico di una ondata di calore diurna della durata di tre giorni e se una notte tropicale si colloca tra due giornate di caldo eccezionale il peso per la salute umana ne risulta ulteriormente aggravato (6). A Bolzano il numero delle notti tropicali negli ultimi 20 anni è sensibilmente cresciuto. Prima del 1995 se ne contavano al massimo 5 per anno, nel 2010 se ne sono registrate 20 (figura 2). Le isole di calore urbane sono una ulterio-



02

**FIG**

02 Aumento del numero di notti tropicali (notti con temperatura minima superiore a 20 gradi centigradi) a Bolzano dal 1956. Il 2010 ha fatto registrare un record con 20 notti tropicali; in particolare il mese di luglio è stato molto caldo, con 13 notti tropicali consecutive. Fonte: Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, elaborazione EURAC

re possibile conseguenza del riscaldamento e delle mutate condizioni del vento; le isole di calore si vengono a creare specialmente in aree a diffusa cementificazione e possono avere effetti significativi per la salute umana.

Fenomeni di calore particolarmente intensi come l'estate del 2003 in Europa comportano un aumento di casi di malattia e di mortalità (1) (si veda il capitolo sugli impatti dei cambiamenti climatici, pag. 22). Anche in Alto Adige l'estate del 2003 ha fatto registrare temperature di 3-4 gradi superiori alla media. Tutte le stazioni di misurazione hanno registrato temperature record (7). Gli esperti sostengono che anche in Alto Adige lo stress da calore rappresenta il fattore più preoccupante per la salute umana conseguente ai cambiamenti climatici.

Tuttavia si tratta di un fenomeno relativamente "nuovo" per il territorio e, rispetto ad altri settori, le conoscenze sono ancora contenute, dunque è difficile formulare chiare teorie in merito alla corrispondenza tra cambiamenti climatici e salute. Si può comunque

affermare che questo aspetto avrà sempre maggiore rilevanza in futuro e debba pertanto essere preso in considerazione in diversi contesti, a partire dall'urbanistica fino alla sensibilizzazione della popolazione, passando per la previsione di eventi climatici estremi e la gestione delle ondate di calore da parte della amministrazione pubblica.

## Gruppi di popolazione particolarmente vulnerabili

Gli studi sulla mortalità connessa alle ondate di calore dimostrano che sono soprattutto gli anziani e i bambini piccoli a pagare le conseguenze dell'aumento delle temperature. A seguito dell'estate particolarmente calda del 2003 il Ministero della Salute Italiano ha commissionato un'indagine per verificare se la ondata di calore avesse effettivamente innalzato la mortalità; conferma che è giunta contando il numero di decessi dei mesi estivi, da giugno ad

agosto, del 2002, più basso rispetto ai mesi corrispettivi dell'anno successivo. Il fenomeno è risultato particolarmente evidente tra gli over 75 e nelle città del Nord del paese (Torino, Trento, Milano e Genova). Secondo lo stesso studio anche a Bolzano il tasso di mortalità degli ultrasettantacinquenni sarebbe cresciuto nell'estate del 2003, in confronto con l'anno precedente, del 15,6% (8). Per la valutazione delle conseguenze da stress da calore sarà necessario tenere in considerazione lo sviluppo demografico. Parimenti agli altri paesi europei, anche in Alto Adige si assisterebbe a una trasformazione della struttura per età. A causa di un bilancio demografico che si mantiene negativo, malgrado i fenomeni migratori, anche in Alto Adige la popolazione è destinata a invecchiare senza soluzione di continuità. La percentuale degli ultrassetantacinquenni, pari nel 2006 al 17%, passerà al 18,9% nel 2020; la percentuale di over 84, pari al 1,8% nel 2006, passerà al 2,4% nel 2020 (9). Alla luce di questo fatto si conferma particolarmente importante l'adozione di misure di prevenzione e di adattamento contro le ondate di calore per questi specifici gruppi di popolazione.

## Misure di adattamento

Una pianificazione territoriale adeguata è la più importante misura per contrastare lo stress da calore: la realizzazione di spazi verdi, ad esempio, può ostacolare la formazione di isole di calore. Gli stessi spazi potrebbero fungere da aree di riposo aggiuntive e migliorare così la qualità della vita nelle città.

L'aumento delle giornate di calura eccezionale potrebbe comportare un più intenso ricorso all'impiego dei condizionatori, con una conseguente impennata dei costi e della quantità di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. In futuro sarà fondamentale trovare alternative al condizionamento, ad esempio allestendo nuovi spazi verdi o aree per ristorarsi.

Anche il monitoraggio e la previsione delle ondate di calore da parte dei servizi meteorologici locali giocheranno la loro parte nella gestione e mitigare gli effetti dannosi. Nel 2004 la Protezione civile nazionale ha lanciato un progetto pilota che coinvolge 27 città italiane. Il sistema si basa sul rilevamento di varie tipologie di dati (temperatura, umidità relativa dell'aria e tasso di mortalità) ed emette per ogni singola città un allarme in tre gradi: verde, giallo, rosso. Qualora una città venga associata a un allarme rosso, il rappresentante locale della Protezione civile e il comune vengono informati affinché possano lanciare una campagna di informazione per la popolazione locale. Le esperienze degli ultimi anni hanno dimostrato che sarebbe auspicabile un miglior accordo e coordinamento tra gli attori nazionali e regionali al fine di predire e allertare per tempo contro le ondate di calore.

Oltre alle iniziative di ampio respiro e di lunga durata, occorre prendere in considerazione anche misure più circoscritte, che si rivolgono a specifici gruppi di popolazione. Nel 2007 il comune di Bolzano ha lanciato il progetto "Un'estate da brivido": nei giorni di particolare caldo la casa di riposo Villa Europa apre le proprie porte a tutti gli ultrasettantacinquenni che possono trascorrere le ore nelle sale condizionate. Grazie alla disponibilità dei volontari sono stati organizzati anche servizi di trasporto gratuito e di assistenza all'interno della casa. In futuro gli operatori si augurano che l'iniziativa possa essere estesa anche ad altre infrastrutture; al momento infatti, a causa degli spazi contenuti, solo un ridotto numero di persone ha potuto trarre refrigerio. Inoltre si dovrebbe offrire un servizio analogo alle persone malate, altra fascia della popolazione particolarmente colpita dallo stress da calore. L'esperienza ha mostrato come questa tipologia di iniziative abbia vari risvolti positivi: da una parte tutela della salute di fronte allo stress da calore, dall'altra parte stimola la vita sociale degli anziani.

Il servizio di previsione meteorologica attivo in Alto Adige è particolarmente efficace; in futuro si dovrà puntare a realizzare anche un sistema locale che allerti in caso di ondate di calore e che sostituisca l'attuale sistema nazionale. Questo passaggio consente

di calibrare gli allarmi agli effettivi contesti locali e per ampliare il servizio oltre il capoluogo di provincia, al momento l'unico centro coinvolto nel sistema di allerta.

## **Malattie trasmesse da insetti vettori**

Una maggior diffusione e resistenza degli insetti vettori, ad esempio zecche e zanzare, si contano tra le conseguenze indirette dei cambiamenti climatici sulla salute umana (1/2). Secondo gli esperti locali anche questi fattori saranno da tenere in seria considerazione. Per quanto riguarda le zecche, in Alto Adige si è già potuta verificare una estensione del loro habitat: la val Venosta e l'Oltradige ne sono da sempre patria eletta, ma negli ultimi anni si sono potute trovare anche in altre aree, come ad esempio in valle Aurina.

Al momento non si possono individuare chiare tendenze per quanto riguarda le malattie trasmesse dalle zecche; per certo però i casi conclamati di patologie correlate a queste infezioni dovrebbero essere registrati e monitorati. La popolazione dovrebbe costantemente essere informata circa i rischi e i sintomi da infezione. Gli esperti denunciano anche la comparsa di nuovi agenti patogeni non originari dell'Alto Adige. Nell'autunno del 2010 è stata avvistata per la prima volta la zanzara tigre.

Anche in questo caso, lo studio e il monitoraggio delle zecche che possono essere infettive, unitamente a un adeguato servizio di informazione ai cittadini, sono le misure di tutela più efficaci. In Alto Adige viene svolto ogni cinque anni un censimento per monitorare la diffusione delle zecche; sulla base di questa rilevazione il comprensorio sanitario emette un bollettino che distribuisce ai comuni, i quali a loro volta integrano i punti salienti nei rispettivi bollettini di informazione comunale.

Nelle aree maggiormente colpite, come l'Oltradige, sono stati apposti segnali di allerta anche lungo i sentieri. In questo contesto si rileva importante anche lo scambio di conoscenze ed esperienze con altre realtà sovraregionali; ne è prova il progetto Interreg V.E.I.T. (*Vektorassoziierte Erkrankungen inneralpiner Täler – Malattie trasmesse da vettori nelle valli centralpine*), al quale partecipa il Servizio igiene e sanità pubblica della Provincia autonoma di Bolzano e che mira a rafforzare la cooperazione tra le regioni alpine.

## **Mutate condizioni ambientali**

La varietà e la distribuzione degli ecosistemi sono altri aspetti rilevati dei cambiamenti climatici con un potenziale impatto sulla

salute umana. In altre parole: le mutazioni del clima influenzano la distribuzione e la crescita delle piante. E piante con potenziali ripercussioni negative, come ad esempio quelle allergiche, possono espandersi ulteriormente oppure produrre più pollini (1).

Anche il peggioramento della qualità dell'aria può naturalmente avere un impatto negativo sulla salute umana. Una maggiore concentrazione di ossido di diazoto ( $N_2O$ ), di ozono e di polveri sottili nell'atmosfera può provocare malattie dell'apparato respiratorio e del sistema circolatorio. Temperature elevate e una irradiazione solare più intensa, unitamente alle emissioni antropogeniche di gas serra, possono causare un aumento di produzione di ozono. Del resto però, la crescita delle temperature potrebbe comportare anche una diminuzione dei giorni di riscaldamento, con effetti positivi sulla qualità dell'aria.

Sono però sempre più numerosi gli indizi che sostengono la tesi che valori di ozono più alti e una maggiore concentrazione di polveri sottili nell'aria possono peggiorare gli effetti delle ondate di calore sulla salute umana, specialmente nel caso di persone anziane, tra i 75 e gli 84 anni (2). Secondo gli esperti rimane complicato mostrare un diretto collegamento tra le conseguenze della qualità dell'aria modificata in negativo dai cambiamenti climatici e le ripercussioni sulla salute delle persone.

## **Conclusioni**

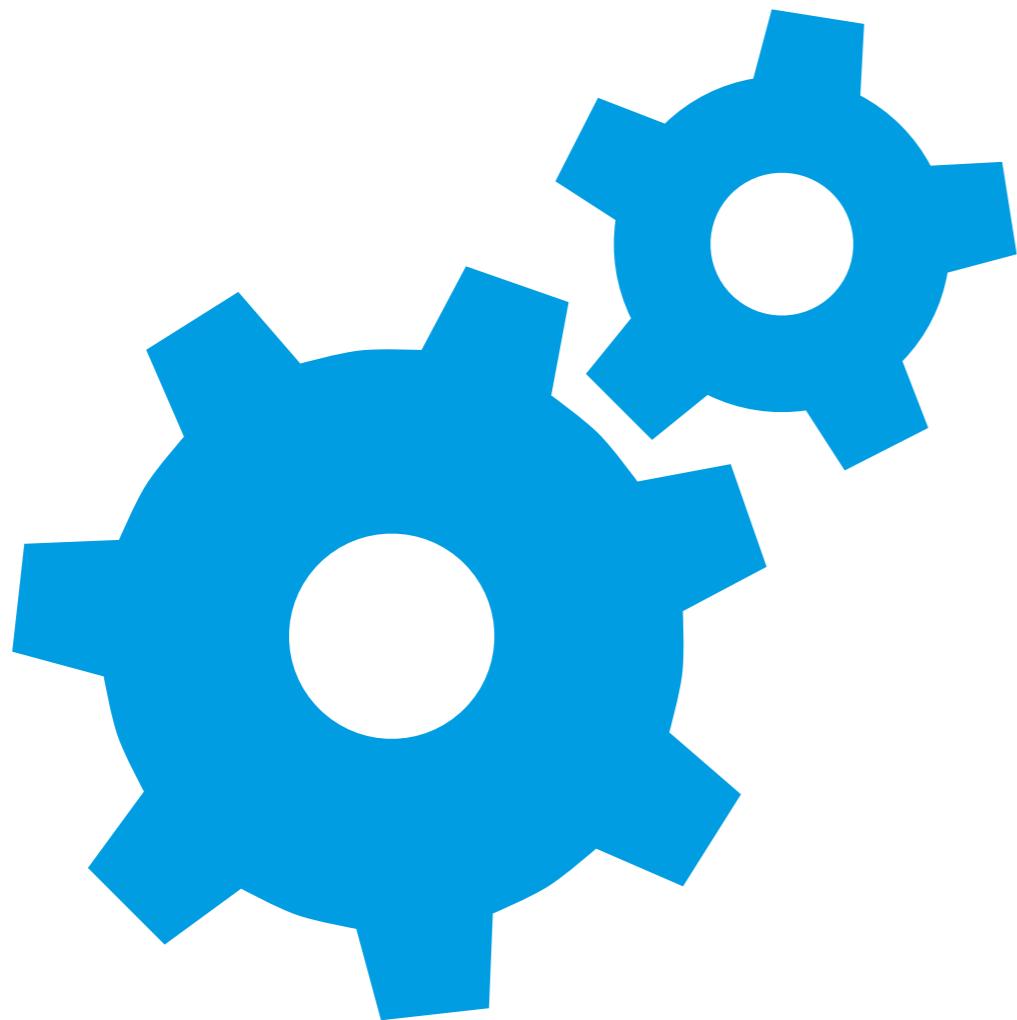
Il sistema sanitario in Alto Adige è ben organizzato e ben funzionante e per tutti i settori menzionati nei paragrafi precedenti sono già stati approntati sistemi di monitoraggio e campagne di informazione per la popolazione. Anche le prime misure di adattamento sono già state adottate.

In futuro sarà essenziale stimolare ulteriormente la consapevolezza dei cittadini, e soprattutto dei gruppi particolarmente colpiti, rispetto alle possibili conseguenze dei mutamenti climatici. Questi cambiamenti possono infatti costituire un rischio per la salute della popolazione e solo se le autorità e i cittadini stessi sapranno fronteggiarli con la dovuta presa di coscienza attraverso misure adeguate le conseguenze negative potranno essere mitigate.

03

 FIG

03 Con l'aumento delle temperature medie aumenta anche la diffusione degli insetti portatori di malattie come la zanzara tigre (sopra) e la zecca (sotto). Foto: Thinkstock



# adatta mento

*Lydia Pedoth  
Marc Zebisch  
Sylvia Pinzger*

## In questo capitolo

**Di fronte ai cambiamenti climatici sono due le reazioni da combinare: misure per la tutela del clima e misure di adattamento che mitighino gli impatti dei cambiamenti climatici laddove sia impossibile evitarli.**

**Le strategie di adattamento devono sempre essere pensate e messe in pratica in una ottica trasversale ai vari settori. Interventi settoriali positivi possono ledere altri ambiti, ad esempio ciò che potrebbe essere di vantaggio per la produzione idroelettrica potrebbe causare danni all'agricoltura.**

**Le misure di adattamento si suddividono in quattro categorie:**

**1) tecniche, 2) politico-istituzionali, 3) di comunicazione, 4) scientifiche.**

**1) Gli interventi di natura tecnica, come l'introduzione di barriere contro i possibili rischi naturali o l'introduzione di cannoni per la produzione di neve artificiale, sono diffusi e di buon livello in Alto Adige, sebbene non sempre siano stati pianificati come consapevole reazione ai cambiamenti climatici. 2) Sul piano politico-istituzionale mancano al momento misure e strategie multisettoriali specifiche che si occupino dei cambiamenti climatici. 3) Per quanto riguarda la comunicazione si tratta da un lato di sensibilizzare la popolazione locale, dall'altro di coinvolgere nelle discussioni sulle possibili strategie sia i rappresentanti di gruppi di interesse sia le istituzioni locali. 4) Infine, occorre ampliare e aggiornare continuamente gli studi sui possibili impatti dei cambiamenti climatici a livello locale.**

**Al momento l'Alto Adige non può contare su una strategia generale di adattamento, per quanto non manchino numerose iniziative nei singoli settori. Sarebbe tempo di porsi come obiettivo l'introduzione di un piano di azione trasversale nell'agenda politica e l'effettivo coordinamento di questo piano. Per ottenere questi risultati è indispensabile la nomina di un responsabile: potrebbe trattarsi di un ufficio o di una nuova ripartizione, ma anche di un gruppo di lavoro interdisciplinare.**

## Cosa è l'adattamento?

I cambiamenti climatici impongono reazioni di duplice natura, ma da combinare tra loro. Da una parte occorre adottare misure a tutela del clima al fine di ridurre l'emissione di gas serra. Dall'altra sono necessari interventi in risposta alle conseguenze inevitabili. Nel libro bianco pubblicato nel 2009 *L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*, la Commissione europea richiede ai singoli paesi di mettere a punto strategie nazionali di adattamento e sottolinea quanto sia importante prendere decisioni ed intervenire a vari livelli, locale, regionale e nazionale (1).

## I principi dell'adattamento

Ogni strategia di adattamento dovrebbe muovere dal principio della prevenzione. Le misure possono risultare costosi e complessi, tuttavia il conto finale sarà comunque inferiore rispetto ai costi della inattività o di una necessaria reazione a fronte di eventi già accaduti (2/3/4).

L'impatto dei cambiamenti climatici si ripercuote tanto a livello locale e regionale quanto a livello sovraregionale; per questa ragione è importante considerare nelle strategie di adeguamento tutti gli attori, dall'Unione europea ai singoli comuni, passando per gli stati e le regioni.

Ma la collaborazione non si conclude con il coordinamento verticale tra istituzioni a più livelli; per mettere a punto strategie di adattamento efficaci occorre attivare anche cooperazioni orizzontali tra i vari settori. Alcune misure hanno massima efficacia in un singolo settore, ad esempio l'agricoltura o il turismo, ma servono anche iniziative trasversali, quali ad esempio la pianificazione territoriale che determina le linee di sviluppo di una regione.

Durante la pianificazione delle strategie di adattamento – e soprattutto nel momento della loro messa in pratica – è fondamentale che le istituzioni non agiscano da sole: i rappresentanti dei vari gruppi di interesse devono essere coinvolti in ogni fase.

Qualora si tratti di scegliere tra più possibili misure, sarà opportuno dare priorità a quelle che, a prescindere dalla incertezza rispetto alle prognosi sui futuri cambiamenti climatici, garantiscono i massimi benefici sociali e/o economici (misure *no-regret*). Preferenziali dovrebbero essere pure quelle misure che promuovano la tutela del clima e si pongano come obiettivo l'adattamento (1). È

importante valutare gli effetti collaterali di ogni possibile misura, così come è importante prendere in considerazione le possibili interazioni delle singole iniziative. Si prenda l'esempio della neve artificiale, che ha conseguenze sul fabbisogno di risorse idriche e influenza sulla disponibilità generale di queste risorse.

Un approccio pianificato e coordinato consente inoltre di riconoscere gli effetti collaterali positivi e di trarre vantaggio o quanto meno opportunità dalle trasformazioni innestate dai cambiamenti climatici (5).

Il percorso per la definizione di una strategia di adattamento può essere suddiviso, come qualsiasi altro processo di *policy-making*, in quattro fasi: 1) *agenda setting* (inserimento del tema nell'agenda politica), 2) *policy formulation* (elaborazione di una strategia), 3) *attuazione* e 4) *valutazione* (6). Nel contesto dell'adattamento la fase di valutazione si rivela particolarmente importante, per quanto non venga normalmente tenuta nella dovuta considerazione.

L'ultimo punto rimanda alla necessità di valutare attentamente i sistemi già esistenti. È da indagare la eventuale presenza di strategie o strutture che possano essere impiegate al fine di adattarsi ai cambiamenti climatici. Ad esempio un piano di sviluppo territoriale potrebbe già contenere norme preventive contro i pericoli naturali. Adattarsi non significa solamente adottare strategie e misure nuove, ma anche integrare la tematica dei cambiamenti climatici in sistemi già in uso o adattare strategie e strutture alle nuove esigenze.

## Diverse tipologie delle misure di adattamento

Le possibilità di adattamento ai cambiamenti climatici sono influenzate dalle condizioni generali. Tra queste ultime si annoverano ad esempio la situazione economica o il livello tecnologico di una regione: se entrambi questi parametri sono positivi, sarà più agevole coprire i costi delle misure di adattamento e si avrà a disposizione la necessaria conoscenza per adottare le migliori misure dal punto di vista tecnico. Ulteriori aspetti che potrebbero favorire l'adattamento sono la presenza di una struttura amministrativa ben funzionante e una solida coscienza ambientale nella popolazione.

Nell'ambito del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige – quanto siamo sensibili?" le misure di adattamento sono state raggruppate in quattro categorie.

#### 1. Misure tecniche

Si tratta di misure strutturali come le barriere antislavina o antiflora o altri interventi di natura tecnica quale ad esempio il miglioramento dei sistemi di irrigazione in agricoltura. In linea di massima in questo ambito è già stato fatto molto.

#### 2. Misure politico-istituzionali e organizzative

Le istituzioni politiche giocano un ruolo decisivo: promuovono l'informazione e predispongono le condizioni necessarie per un adattamento efficace e coordinato (3). In questa categoria figurano leggi, ordinamenti e linee guida, come ad esempio i piani delle zone di pericolo, ma anche i finanziamenti per l'implementazione delle misure. Un aspetto importante è rappresentato dalle misure che incoraggiano la collaborazione e il coordinamento tra più istituzioni, come ad esempio le strategie di adattamento trasversali a più settori.

#### 3. Misure di comunicazione

La comunicazione è un aspetto di grande rilevanza nel contesto dei cambiamenti climatici. È l'elemento chiave nella sensibilizzazione della consapevolezza della popolazione e nella formazione di una diffusa cultura del rischio. È ancora la comunicazione a svolgere la funzione di collegamento tra i vari rappresentanti di gruppi di interesse. Nell'ottica di un processo di adattamento efficace e fruttuoso è importante anche la comunicazione orizzontale: tra i diversi settori, all'interno dell'amministrazione pubblica, tra istituzioni pubbliche e private.

#### 4. Misure legate al patrimonio di conoscenza e alla scienza

Al fine di elaborare strategie di lungo respiro e di assistere settori e gruppi di popolazione particolarmente colpiti dai cambiamenti climatici è essenziale disporre di informazioni attuali ed esaustive circa i cambiamenti in corso e circa i possibili impatti (4). Ecco perché tra le misure di adattamento sono importanti quelle che sostengono i progetti di ricerca che permettono di acquisire più dati, di migliorare le indagini e di monitorare i cambiamenti. Sono inoltre da promuovere le iniziative che prevedono scambi tra teoria scientifica e pratica.

## Ostacoli

Sia il contesto, sia la fase di realizzazione possono ostacolare l'efficacia delle strategie, tramite: insufficienza di fondi, insufficienza di risorse umane o insufficienza di esperti del settore oppure ancora insufficienza delle condizioni tecniche.

Tra le altre difficoltà da mettere in conto figurano la mancanza di volontà o di consapevolezza da parte dei decisorи e un atteggiamento scettico. Le conseguenze positive delle misure di adatta-

mento sul lungo periodo non possono essere definite in modo chiaro e univoco; per contro i loro costi devono essere sostenuti già oggi. Ne deriva che lo sviluppo e l'implementazione di queste misure siano politicamente difficili da sostenere e certo impopolari (2/6). Per di più, le attuali leggi e gli attuali regolamenti potrebbero intralciare le strategie di adattamento.

La mancanza di collaborazione tra i vari attori politici e prospettive limitate a un singolo settore possono ostacolare lo sviluppo di proficue sinergie e in questo modo impedire l'attuazione di misure adeguate.

Anche la mancanza di comunicazione tra i vari settori o tra i vari livelli dell'amministrazione rende più laboriosa l'elaborazione di strategie di adattamento. Nella fase della messa in pratica delle misure deliberate può essere d'ostacolo la mancanza di consapevolezza dell'opinione pubblica o l'insufficiente di informazione.

L'incertezza rispetto agli scenari ambientali agli impatti locali e i costi effettivi – e immediati – delle misure di adattamento rappresentano per certo delle criticità. A ciò spesso si aggiunge uno scambio troppo modesto tra scienza e pratica, tra scienza e politica; la mancata circolazione di informazioni fa sì che sovente i dati e i risultati delle indagini scientifiche non vengano presi in considerazione nella pratica.

## Adattamento in Alto Adige

In Alto Adige le condizioni di partenza sono favorevoli al processo di adattamento ai cambiamenti climatici: la situazione economica è buona, lo standard tecnologico è elevato e in generale la struttura amministrativa funziona a dovere. Lo statuto di autonomia e le competenze da esso derivate in svariati settori favoriscono e rendono possibile la realizzazione di strategie adeguate. Il potenziale di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici può pertanto essere considerato piuttosto alto.

Allo stesso tempo tuttavia sussistono problemi che possono intralciare il processo di adattamento.

Sebbene negli ultimi anni la sensibilità rispetto ai cambiamenti climatici sia considerevolmente aumentata in Alto Adige, non mancano spesso atteggiamenti scettici da parte dei decisorи o dei rappresentanti di gruppi di interesse. Oppure manca la volontà di intraprendere e sostenere misure di adattamento mirate. Ad oggi in Alto Adige manca una strategia complessiva e trasversale ai vari settori che faccia esplicito riferimento alla problematica dei cambiamenti climatici, stabilisce condizioni e obiettivi delle azioni di reazione ai mutamenti dell'ambiente e coordina il processo di adattamento.

I cambiamenti climatici interessano tutti i settori. All'interno della pubblica amministrazione tuttavia manca ancora una istituzione che funga da piattaforma di incontro e sia investita della responsabilità di affrontare questo problema. I seminari condotti con gli



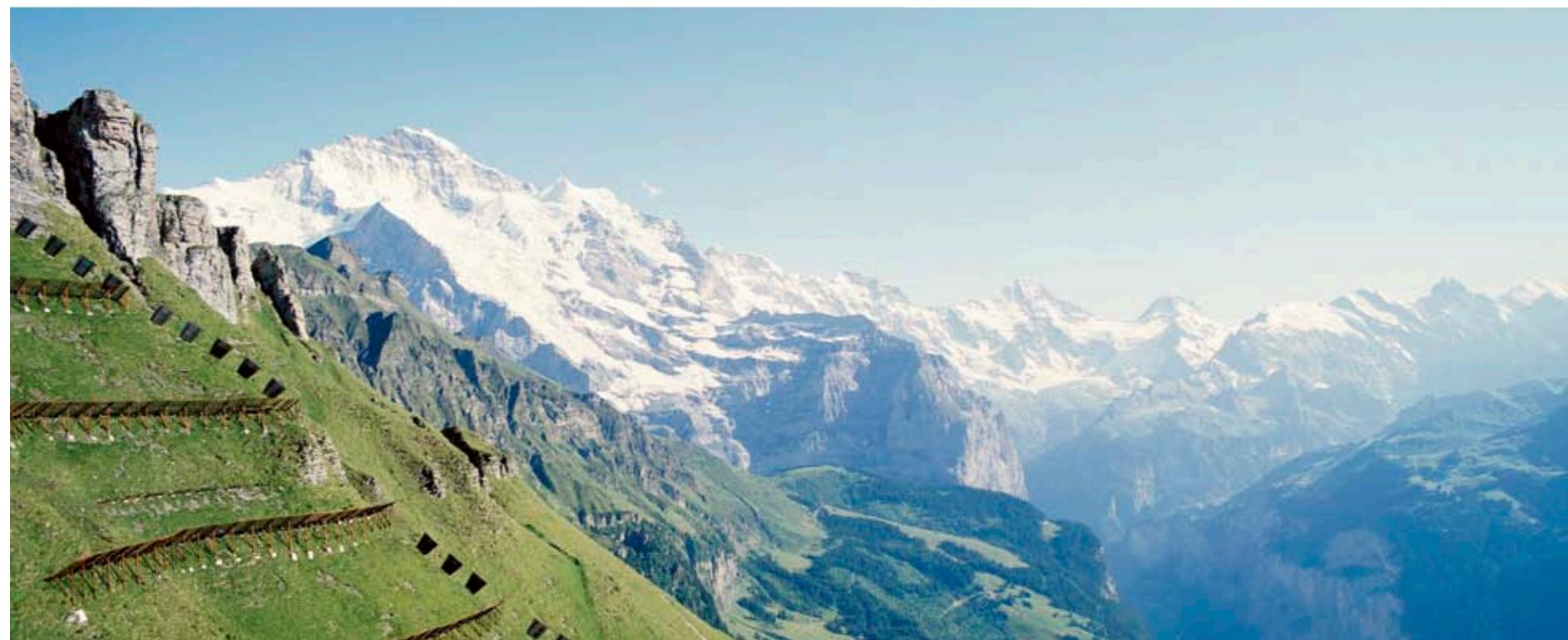
01 FIG

01 Nel marzo 2011 ricercatori e tecnici si sono confrontati con esperti della Provincia su possibili misure di adattamento e sulla loro applicazione in Alto Adige.  
Foto: EURAC

esperti e con i rappresentanti della Provincia autonoma di Bolzano hanno confermato come spesso collaborazione e scambi di informazione scarseggino all'interno dell'amministrazione. Le competenze vengono suddivise tra più ripartizioni e uffici o spartite tra diverse istituzioni, ad esempio Provincia e Comuni. Un esempio calzante è rappresentato dalla gestione delle risorse idriche: le previsioni relative alle precipitazioni vengono curate dall'Ufficio idrologico, mentre le concessioni vengono autorizzate dalla Ripartizione acque pubbliche ed energia, per quanto interessino anche le ripartizioni competenti per l'agricoltura, la selvicoltura e il turismo. Delle misure anti-inondazioni è responsabile l'Ufficio sistemazione bacini montani, ma in caso di eventi estremi interviene anche la Protezione civile. Questo esempio mostra quanto sia indispensabile una strategia che si snodi su un piano trasversale e interdisciplinare.

La già menzionata incertezza per quanto riguarda gli scenari climatici, specialmente in relazione alle precipitazioni e agli eventi estremi, rappresenta un ulteriore fattore di ostacolo al momento di decidere se e in caso quali misure adottare. In questo caso, come del resto in altri settori quali quello economico e demografico, si tratta di sviluppare strategie decisionali e di adattamento convivendo con un certo grado di incertezza. Gli incontri con gli esperti hanno inoltre denunciato come spesso manchino scambi adeguati tra teoria e pratica. I risultati delle ricerche dovrebbero sempre prevedere indicazioni concrete utili per i decisorи e dovrebbero sempre essere comunicati a chi è operativo sul campo.

Tra le misure di adattamento si distingue tra misure implicite e misure esplicite. Queste ultime sono quelle adottate e realizzate consapevolmente come risposta ai cambiamenti climatici. Le mi-



FIG

02 Il sapere popolare legato alla gestione dei pericoli naturali ha un ruolo molto importante nello sviluppo di strategie di prevenzione del rischio. Foto: Glowimages Direct, LLC

02

sure implicite sono invece quelle che rappresentano una reazione rispetto agli eventi meteorologici in generale. Per questo però non sono meno utili nel processo di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici.

Nel marzo del 2011 esperti del mondo della ricerca e dei vari settori operativi, oltre che rappresentanti della Provincia autonoma di Bolzano, si sono incontrati per discutere le possibili misure di adattamento e le loro possibili modalità di introduzione in Alto Adige. I partecipanti dovevano stimare, tramite un sistema a punti, se nei vari settori già fossero operative – o in pianificazione – misure di adattamento. Ne è risultato che in Alto Adige sono già state sviluppate numerose misure implicite e strategie che contribuiscono all'adattamento ai cambiamenti climatici.

Un esempio: la strategia che prevede di stabilizzare i boschi sulla base della loro dislocazione geografica, assortendoli e diversificandoli sia per quanto riguarda la specie di alberi sia per quanto riguarda la loro età (si veda il capitolo sulla selvicoltura a pag. 54) risulta essere anche la migliore strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Un ulteriore esempio è rappresentato dal Piano delle zone di pericolo: non è stato pensato come risposta ai cambiamenti climatici,

ma consente di reagire alle trasformazioni ambientali causate dai cambiamenti climatici (si veda il capitolo sui pericoli naturali a pag. 60). Anche la strategia del settore turistico che prevede di indebolire il principio della duplice forte stagionalità per distribuire gli arrivi in modo più fluido anche nelle stagioni mediane (ad esempio promuovendo i Törggelen, le merende autunnali) e che stimola l'introduzione di nuove attività non dipendenti dalle condizioni meteorologiche consentirà di porre rimedio alle conseguenze dei cambiamenti climatici; specialmente in inverno, quando l'incertezza rispetto alla copertura nevosa aumenterà (si veda il capitolo sul turismo a pag. 68).

Per contro tuttavia, gli esperti denunciano la scarsità di misure di adattamento esplicite. Se è vero che in settori quali la selvicoltura, la protezione dai pericoli naturali e la gestione delle risorse idriche sono stati progettati vari interventi, è vero anche che concretezza queste misure ancora non sono state implementate. Inoltre gli esperti che hanno partecipato al seminario hanno sottolineato come manchino misure trasversali ai vari settori, misure giudicate da tutti come assolutamente importanti.

Si propone qui una sintesi della discussione condotta sulla natura e le modalità di applicazione delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici in Alto Adige.

- In passato in Alto Adige ci si è concentrati principalmente sulla introduzione di misure tecniche, come ad esempio le barriere a difesa dai pericoli naturali, l'impiego di impianti per la produzione di neve artificiale o la costruzione di bacini di raccolta delle acque. La regione conta inoltre su un buon sistema di monitoraggio e sorveglianza del territorio, ad esempio dispositivi di misurazione del livello delle acque, sensori e webcam per la sorveglianza dei pericoli naturali e sistemi di previsione e allerta contro le ondate di calore. In futuro sarà importante tenere in considerazione i possibili effetti dei cambiamenti climatici al momento della pianificazione e della costruzione di infrastrutture quali dighe, prestando particolare attenzione agli effetti collaterali e alle interazioni di queste misure con altri settori.
- Dal punto di vista istituzionale si denuncia la mancanza di strategie e misure trasversali rispetto ai diversi settori. Ci sono lacune da colmare per quanto riguarda la comunicazione e lo scambio di informazioni all'interno dell'amministrazione pubblica. Inoltre l'adattamento ai cambiamenti climatici spesso non è previsto nelle strategie per lo sviluppo del territorio o dei criteri per il finanziamento di progetti.
- L'adattamento richiede una azione congiunta di più attori. In Alto Adige si riconoscono casi virtuosi che vedono collaborare i rappresentanti di vari gruppi di interesse. Ne è un esempio il

progetto "Etsch-Dialog" (si veda il capitolo sulle risorse idriche a pag. 38) nel quale a vario titolo istituzioni e privati studiano una soluzione per lo sfruttamento sostenibile delle risorse idriche; anche all'interno di questo progetto tuttavia non ci si è mai confrontati esplicitamente con la questione dei cambiamenti climatici. Questa variabile invece dovrebbe essere presa in considerazione. In altri settori, come ad esempio quello turistico, mancano proprio iniziative che mirino a trovare un accordo tra i vari filoni e le varie figure coinvolte: gestori, proprietari, rappresentanti dei Comuni e della Provincia.

• La consapevolezza del rischio e la sua comunicazione sono elementi chiave in una ottica di reazione ai cambiamenti climatici. Nelle aree alpine la convivenza con i pericoli naturali è un dato di fatto e la consapevolezza del rischio si è accresciuta nei secoli. Tuttavia l'introduzione negli ultimi decenni di misure di messa in sicurezza come le barriere antavalanghe o antifrane hanno favorito in Alto Adige, così come in tutto l'arco alpino, una cultura del rischio che talvolta spinge verso atteggiamenti spavaldi. Malgrado tutte le barriere, la protezione dai pericoli non può mai essere totale. Questo deve essere il cuore di una comunicazione che miri a rafforzare la responsabilità personale. In Alto Adige sono già state promosse iniziative in questo senso: progetti nelle scuole e campagne di informazione. In

futuro bisognerà investire di più nella formazione della responsabilità personale e nella comunicazione del rischio.

- Per poter reagire adeguatamente ai cambiamenti climatici occorre disporre di conoscenze aggiornate rispetto alle possibili impatti e alle possibilità di adattamento. Negli ultimi anni le istituzioni di ricerca locali e la Provincia autonoma di Bolzano si sono occupate del tema: sono stati condotti progetti finanziati dalla Provincia e anche iniziative Interreg, come Permanet, AdaptAlp o CLISP. Questi studi andrebbero ulteriormente approfonditi per poter stimare meglio gli impatti dei cambiamenti climatici a livello locale. Inoltre sarebbe opportuno intensificare le collaborazioni e favorire gli scambi di informazioni tra teoria e pratica.

## Verso una strategia di adattamento

Tra gli obiettivi del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige – quanto siamo sensibili?" c'era quello di stimolare un processo che potesse concludersi con la elaborazione di una strategia di adattamento per l'Alto Adige. Le condizioni di partenza sono infatti buone, ma questo non è sufficiente. Strategie di adattamento lungimiranti e ben coordinate possono mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici se non addirittura sfruttarli, ad esempio i cicli vegetativi allungati in agricoltura o i potenziali di crescita di alcuni tipi di turismo.

Il primo passo da intraprendere è l'introduzione del tema nell'agenda politica. Questo è il passaggio obbligato per comunicare un messaggio chiaro: sappiamo che i cambiamenti climatici sono una realtà, vogliamo occuparcene e reagire.

Allo stesso tempo è fondamentale chiarire chi sia responsabile per gli interventi di risposta ai cambiamenti climatici e chi si debba far carico del coordinamento delle varie azioni. Può trattarsi di un ufficio preesistente, di una nuova ripartizione o ancora di un gruppo di lavoro interdisciplinare con rappresentanti provenienti da vari uffici. In Germania è stato costituito un gruppo di lavoro interministeriale dedito al tema dei cambiamenti climatici e nell'Asia del Nord è stata introdotta la figura dell'incaricato per le misure di adattamento, che svolge un compito di coordinamento tra vari settori e vari attori interessati. Altri paesi europei hanno già introdotto piani strategici o li stanno mettendo a punto (si veda il box). Dall'esperienza degli altri paesi si può desumere un catalogo di elementi fondamentali al fine della stesura di una strategia di adattamento valida:

- una base scientifica fondata derivata da studi sugli impatti dei cambiamenti climatici a livello locale e sulle opzioni di adattamento,
- una collaborazione trasversale tra più settori,

- il coinvolgimento di vari gruppi di interesse e di istituzioni locali, ad esempio attraverso workshop o tavole rotonde,
- lo scambio tra teoria e pratica.

Una buona strategia di adattamento deve porsi obiettivi e misure comuni, deve inoltre prevedere ambiti di azione concreti e iniziative in settori specifici.

Nella fase di elaborazione è importante valorizzare, a fianco della messa a punto di nuove iniziative, tutto il potenziale già presente sul territorio; vale a dire che si dovrebbero riconoscere e sfruttare tutti quegli strumenti che possano essere utili anche in un processo di adattamento ai cambiamenti climatici. Ne sono un esempio i piani urbanistici: l'introduzione di aree verdi in una città contribuisce alla prevenzione della formazione di isole urbane di calore.

L'adattamento è un processo senza soluzione di continuità. Ecco perché è importante misurare e valutare a intervalli regolari gli effetti, l'efficacia e i costi delle misure intraprese e far tesoro di queste verifiche per gli sviluppi successivi.

## Conclusioni

I cambiamenti climatici costituiscono una delle sfide che l'Alto Adige con i suoi vari settori si trova a fronteggiare per il futuro. Questa è la convinzione espressa dai partecipanti ai seminari di esperti organizzati nell'ambito del progetto "Cambiamenti climatici in Alto Adige – quanto siamo sensibili?" ed è il risultato cui sono approdate anche le ricerche interdisciplinari. Non è certo l'unica sfida per l'Alto Adige; solo per nominare alcuni dei campi nei quali la provincia alpina dovrà misurarsi si ricordano i cambiamenti socio-economici, la trasformazione demografica o le condizioni poste dalla concorrenza sul mercato globale. Se tuttavia si guarda allo sviluppo territoriale strategico per il futuro, l'adattamento ai cambiamenti climatici deve essere per certo incluso.

Affinché le strategie di adattamento siano efficaci è importante che si sia aperti verso il tema, che si sia disposti a cambiare le procedure attualmente in uso e che si sia pronti a superare una modalità di pensiero "settoriale". Alle sfide lanciate dai cambiamenti climatici hanno risposto negli ultimi anni anche altri paesi e regioni; alcuni hanno già elaborato strategie di adattamento strutturate o ci stanno lavorando (si veda il box). A livello nazionale l'Alto Adige potrebbe rappresentare un avamposto pionieristico. In Italia infatti sono stati condotti studi nazionali o regionali sugli impatti dei cambiamenti climatici e sulle possibili strategie di adattamento, ma non sono ancora state deliberate strategie ufficiali.

L'adattamento ai cambiamenti climatici in Alto Adige è agli albori. Si tratta ora di mettere a punto una strategia condivisa e lungimirante.

## Strategie di adattamento a livello nazionale e internazionale

La tutela del clima e l'adattamento ai cambiamenti climatici sono diventati negli ultimi anni temi all'ordine del giorno dell'agenda politica di numerosi paesi europei e anche extra-europei.

Nel 2005 l'Unione europea ha riunito un gruppo di lavoro con il compito di studiare l'impatto dei cambiamenti climatici e sviluppare eventuali misure di adattamento. Nell'aprile del 2009 questo gruppo ha presentato un libro bianco nel quale si delinea una cornice europea per le azioni di adattamento e si richiede ai singoli stati membri di adottare strategie adeguate. Il passo successivo sarà quello di sviluppare una strategia generale di adattamento ai cambiamenti climatici a livello europeo entro il 2013 (1).

Numerosi paesi europei hanno già varato strategie a livello nazionale o sono in procinto di farlo. La **Germania** ha adottato un piano di adattamento nel dicembre del 2008. La strategia entrata in vigore è il risultato degli sforzi di un gruppo di lavoro interministeriale all'interno del quale sono stati rappresentati tutti i dipartimenti. Tra le altre cose, il documento prevede la costituzione di un centro di competenza per gli impatti dei cambiamenti climatici e per l'adattamento all'interno dell'Ufficio federale per l'ambiente (7). A seguito della presentazione dei risultati del gruppo di lavoro interministeriale, il 31 agosto 2011 è stato deliberato dal gabinetto federale un Piano di azione di adattamento che propone misure e attività concrete e prevede una procedura di valutazione che si concluderà nel 2014 (8).

Anche a livello regionale si contano già vari esempi di intervento. Nel giugno del 2008 il consiglio dei ministri della Baviera ha incaricato il gruppo di lavoro interministeriale per la tutela del clima di mettere a punto una proposta di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici pensate specificamente per la regione nel Sud della Germania: BayKLAS. Il prodotto di un anno di lavori è sfociato nel settembre del 2009 nel varo della strategia bavarese di adattamento ai cambiamenti climatici (9).

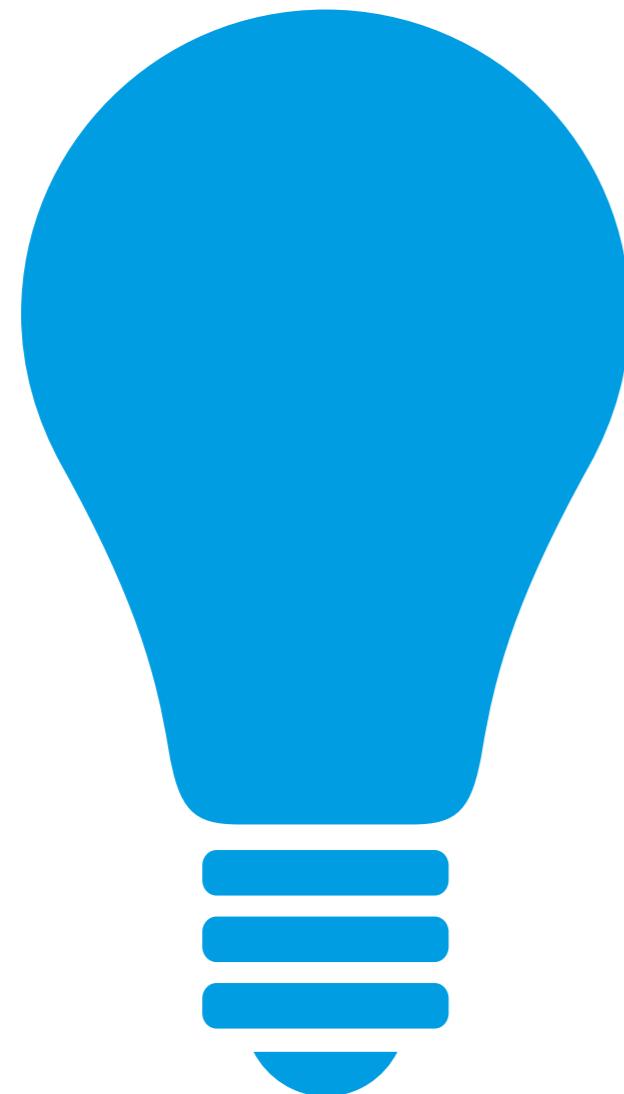
Anche in **Austria** si lavora dal 2007 a una strategia nazionale di adattamento. Sotto la direzione del Ministero dell'Ambiente sono stati organizzati svariati seminari con rappresentanti dell'economia, dell'amministrazione, di organizzazioni ambientaliste e di gruppi di interesse e sono state discusse idee per la messa a punto di una strategia comune. Prendendo parte a questo processo partecipativo, l'opinione pubblica e gli esperti hanno potuto esprimere i loro punti di vista. Il primo importante documento strategico prodotto è il *policy paper Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie* (Verso una strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici). Un testo politicamente vincolante e deliberato dal consiglio dei ministri è atteso per la prima metà del 2012 (10/11/12).

In **Svizzera** il parlamento federale ha incaricato l'Ufficio federale per l'ambiente (BAFU) di elaborare specifici piani per i vari settori, congiuntamente ad altri gruppi di lavoro. Una bozza del piano verrà presentata entro la fine del 2011. Vi si esprimeranno scienziati, esperti dei vari cantoni e delle varie associazioni. Questo documento diventerà il punto di riferimento per i singoli cantoni che dovranno sviluppare strategie regionali (13).

Il processo di definizione delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, la loro composizione e i contenuti stessi differiscono da stato a stato e da regione a regione. Tuttavia alcuni aspetti sono ricorrenti:

- collaborazione trasversale tra più settori, generalmente in gruppi di lavoro con rappresentanti di diversi uffici e dipartimenti;
- coinvolgimento di esperti e rappresentanti di gruppi di interesse;
- una prima parte riguardante il prospettato impatto dei cambiamenti climatici e una seconda parte dedicata alle possibili misure di adattamento;
- dal punto di vista del contenuto, una combinazione di obiettivi generali e indicazioni di misure concrete per i diversi settori: ad esempio, obiettivo generale, il lancio di campagne di informazione in regioni ad alto tasso turistico per aumentare la consapevolezza dei pericoli e, nel concreto, la proposta di rendere obbligatoria la consegna agli ospiti, al momento della registrazione nelle strutture ricettive, di un *depliant* che riporti i rischi naturali (10).

Una strategia di adattamento presuppone anche la definizione di chiare misure da applicare. I suggerimenti ad oggi resi noti in Austria prevedono ad esempio una scala di priorità tra le possibili misure da adottare e per ogni misura indicata un riferimento a strumenti già disponibili. Allo stesso tempo propongono l'implementazione di azioni, ad esempio nel settore della tutela dai pericoli naturali, che abbiano un ancoraggio giuridico in regolamenti già esistenti, come il piano delle zone di pericolo o i piani urbanistici dei vari Länder. Infine si elencano i tempi di realizzazione e i responsabili dell'attuazione delle misure, ministeri federali, Länder o Comuni.



# conclu sioni

*Marc Zebisch*

*Lydia Pedoth*

*Georg Niedrist*

10

Le Alpi, e dunque anche l'Alto Adige, sono realtà pesantemente colpite dai cambiamenti climatici. Il riscaldamento medio misurato nelle aree alpine negli ultimi cento anni è doppio rispetto alla media europea: +2 gradi centigradi. La stazione di rilevamento di Bolzano ha registrato un incremento della temperatura media annuale di 1,5 gradi centigradi negli ultimi 30 anni e anche in futuro si dovranno fare i conti con un ulteriore riscaldamento. Vari scenari climatici prospettano un aumento variabile tra +1,2 e +2,7 gradi centigradi entro il 2050. Le precipitazioni assumeranno in inverno carattere principalmente piovoso a scapito delle nevicate. Si verificherà un'intensificazione dei fenomeni climatici estremi: ondate di calore, piogge intense, temporali ecc.. Le previsioni relative agli eventi estremi non sono tuttavia certe e di questo occorre tenere conto durante l'elaborazione delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

## Sensibilità

La vita e le attività svolte in Alto Adige dipendono dalle condizioni climatiche e meteorologiche in misura superiore alla media ed è per questo che si rivelano particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici.

Il primo luogo si deve menzionare la sensibilità legata alla natura intrinseca di territorio alpino. Basti pensare alla condizione dei ghiacciai o alle coperture nevose in inverno, direttamente legate alle oscillazioni climatiche. Anche i pericoli naturali sono una caratteristica delle regioni alpine: alluvioni, esondazioni, frane e cadute massi dipendono imprescindibilmente dal clima e possono essere scatenati da eventi meteorologici estremi. Un ulteriore motivo di vulnerabilità è il fatto che alcune parti dell'Alto Adige sono particolarmente secche, specialmente la val Venosta e gli altopiani di Monzoccolo e del Renon; fatto questo che crea problemi soprattutto in agricoltura. L'economia dell'Alto Adige dipende in misura superiore alla media dalle condizioni climatiche.

- **L'agricoltura**, settore di maggiore importanza per l'economia locale rispetto agli standard europei, è fortemente influenzata dalle temperature e dalle precipitazioni. Un aspetto critico è rappresentato dall'alto fabbisogno di acqua, specialmente nelle frutticolture e nei pascoli, che può essere soddisfatto in molti casi solamente tramite irrigazione artificiale.

- Uno dei settori più rilevanti dell'economia altoatesina è il **turismo**: il fatturato annuo è stimato attorno ai 3 miliardi di euro e il contributo alla produzione di valore aggiunto è pari al 12%. Sia il turismo estivo sia quello invernale dipendono dal clima e dalle condizioni meteorologiche. Mentre i flussi estivi godono del clima mite dell'Alto Adige con i suoi tanti giorni di sole, i flussi invernali sono già oggi minacciati dalla riduzione delle precipitazioni nevose, sempre più frequentemente integrate con l'introduzione di impianti per l'innevamento artificiale.

- La massiccia produzione di **energia idroelettrica** favorisce il bilancio climatico dell'Alto Adige. Allo stesso tempo però queste centrali sono particolarmente condizionate dalle scarse precipitazioni e dall'impoverimento della funzione di nevai e ghiacciai come serbatoi naturali di acqua.

I processi di sviluppo in linea di principio indipendenti dai cambiamenti climatici rafforzano la vulnerabilità rispetto ai cambiamenti climatici.

- In Alto Adige il territorio permanentemente occupato da insediamenti di lunga data è ridotto, l'8% circa della superficie totale. Tuttavia la superficie insediata di molti comuni è più che raddoppiata dal 1950 ad oggi. Ciò significa nuove strade, binari e infrastrutture turistiche, specie nei comprensori sciistici. Significa anche spingere le costruzioni in aree dove incombe la minaccia dei pericoli naturali e dove non si potrebbe vivere senza apposite barriere di protezione.
- Il fabbisogno di risorse idriche è in continua ascesa e non sono previste battute d'arresto per il futuro. In campo agricolo si rendono sempre più necessari impianti di irrigazione anche dove in passato non servivano. Nei comprensori sciistici la richiesta di acqua per l'innevamento artificiale è sempre più alta e anche il consumo casalingo è in aumento.
- Nelle città è in crescita il numero degli anziani. Specialmente a Bolzano, la salute di queste fasce d'età più avanzate è sempre più minacciata dalle ondate di calore.

Negli ultimi decenni si sono riproposte sempre più frequentemente annate calde e secche, come ad esempio il 2003, che consentono di stimare l'impatto dei cambiamenti climatici in Alto Adige. Perdite nei raccolti, danni ai boschi causati dalla siccità (ad esempio morie di pini), approvvigionamento idrico insufficiente, riduzioni fino al 10% nella produzione di energia idroelettrica ed emergenze mediche riconlegate al caldo specialmente negli agglomerati urbani, sono questi i principali problemi messi in evidenza. Nel 2010 a Bolzano è stato registrato un nuovo record: 20 notti tropicali, vale a dire notti con una temperatura minima superiore ai 20 gradi centigradi e particolarmente impattanti sulla salute.

## Possibili impatti

- **Riscaldamento**. La ritirata dei ghiacciai continuerà senza sosta e anche la copertura nevosa diminuirà. Questo avrà conseguenze sul turismo legato allo sci. Particolamente minacciati saranno i comprensori sciistici alle quote più basse, al di sotto dei 1800 metri, e i comprensori estivi sui ghiacciai. Le alte temperature costituiscono un problema per la salute, principalmente delle città più grandi e in Bassa Atesina. Il caldo unito alla siccità causa danni alla vegetazione con conseguenze negative per l'agricoltura e per la selvicoltura e aumenta il rischio di incendi. Allo stesso modo aumenta il pericolo di malattie delle piante e di infestazioni di parassiti. Le zecche e altri insetti vettori di malattie si diffondono sempre più. Per contro, l'agricoltura può anche trarre ampio vantaggio dal riscaldamento, almeno finché viene assicurato il soddisfacimento del fabbisogno idrico. L'aumento delle temperature può ampliare anche le chance dell'industria turistica estiva, non foss'altro perché il riscaldamento renderà meno attrattive altre destinazioni oggi tipiche, come ad esempio le mete mediterranee.
- **Cambiamenti nella gestione delle risorse idriche**. Si stima che i cambiamenti climatici comporteranno una riduzione della disponibilità di risorse idriche in estate; le cause sono da ricercare in una maggiore evaporazione e nella diminuzione delle nevicate invernali che ridurranno la quantità di acqua di disgelo. L'agricoltura, la disciplina delle acque, il turismo e l'industria

idroelettrica sono i settori che patiranno in modo più evidente della riduzione delle risorse idriche. Assicurare la copertura dei crescenti consumi rappresenta la sfida per i prossimi cinquant'anni.

- **Eventi climatici estremi**. Per quanto le prognosi siano incerte è plausibile stimare un incremento degli eventi climatici estremi, con conseguente aumento del rischio di pericoli naturali.

## Adattamento

In Alto Adige le condizioni di partenza sono favorevoli al processo di adattamento ai cambiamenti climatici: la situazione economica è buona, lo standard tecnologico è elevato e in generale la struttura amministrativa funziona a dovere. Lo statuto di autonomia e le competenze da esso derivate in svariati settori favoriscono e rendono possibile la realizzazione di strategie adeguate. Il potenziale di adattamento alle conseguenze dei cambiamenti climatici può pertanto essere considerato piuttosto alto.

Le misure esplicite pianificate e implementate finora sono per la verità poche, tuttavia il livello di adattamento, specialmente in campo tecnico, è piuttosto alto. Mentre in alcuni settori le iniziative sono costose ma di efficacia certa, ad esempio le barriere a protezione dai pericoli naturali, in altri ambiti, come ad esempio gli impianti di irrigazione per i pascoli o i dispositivi di innevamento artificiale, il rapporto costi-benefici può risultare sconveniente in certe condizioni. Basti pensare ai comprensori sciistici a quota troppo bassa o all'impianto di nuovi sistemi di irrigazione nei pascoli.

Le carenze più evidenti da colmare riguardano le misure trasversali a più settori, ad esempio il coordinamento delle iniziative per risparmiare le risorse idriche, e più in generale il coordinamento e la comunicazione tra ripartizioni, associazioni dei gruppi di interesse ed esperti. Nella maggior parte dei casi manca una consapevole presa in considerazione dei cambiamenti climatici.

## Vulnerabilità

In linea di massima l'Alto Adige è fortemente colpito dalle conseguenze dei cambiamenti climatici. Tuttavia, grazie alla elevata capacità di adattamento e grazie alle misure di adattamento già varate (per quanto non esplicitamente elaborate come risposta ai cambiamenti climatici), la sua vulnerabilità risulta modesta. Tuttavia questa situazione potrebbe drasticamente peggiorare in futuro se le problematiche connesse ai cambiamenti climatici non troveranno un posizionamento esplicito nell'agenda politica e non verranno adeguatamente considerate nelle pianificazioni. Anche i futuri sviluppi del fabbisogno idrico e degli insediamenti umani portano con sé nuovi rischi che potrebbero aumentare la vulnerabilità.

In generale sono maggiormente in pericolo quei settori già oggi danneggiati dagli eventi climatici estremi e quelle regioni in cui non è stata adottata alcuna misura di adattamento, ad esempio aree prive di impianti di irrigazione anche dove già in passato si fossero patiti periodi di siccità.

- **Approvvigionamento idrico a scopo agricolo nelle aree più secche** (val Venosta, Monzoccolo, Renon, Bassa Atesina, Bolzano e dintorni di Bressanone). In questi casi la vulnerabilità è

dovuta in primo luogo ai frutteti traslati a quota maggiore proprio per effetto dei cambiamenti climatici. In queste nuove aree di coltura infatti l'approvvigionamento idrico è già oggi spesso un problema e il potenziale di adattamento è minimo poiché lo spazio adeguato per serbatoi di riserva aggiuntivi è limitato.

- **Siccità nei pascoli**. In questi casi la alta vulnerabilità è da riguardarsi alle scarse possibilità di adattamento. Gli impianti di irrigazione a basso consumo in uso nei frutteti, ad esempio quelli a goccia, non si adattano ai pascoli, non sono disponibili altre tecnologie e la resa dei campi non giustifica l'alto investimento dei nuovi impianti.

**Insediamenti e infrastrutture posizionati in zone a rischio.** Negli ultimi decenni si sono intensificate le costruzioni, specialmente di natura artigianale-industriale, in aree a rischio. Nei prossimi anni si assisterà a dei cambiamenti vincolati legalmente alla stesura del Piano delle aree di pericolo. Tuttavia resta da vedere con quale costanza e coerenza il Piano verrà messo in atto e in quale misura verrà introdotto nella pianificazione l'aumento dei rischi naturali quale conseguenza dei cambiamenti climatici.

- **Garanzia di innevamento nei comprensori sciistici al di sotto dei 1800 metri di quota**. Qualora la tendenza al riscaldamento continuasse, l'impiego di impianti di innevamento artificiale perderebbe di convenienza. Le possibilità di adattamento sono dunque limitate.

**Rischi per la salute riconducibili al calore nelle città** (principalmente a Bolzano e a Merano). A seguito della afosa estate del 2003 è stato allestito un sistema nazionale di allerta tempestiva. Tuttavia i canali di informazione per la popolazione sono al momento esili.

**Bilancio finale:** I cambiamenti climatici non sono una novella catastrofe naturale. I cambiamenti climatici consistono in una trasformazione del clima verso temperature più alte e – in parte – verso una maggiore siccità. In Alto Adige i cambiamenti climatici intervengono su un sistema particolarmente sensibile al clima e alle condizioni meteorologiche, ma allo stesso tempo dotato di alte potenzialità di adattamento.

Non tutte le stime relative ai cambiamenti climatici possono essere supportate con dati inequivocabili. Il futuro rimane in parte incerto, eppure è necessario prepararsi. Del resto alcuni settori, come quello economico, già sono avvezzi a pianificazioni strategiche pur convivendo con una certa dose di incertezza. La prima misura da intraprendere per affrontare i cambiamenti climatici è prendere coscienza del problema e inserirlo nell'agenda politica. Una gestione trasversale rispetto ai vari settori, indispensabile per avviare strategie efficaci, può mettere in moto circoli virtuosi, quali l'ottimizzazione dello sfruttamento delle risorse o processi di sviluppo sostenibile, ad esempio per quanto riguarda il risparmio di acqua. È importante che sul modello di altre regioni e stati si metta a punto una strategia di adattamento condivisa ed è fondamentale che questa strategia sia combinata ad azioni a tutela del clima (riduzione delle emissioni di gas serra). Grazie allo statuto di autonomia, grazie a una amministrazione pubblica efficiente e grazie a una elevata capacità di adattamento, l'Alto Adige potrebbe fungere da modello per il resto d'Italia e per l'intero arco alpino in materia di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.

# bibliografia



## cambiamenti climatici

01. IPCC (2007): Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
02. Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A. et al. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region 1760-2003. International Journal of Climatology No 27, pp 17-46
03. Ufficio idrografico – Provincia autonoma di Bolzano (2009, 2010) <http://www.provincia.bz.it/meteo/climareport.asp>
04. Ensembles RT2B and RT3 experiments – RT2B: Transient experiments 1951-2050 or 1951-2100 driven by global experiments. Disponibile alla pagina: [http://ensemblesrt3.dmi.dk/extended\\_table.html](http://ensemblesrt3.dmi.dk/extended_table.html)
05. Lautenschlager, M., Keuler, K., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009): Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.1, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. [doi: 10.1594/WDCC/CLM\_C20\_1\_D3]
06. Mahrenholz, J. (2006): REMO A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, DATASTREAM 3. World Data Center for Climate. CERA-DB “REMO\_UBA\_A1B\_D3” [http://cera-www.dkrz.de/Wdcc/ui/Compact.jsp?acronym=REMO\\_UBA\\_A1B\\_D3](http://cera-www.dkrz.de/Wdcc/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_UBA_A1B_D3)
07. Provincia Autonoma di Bolzano (2010) Piano di utilizzazione generale delle acque pubbliche della Provincia Autonoma di Bolzano, <http://www.provincia.bz.it/acque-energia/acqua/piano-generale-acqua.asp>
08. Efthymiadis, D., Jones, P.D., Briffa, K., Böhm, R., Maugeri, M. (2007) Influence of large-scale atmospheric circulation on climate variability in the Greater Alpine Region of Europe. Journal of Geophysical Research 112: D12104, doi: 10.1029/2006JD008021



## agricoltura

01. ASTAT 2010: Annuario statistico della Provincia di Bolzano. Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige, Istituto provinciale di statistica
02. Tappeiner, U., Tappeiner, G., Hilbert, A., Mattanovich, E. (eds) (2003): The EU Agricultural Policy and the Environment. Eu-

ropäische Akademie Bozen, Fachbereich Alpine Umwelt. Blackwell Berlin

03. [www.istat.it](http://www.istat.it) (ultimo accesso 05.07.2011)
04. Stainer, R. (2011): Klimawandel und Auswirkungen auf den Südtiroler Obstbau. Obstbau\*Weinbau, 1:pp.13-16
05. Jones, G.V. (2006): Climate change and the global wine industry. Proceedings, Thirteenth Australian Wine industry technical conference
06. Schultz, H.R. (2006): Veränderungen im Klima und mögliche weinbauliche Konsequenzen. Obstbau\*Weinbau, 2: pp. 37-40
07. Hofmann, M., Hoppmann, D., Schulz, H.R.(2011): Einfluss der Klimaveränderung auf die phänologische Entwicklung der Rebe sowie die Säurestruktur der Trauben. presentazione FA Geisenheim, DDW Geisenheim
08. Chmielewski, F.-M. (2009): Klimawandel und Obstbau in Deutschland, Abschlussbericht des Teilprojekts der HU Berlin
09. Scheifinger, H., Menzel, A., Koche, E. & Peter, C. (2003): Trends of Spring Time Frost Events and Phenological Dates in Central Europe Theor. Appl. Climat., 74: pp. 41-51
10. Fuhrer, J., Calanca P., Defila, C., Forrer, H.-R., Lehmann, B., Luder, W., Müller-Ferch, G., Münger, A., Sonneveld, M. Uebersax, A. (2007): Landwirtschaft. In: Klimaänderung und die Schweiz 2050. OcCC/ProClim, Bern
11. Resch, R., Schwab, E., Schwaiger, E. (2009): Standortabhängige Auswirkungen differenzierter Grünlandbewirtschaftung auf Trockenmasse und Qualitätsertrag. LFZ Raumberg- Gumpenstein, 4. Klimaseminar 2009, pp.35-50
12. Kimball, B.A. Mauney, F.S.Nakayama, F.S., Idso, S.B. (1993): Effects of elevated CO<sub>2</sub> and climate variables on Plants. Journal of Soil Water Conservation, 48: pp. 9-14
13. Pinter, P.J.J., Kimball, B.A., Garci, R.L., Wall, G.W., Hunsaker, D.J., LaMorte, R.L. (1996): Free-air CO<sub>2</sub> enrichment: responses on cotton and wheat crops. In: Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems (Hrsg. G.W.Koch& H.A. Mooney), Academic Press, San Diego, pp. 215-249
14. Winkler, J.B., Graf, W., Lang, H. (2009): Anwendung der mini-FACE-Technik in einer Langzeitstudie zu den Wirkungen einer CO<sub>2</sub>-Erhöhung bei unterschiedlichen Erntehäufigkeit auf einer Magerrasengesellschaft. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 4. Klimaseminar 2009, pp. 11-14
15. Stock, M. (2006): Klimawandel und mögliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Landesbauernverband Brandenburg am 10.08.2006 a Rathenow
16. Niedrist et al. non pubblicato
17. Weber, R. W. S. &Görgens, M. (2009): Klimawandel und Obstbau in Deutschland, Abschlussbericht des Teilprojektes OVA Jork
18. Stock, M., Mastel, K. 2006: Klimawandel in Baden-Württemberg in der Vergangenheit (1950-2000) und in der Zukunft (2010-2055)- Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Fortbildung Pflanzenproduktionsberater am 24./26.01.2006 an der LEL in Schwäbisch-Gmünd sächsischen Weinbautages del 4.03.2006
19. Petgen (2007): Reaktion der Reben auf den Klimawandel. Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 9: pp. 6-9
20. Neuner et al. 2011: „Winterschäden an Südtiroler Apfelpäu- men“ progetto finanziato dalla Provincia Autonoma di Bolzano ([http://www.uibk.ac.at/botany/research/applied\\_research/win-ter\\_damage.html.de](http://www.uibk.ac.at/botany/research/applied_research/win-ter_damage.html.de), ultimo accesso 14.02.2011)



## foreste

01. Provincia autonoma di Bolzano (2009): Relazione Agraria e Forestale 2009
02. Graßl, H. (2007): Klimawandel – zu schnell für jeden Baum. LWFaktuell 60:pp. 3-4
03. Theurillat, J., Guisan, A. (2001): Potential impact of climate change on Vegetation in the European alps: A review. Climatic Change, 50(1-2):pp. 77-109. In: Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H. (2009): Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land-und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Agrimedia, Wien
04. Defila, C. (2005): Phänologische Trends bei den Waldbäumen in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 156, 6:pp. 207-210
05. Vassella, A., Brügger, R. (2002): Sind unsere Wälder länger grün? Die Phänologie bringt es an den Tag – Wald Holz 83, 4: pp. 28-31
06. Usbeck, T., Wohlgemuth, T., Dobbertin, M., Pfister, C., Bürgi, A., Rebetez, M. (2010): Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. Agric. For. Meteorol. 150: pp.47-55
07. Wermelinger, B., Seifert, M. (1998): Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle Ips typographus (L.) (Col., Scolytidae). J. Appl. Entomol. 122(4):pp. 185-191
08. Leitgeb, E., Englisch, M. (2006): Klimawandel – standörtliche Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft. BFW-Praxisinformation 10: pp. 9–11
09. Seidl et al. 2008, in Eitzinger, J., Kersebaum, K.C. &Formayer, H. (2009): Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land-und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Agrimedia, Wien
10. Petercord, R., Leonhard, S., Muck, M., Lemme, H., Lobinger, G., Immler, T., Konnert, M. (2009): Klimaänderung und Forstsäädlinge. LWF aktuell 72:pp. 4–7
11. Krehan, H., Steyrer, G. (2006): Klimaänderung – Schadorganismen bedrohen unsere Wälder. BFW-Praxisinformation 10, April 2006: pp. 15 – 17
12. Feemers, M., Blaschke, M., Skatulla, U., Gulder, H.-J. (2003): Klimaveränderungen und biotische Schäden im Wald. LWFaktuell Nr. 37:pp. 19-22
13. Waldboth, M., Oberhuber, W. (2008): Synergistic effect of drought and chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*) on radial growth of European chestnut (*Castanea sativa*). In: Grabner, M., Eckstein, D. (eds.): EuroDendro (2008). The long hi-

## impatti dei cambiamenti climatici

- story of wood utilization; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Eigenverlag, pp. 79-80
14. Hartebrodt, Christoph (2008): Die Rolle des Waldes im CO<sub>2</sub>-Haushalt des Landes Baden-Württemberg. FVA Einblick 01:pp. 54-57
  15. Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H. (2009): Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Agrimedia, Wien
  16. Karhu, K., Fritze, H., Hämäläinen, K., Vanhala, P., Jungner, H., Oinonen, M., Sonninen, E., Tuomi, M., Spetz, P., Liski, J. (2010): Temperature sensitivity of soil carbon fractions in boreal forestsoil. Ecology 91(2): pp. 370-376
  17. Provincia autonoma di Bolzano (2010): Tipologie forestali dell'Alto Adige, Volume 1+2
  18. Geburek, T. (2006): Klimawandel – Forstliche Maßnahmen aus genetischer Sicht. BFW-Praxisinformation 10:pp. 12-14
  19. Ewald, J. (2009): Waldinformationssystem Nordalpen – WINALP sammelt Wissen zum Schutz der Bergwälder. Waldforschung aktuell 30: pp. 45-46
  20. Hayes, M.J. (2011): Drought indices in: <http://drought.unl.edu/> (ultimo accesso: 07.02.2011)



## pericoli naturali

01. Direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo (pzp) e per la classificazione del rischio specifico (crs) ai sensi dell'articolo 22bis della legge provinciale 11 agosto 1997, n. 13, recante "Legge urbanistica provinciale", e successive modifiche, e del relativo regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo
02. Gius, S. und Weber, F. (2010): Gefahrenzonenplanung in Südtirol – Historie und Gegenwart; in: Kreisel, W., Reh, T., Pörtge, K.H., Ruffini, F., Südtirol, eine Landschaft auf dem Prüfstand. Tappeiner Verlag, Lana, Italien
03. Provincia autonoma di Bolzano (2010): Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche
04. Provincia Autonoma di Bolzano, ASTAT- Istituto Provinciale di Statistica (1999): I territori insediativi in Alto Adige (periodo di riferimento 1996). Autore: Benno Fleer, Bolzano
05. Provincia autonoma di Bolzano – Ripartizione natura e paesaggio (2010): Il paesaggio rurale in Alto Adige – La trasformazione dal 1950
06. Staffler, H., Pollinger, R., Zischg, A. and Mani, P., (2008): Spatial variability and potential impacts of climate change on flood and debris flow hazard zone mapping and implications for risk management, Natural Hazards and Earth System Science. 8, 539-558
07. Gruber, S., Hoelzle, M. and Haeberli, W., (2004): Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003, Geophysical Research Letter, 31

08. Keiler, M., Knight J. and Harrison, S., (2010): Climate change and geomorphological hazards in the eastern European Alps. Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences, 2461-2479
09. Mair, V., Zischg, A., Lang, K., Tonidandel, D., Krainer, K., Kellerer-Pirkbauer, A., Deline, P., Schoeneich, P., Cremonese, E., Pogliotti, P., Gruber, S. and Böckli, L., (2011): PermaNET – Permafrost Long-term Monitoring Network. Synthesis report. INTERPRAEVENT Journal series 1, Report 3. Klagenfurt.
10. HazardBrowser: <http://www.provinz.bz.it/wasserschutz/bau-tten/wildbachverbauung/hazardbrowser.asp>
11. Decreto del Presidente della Provincia 5 agosto 2008, n. 42, riguardante il "Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo". Deliberazione della Giunta provinciale 28 luglio 2008, n. 2740
12. AdaptAlp – Common Strategic Paper (2011): [http://www.adapt-alp.org/index.php?option=com\\_content&view=category&id=146&Itemid=135](http://www.adapt-alp.org/index.php?option=com_content&view=category&id=146&Itemid=135)



## turismo

01. Provincia autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica (ASTAT) (2010): Banche dati self service – turismo – capacità ricettiva: <http://qlikview.services.siag.it/QvAJAXZfc/AccessPoint.aspx?open=&id=QVS@titan-alTurismo.qvw&client=Ajax> (ultimo accesso: 25.10.2011)
02. Provincia autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica (ASTAT) (2010): Banche dati self service – turismo – flussi turistici per unità territoriale: <http://qlikview.services.siag.it/QvAJAXZfc/AccessPoint.aspx?open=&id=QVS@titan-alTurismo.qvw&client=Ajax> (ultimo accesso: 25.10.2011)
03. Provincia autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica (ASTAT) (2011): Turismo in Alto Adige. Anno turistico 2009/2010. Bolzano
04. Provincia autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica (ASTAT) (2010): Turismo in alcune regioni alpine, 2009. Bolzano
05. Provincia autonoma di Bolzano, Ripartizione lavoro, Ufficio osservazione del mercato del lavoro (2010): Rapporto sul mercato del lavoro in provincia di Bolzano 2010. Bolzano
06. Agrawala, S., (ed.) (2007): Climate Change in the European Alps. Adapting winter tourism and natural hazards management. Paris, OECD
07. Pechlaner, H., Elmi, M., Herntrei, M., (2011): Uncertainty regarding Climate Change and Strategic Planning in two Tourism Destinations in South Tyrol. In Weiermair, K., Pechlaner, H., Strobl, A., Elmi, M., Schuckert, M.: Coping with Global Climate Change. Strategies, Policies and Measures for the Tourism Industry. Innsbruck, Innsbruck University Press
08. Scott, D. (2011): The dual Challenges of Climate Change and Climate policy for Tourism. In Weiermair, K., Pechlaner, H., Strobl, A., Elmi, M., Schuckert, M.: Coping with Global Climate Change. Strategies, Policies and Measures for the Tourism



## salute

01. Kropp J., Holsten A., Lissner T., Roithmeier O., Hattermann F., Huang S., Rock J., Wechsung F., Lütter A., Pompe S. (UFZ), Kühn I. (UFZ), Costa L., Steinhäuser M., Walther C., Klaus M., Ritchie S., Metzger, M. (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren, Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV)PIK, Potsdam.
02. EEA (2008): Impacts of Europe's changing climate – An indicator-based assessment. 4, European Environment Agency
03. EEA (2010): Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An overview of the last decade. Technical report No 13/2010
04. Meehl G., Tebaldi C. (2004): More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century, Science 305, 994
05. Jendritzky G. (1999): Einwirkungen von Klimaänderungen auf die Gesundheit des Menschen in Mitteleuropa, Partiell publiziert in: Umweltmed.Forsch.Prax.3 (2) 72-76 in ecomed – Verlag, Landsberg sowie in OEKOSKOP Nr. 1/99, Basel.
06. Kromb-Kolb H., (2006): Klimawandel und Gesundheit. Kurzfassung. StartClim2005. Institut für Meteorologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur, Wien
07. Provincia autonoma di Bolzano – Ufficio idrografico (2003): Climareport Südtirol-Alto Adige, Extra Sommer 2003
08. Conti S., Meli P., Minellia G., Soliminia R., Toccacelia V., Vichia M., Beltranob C., Perini L. (2004): Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy, Environmental Research 98, 390-399
09. Provincia autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statisti-
- ca – ASTAT (2008), Popolazione residente totale e straniera in provincia di Bolzano: uno sguardo verso il 2020, Bolzano



## adattamento

01. Commissione europea (2009): Libro bianco L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo KOM(2009) 147, Bruxelles
02. UKCIP (2010): The UKCIP Adaptation Wizard V 3.0. UKCIP, Oxford
03. Stern, N. (2006): The economics of climate change: the Stern review. Cambridge University Press, Cambridge
04. de Bruin, K., Dellink, R., and Agrawala, S. (2009): Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits, OECD Environment Working Papers, No. 6, OECD publishing
05. Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B., and Takahashi, K. (2007): Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 717-743.
06. Clar, C., Prutsch, A., and Steurer, R. (2011): Barriers in adaptation policy making and guidelines to overcome them: Taking stock and analyzing congruence. Publication in preparation.
07. Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, 2008, [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf) (ultimo accesso: 5 settembre 2011)
08. Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, 31 August 2011, <http://www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/47641.php> (ultimo accesso: 5 settembre 2011)
09. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS), settembre 2009
10. Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich, Aktivitätsfeld „Schutz vor Naturgefahren“, Institut für Soziale Ökologie, IFF Wien, Universität Klagenfurt (coordinamento generale) e Andreas Pichler (esperto centrale e autore dello studio) su incarico del Klima- und Energiefonds e in previsione di una policy paper del ministero per la Vita, agosto 2010
11. Policy Paper "Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie", documento di lavoro, II bozza, Österreichisches Lebensministerium, ottobre 2010
12. [www.klimawandelanpassung.at](http://www.klimawandelanpassung.at) (ultimo accesso: 5 settembre 2011)
13. Strategie der Schweiz zur Anpassung an die Klimaänderung, Zwischenbericht zuhanden des Bundesrats, 2010

## ***Impressum***

### **Informazioni**

T +39 0471 055 370  
F +39 0471 055 389

### **Editore**

EURAC  
Accademia Europea di Bolzano

### **Redazione**

Sigrid Hechensteiner  
Valentina Bergonzi

### **Redazione immagini**

Alessandra Stefanut

### **Grafica**

Alessandra Stefanut

### **Stampa**

Athesia Druck

### **Contatto redazione**

Viale Druso 1, 39100 Bolzano/Italia  
T +39 0471 055 055  
F +39 0471 055 099



