

eurac
research

Rapporto sul clima

Alto Adige 2018

05	Perchè questo Rapporto - Introduzione
07	DOSSIER Come cambia il clima in Alto Adige e cosa comporta Il Rapporto in breve
17	CAPITOLO 1 Cambiamenti climatici: passato e futuro
29	CAPITOLO 2 Le emissioni di gas serra
37	CAPITOLO 3 Impatti sulla natura
38	Neve e ghiacciai
43	Acqua
50	Flora e fauna
55	Suolo
58	Pericoli naturali
65	Servizi ecosistemici
67	CAPITOLO 4 Impatti sulla società
68	Gestione dell'acqua
73	Agricoltura
78	Selvicoltura
82	Insedimenti
89	Migranti climatici
90	Turismo
97	Infrastrutture di trasporto
101	Salute
105	CAPITOLO 5 Cosa possiamo fare? Mitigare i cambiamenti e adattarsi
116	Indice degli indicatori
122	Autori

COSÌ È NATO IL RAPPORTO SUL CLIMA

La nostra impronta ecologica è sempre più ingombrante. In Alto Adige produciamo circa 5-7,5 tonnellate di CO₂ equivalente l'anno a testa (dipende dai metodi di calcolo).

Nel 2016 i ricercatori di Eurac Research cominciano a lavorare a una nuova edizione del Rapporto sul clima in Alto Adige.

Climatologi, biologi, pianificatori ambientali, ingegneri, sociologi e giuristi raccolgono dati e studiano per mesi.

Gli esperti della Provincia autonoma di Bolzano, dell'Università di Bolzano e del Centro di sperimentazione Laimburg forniscono i loro dati e la loro esperienza. 14 di loro si riuniscono in un workshop, il 15 giugno 2017.

I ricercatori scrivono, scrivono, scrivono. Da oltre 400 pagine, il rapporto si condensa a circa 100.

Perchè questo Rapporto

Nell'estate del 2017 la siccità eccezionale che ha colpito il Nord Italia ha provocato due miliardi di danni all'agricoltura. Il gran caldo si è sommato alla carenza di acqua; nell'inverno precedente infatti aveva nevicato molto poco. In Alto Adige non abbiamo sofferto così tanto, ma in alcuni momenti sono stati necessari maggiori rilasci dagli invasi per non lasciare a secco il Polesine.

Quest'inverno ha nevicato molto e la situazione in estate non si prospetta difficile come lo scorso anno. D'altra parte, nemmeno la stagione passata rappresenta un'anomalia rispetto ai trend di riscaldamento. In Alto Adige, le temperature di gennaio erano due gradi sopra la media. I cambiamenti climatici non si possono negare né si possono fermare.

Cosa vuol dire per l'Alto Adige? Cosa sta succedendo e cosa succederà? Per dare un contorno più chiaro ai fenomeni, un team di oltre 20 studiosi ha raccolto e interpretato dati e fatti per oltre un anno, confrontandosi con gli esperti della pubblica amministrazione. Ne è risultato un quadro più nitido dei cambiamenti (cap. 1), delle cause (cap. 2) e degli impatti su natura (cap. 3) e società (cap. 4), oltre a raccomandazioni concrete (cap. 5).

Rispetto alla prima edizione pubblicata nel 2011, in questo Rapporto abbiamo introdotto:

- **la rappresentazione delle più importanti serie di dati in forma di indicatori.** Gli indicatori che abbiamo scelto potranno essere sfruttati in modo continuativo per monitorare i cambiamenti futuri. La lista completa è a pagina 122.
- **una riflessione accurata sulle due strategie più importanti:** la riduzione delle emissioni (**mitigazione**) e l'**adattamento** agli impatti dei cambiamenti climatici. Oltre ai fatti, vorremmo evidenziare dove sia necessario agire e suggeriamo possibili soluzioni.

Ringraziamenti

Per la riuscita di questo Rapporto dobbiamo ringraziare in prima linea tutti gli esperti della Provincia autonoma di Bolzano, e non solo, che ci hanno messo a disposizione dati, ci hanno rilasciato interviste, hanno partecipato a momenti di confronto e hanno rivisto in larga parte i testi.

Gli Autori

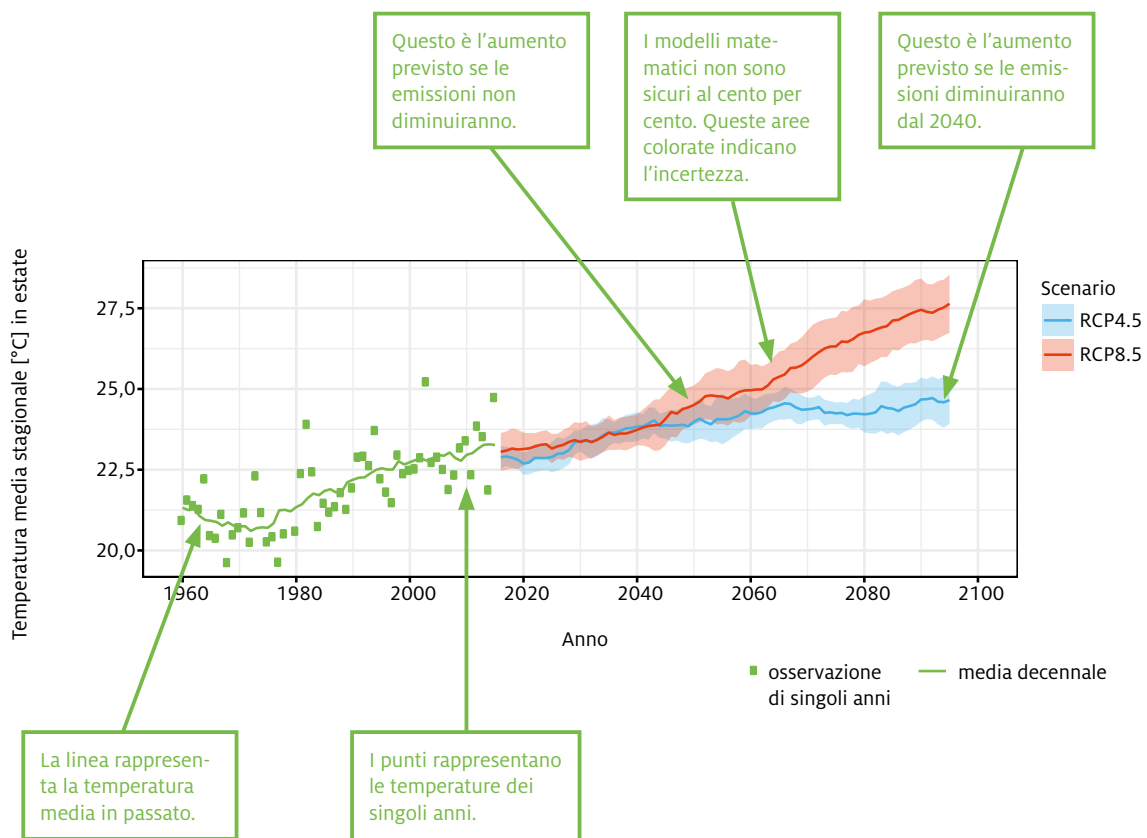


*Come cambia il
clima in Alto Adige
e cosa comporta.*
Il Rapporto in breve

Quanto sta cambiando il clima in Alto Adige?

Basta osservare i dati sul riscaldamento. Dagli anni sessanta a oggi la temperatura media annuale è aumentata di 1,5 gradi. In estate, a Bressanone e a Bolzano, è cresciuta addirittura di tre gradi. Secondo lo scenario peggiore, sempre nei mesi estivi, entro il 2050 potrebbe aumentare di altri 1,5 gradi e entro il

2100 di cinque gradi. Preoccupano le notti cosiddette tropicali, cioè le notti in cui la temperatura non scende mai sotto i 20 gradi. Negli anni sessanta, a Bolzano, si contavano sulle dita di una mano. Nel 2015 sono state 29, un record. Eppure, a fine secolo, il record potrebbe diventare la normalità, con 60 notti tropicali all'anno. Per contro, le giornate con la temperatura minima sotto zero sono diminuite drasticamente, anche in montagna. A Sesto Pusteria erano 200 giorni all'anno nel 1960, ora sono 160 e nel 2050 ci aspettiamo scenderanno a 140.



***Nello scenario peggiore,
entro il 2100 le temperature estive
potrebbero aumentare di 5 gradi.***

Cosa comporta questo riscaldamento per l'ambiente?

Con l'aumento delle temperature cambiano anche le precipitazioni e tutti i fenomeni naturali. Tanti hanno osservato a occhio nudo lo scioglimento dei ghiacciai, che solo tra il 1983 e il 2006 si sono ridotti di un terzo. La neve è diminuita e anche il permafrost (il terreno che rimane congelato per almeno due anni di fila) si scioglie e aumentano così frane e distacchi di porzioni di montagna, come nell'estate del 2016, sulla Piccola Croda Rossa nelle Dolomiti di Sesto. Un altro esempio forse meno evidente: negli ultimi vent'anni animali e piante si sono via via spostati in quota per sfuggire al caldo, mentre alle altitudini più basse si diffondono specie nuove. Parassiti delle piante e zanzare tigre si moltiplicano a ritmi crescenti. Merli e codirossi sono avvistati regolarmente oltre il limite del bosco, l'airone grigio sverna oramai in Alto Adige e i boschi sotto i 400 metri sono insidiati da piante neofite infestanti come la robinia. Per ora, almeno fino ai 2000 metri, questo fenomeno arricchisce la biodiversità, ma prima o poi la fuga verso l'alto giungerà a fine corsa.

Possibile che un aumento di pochi gradi provochi scombussolamenti così totalizzanti?

Sì, perché ogni cambiamento è collegato ad altri e gli effetti si concatenano. Forse è più chiaro se conside-

riamo le ripercussioni sulle attività umane. Prendiamo l'esempio dell'acqua. Con l'aumento delle temperature è possibile coltivare mele e uva anche a quote più alte. Questo significa che la superficie occupata da frutteti e vigneti è più vasta. Se consideriamo che già oggi il 60% delle irrigazioni è destinato alla frutticoltura e che le estati saranno tendenzialmente più siccitose, possiamo immaginare che il fabbisogno di acqua nelle coltivazioni intensive crescerà, così come quello dei prati da sfalcio. Se oggi a giugno vengono prelevati quasi 14 metri cubi al secondo per l'irrigazione, gli esperti della Provincia stimano che la quota salirà a oltre 16 metri cubi al secondo nei prossimi 30 anni. Per contro però l'acqua a disposizione sarà sempre meno ed è plausibile che aumenteranno le contese tra gli agricoltori e altri utenti come impianti idroelettrici, acquedotti eccetera.

Ma quanto sono affidabili queste previsioni?

Nessun modello matematico può predire con esattezza il clima del futuro. Il quadro è immensamente complesso e ci sono moltissime variabili in gioco. Ciò premesso, le serie storiche di dati ambientali, per esempio temperatura, umidità del terreno e precipitazioni, ci permettono di individuare certi trend e di formulare scenari per il futuro. Più i dati sono ricchi, più robuste diventano le previsioni. Grazie alle stazioni meteorologiche dell'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, in Alto Adige possiamo contare su misurazioni accurate per gli ultimi 50 anni circa (20 anni per i pericoli naturali) e le istituzioni di ricerca stanno facendo un grande lavoro con i monitoraggi satellitari e misurazioni più specifiche. L'aumento delle temperature anche in futuro è assodato. Per il resto, soprattutto per le precipitazioni, rimangono incertezze, ma le tendenze ci sono.

Quali tendenze, per esempio?

In inverno nevierà sempre meno. È un trend consolidato negli ultimi 15 anni e destinato a rafforzarsi.

Entro il 2100 a 1500 metri ci sarà l'80/90% di neve in meno. Questo significa che in estate ci sarà sempre meno acqua a disposizione. Le estati saranno sempre più siccitose e calde. Il caldo intenso aumenterà l'evapotraspirazione dal terreno e dalle piante e anche le precipitazioni estive potrebbero essere più scarse. Con le dovute eccezioni locali, il risultato è che i fiumi saranno sempre più asciutti in estate. L'Adige ha già perso il 20% della sua portata nei mesi caldi dal 1957 a oggi.

A 1500 metri ci sarà l'80/90% di neve in meno entro il 2100.

Eppure l'inverno del 2017/18 ha registrato nevicate eccezionali, non sempre previste in modo corretto. Come fanno gli scienziati a predire il clima che ci sarà tra 80 anni se non riescono a dire con esattezza che tempo farà la prossima settimana?

Il clima non è il meteo. Il clima è il risultato della media di decine di anni. Un inverno più ricco di neve o una estate più fresca del solito non sono sufficienti a smentire i cambiamenti climatici. E del resto, per quanto riguarda le temperature, nemmeno l'inverno del 2017/18 ha smentito i trend. In Alto Adige le temperature sono rimaste nella media, nel resto del mondo i dati sono impressionanti. Nella Groenlandia

del nord, a febbraio si sono registrati sei gradi sopra lo zero: oltre 20 gradi sopra la media. Per contro, l'acquedotto di Città del Capo, in Sudafrica, rischia di rimanere a secco a causa del caldo e della siccità e in Australia l'asfalto si è squagliato per i 40 e più gradi. L'inverno del 2017/18 è stato eccezionalmente caldo a livello globale.

La natura sarà più ostile?

La questione non si può porre in questi termini. Prendiamo un altro esempio. Gli esperti sono concordi nell'aspettarsi che i fenomeni estremi come le piogge torrenziali saranno più frequenti. Aumenteranno di conseguenza le alluvioni e i disagi per le vie di circolazione e per i centri abitati o produttivi non attrezzati, per esempio con fognature non dimensionate in modo adeguato. Gli smottamenti che nell'estate del 2017 hanno bloccato un treno in val Pusteria o gli allagamenti a Bolzano durante i temporali nell'aprile dello stesso anno sono un assaggio di quello che potrebbe succedere più di frequente. Nonostante questi disagi, il fenomeno della "impermeabilizzazione", cioè l'aumento della superficie non più permeabile all'acqua perché coperta da asfalto o infrastrutture (case, parcheggi, strade), continua. Questo favorisce il riscaldamento e rende le infrastrutture ancora più vulnerabili.

I fenomeni estremi come le piogge torrenziali saranno più frequenti.

Non c'è un po' di catastrofismo da parte degli scienziati?

Purtroppo no. Persino nel quadro più ottimistico, persino se smettessimo ora di emettere qualsiasi gas serra, sarebbe oramai tardi per fermare i cambiamenti climatici. Del resto, anche il rapporto sui rischi pub-

blicato dagli economisti del World Economic Forum indica per il secondo anno consecutivo i cambiamenti climatici – insieme alla disuguaglianza socioeconomica – tra i rischi globali più significativi. La quantità di gas serra che c'è oggi in atmosfera non si è mai avuta negli ultimi 800 mila anni. L'uomo, con la combustione di sostanze fossili e i processi industriali, è responsabile dell'80% dell'innalzamento della temperatura.

In Alto Adige non abbiamo molta industria. Possiamo dire che siamo meno responsabili dei cambiamenti climatici?

In Alto Adige produciamo 5,3 tonnellate di CO₂ equivalente all'anno pro capite, contro una media italiana di quasi sette tonnellate. Ci sono un paio di fattori che ci avvantaggiano:

1. abbiamo poche industrie che usano combustibili fossili e
2. usiamo molte fonti rinnovabili tanto che le emissioni legate al consumo di energia elettrica si possono considerare pari a zero.

Questo non vuol dire che possiamo sederci sugli allori.

Perché? Quali sono le principali fonti di emissione dell'Alto Adige?

I trasporti, complice il traffico di transito sull'asse del Brennero, emettono il 44% del totale dei gas serra, con dati più alti della media nazionale. Segue la produzione di energia termica: riscaldare un parco edifici poco efficiente dal punto di vista energetico impatta per il 36%. Al terzo posto il settore agricolo, con il 18% delle emissioni, soprattutto metano e protossido di azoto. Anche

questo valore è più alto della media nazionale. Questo conteggio peraltro non include le emissioni grigie, cioè tutte le emissioni connesse ai beni che consumiamo in Alto Adige, ma che sono stati prodotti altrove, per esempio abbigliamento, telefoni e altra tecnologia, alimenti. Proprio perché non ha molte industrie, l'Alto Adige importa molti beni.

Incluse le emissioni grigie quante emissioni produciamo?

Secondo i calcoli dell'Agenzia CasaClima, quasi 7,5 tonnellate di CO₂ equivalente all'anno pro capite. Vista in questa prospettiva siamo tutt'altro che virtuosi. Tanto infatti dipende dal modo con cui calcoliamo le emissioni. Facciamo l'esempio della filiera del latte: se conteggiassimo ogni emissione prodotta in provincia e al di fuori – dall'energia usata nelle stalle al trasporto del latte, passando per la produzione e l'acquisto dei mangimi – questo segmento da solo provocherebbe più emissioni di quelle che ora riconosciamo a tutto il settore agricolo.

Se conteggiassimo ogni emissione prodotta in provincia e al di fuori in ogni sua fase, la filiera del latte provocherebbe da sola più emissioni di quelle che ora riconosciamo a tutto il settore agricolo.

Nella nostra provincia ci sono già tante iniziative a favore dell'ambiente.

È vero, siamo abbastanza attivi. Ma non basta. Per quanto riguarda la mitigazione dei cambiamenti climatici, cioè ridurre le emissioni, possiamo migliorare. Per raggiungere gli obiettivi del Piano Clima, dovremmo ridurre le emissioni entro il 2050 di circa due terzi. Per quanto riguarda l'adattamento, cioè le misure per prepararci a reagire ai cambiamenti, abbiamo molta strada da fare. A livello di Unione europea e di comunità scientifica gli esperti propongono da anni una combinazione di questi due approcci in un quadro generale dove tutti i settori – trasporti, turismo, gestione dell'acqua, piani urbanistici eccetera – siano tenuti in considerazione.

Cosa manca alla politica ambientale dell'Alto Adige?

Il "Piano clima – Energia Alto Adige 2050" è uno strumento strategico fondamentale sottoscritto già nel 2011. Non mancano piani comunali e programmi assolutamente lodevoli, come le certificazioni CasaClima o il programma Green Mobility che sovvenziona la mobilità elettrica. Sarebbe però importante avere uno strumento analogo per le politiche di adattamento, come del resto raccomandato alle Regioni dalla "Strategia nazionale di adattamento".

To-do principali per la politica locale

- Tradurre l'Accordo di Parigi in strumenti concreti a livello regionale, verificare la corrispondenza con il Piano Clima
- Strategia generale di adattamento ai cambiamenti climatici
- Integrare misure di mitigazione e adattamento nelle leggi e nei piani specifici, in particolare nella legge provinciale sul territorio e il paesaggio, nel piano d'utilizzazione delle acque, nel piano delle zone a rischio e nel piano forestale
- Integrare nei "Piani d'azione per l'energia sostenibili" a livello locale le componenti di adattamento
- Introdurre la figura di un „incaricato per la sostenibilità" che coordini le misure nei diversi settori, affianchi i responsabili durante la fase attuativa e supervisioni i risultati

Quali sono i settori nei quali è più importante agire in Alto Adige e con quali misure?

Al primo posto c'è la gestione dell'acqua; qui la parola d'ordine è una sola: risparmiare. Poi è fondamentale ridurre le emissioni legate al traffico e al turismo. Non da ultimo, bisogna attrezzarsi a gestire il rischio connesso ai pericoli naturali in ogni settore. Tutti gli interventi portano con sé nuove sfide, che possono anche essere viste come opportunità.

To-do per i settori principali

<i>Acqua: risparmiare!</i>	Esempi: concessioni sulla base dell'effettivo fabbisogno e non di quote prestabilite / più irrigazione a goccia / in agricoltura sistemi più accurati ed estesi per misurare l'umidità del terreno e regolare di conseguenza l'irrigazione / previsioni stagionali più accurate
<i>Traffico: ridurre le emissioni!</i>	Esempi: più trasporto pubblico, affidabile e coordinato / meno parcheggi con tariffe più elevate / più infrastrutture per pedoni e ciclisti / più incentivi per auto elettriche, ibride e a idrogeno con relative stazioni di rifornimento / costi ambientali calcolati nei pedaggi
<i>Turismo: ridurre le emissioni!</i>	Esempi: più trasporto pubblico per ridurre il numero di chi arriva in auto, inclusi buoni collegamenti con gli aeroporti / iniziative per ridurre l'uso dell'auto durante le vacanze, per esempio i passi chiusi o mezzi elettrici a noleggio / più KlimaHotel e i BioHotel / sistemi di certificazione come Stella Verde, Green Globe, Earthcheck per gli esercizi più sostenibili

Tutti gli interventi portano con sé nuove sfide, che possono anche essere viste come opportunità.

In che modo i cambiamenti climatici possono essere visti come opportunità per il settore turistico?

Un futuro con meno neve fa temere gli operatori per l'offerta invernale tradizionale. Malgrado i cannoni spara-neve siano quintuplicati tra il 1995 e il 2015, negli ultimi anni si è già sciato un po' meno e negli anni a venire l'innevamento programmato sarà sempre meno sostenibile. D'altra parte, la presa di coscienza dei cambiamenti – che già sta avvenendo – può rivelarsi un'occasione per almeno due ragioni. È il momento per potenziare le proposte estive o di mezza stagione, per esempio il cicloturismo elettrico o i soggiorni "al fresco"; un nostro studio stima che nel 2080 la proporzione tra le stagioni turistiche estiva-invernale, negli ultimi vent'anni in rapporto 60-40%, arriverà a 77-23%. Questo è anche il momento per ripensare il turismo in assoluto, incentivando prodotti più consapevoli ed eco-compatibili di qualità, come le formule dell'agriturismo, le certificazioni green o le iniziative per dirottare i turisti verso i mezzi pubblici di trasporto.

E un singolo cittadino cosa può fare? Cosa possiamo fare per non demoralizzarci e arrenderci di fronte a un fenomeno così grande e inevitabile?

Esattamente come fa una famiglia che per risparmiare deve prima fare il conto di quello che spende, il primo passo è diventare consapevoli di quanti gas serra emettiamo e di quanta energia usiamo. Sul sito dell'Agenzia CasaClima (casaclima.co2-rechner.de/it_IT) c'è un comodo calcolatore della nostra impronta ecologica. Ognuno può verificare dove può risparmiare a seconda delle proprie abitudini. Per esempio, un volo andata-ritorno Verona-Palermo aggrava il nostro bilancio di circa 0,50 tonnellate. Con una dieta vegetariana, stagionale e chilometro zero possiamo invece ridurre il nostro impatto di 0,20 tonnellate.

NATURA



Quota neve più alta

Temperature più alte

Meno neve in inverno
e più pioggia

I ghiacciai si sciolgono

Il permafrost si ritira

Più evapotraspirazione

Più frane

°C
Laghi più caldi

Piante e animali
si spostano a quote più alte

Fiumi più secchi in estate,
con più acqua in inverno

Più temporali

Fioritura anticipata,
stagioni vegetative più lunghe

Più piante e animali
generalisti

Più esondazioni

Più funghi e parassiti

SOCIETÀ



♦ Più neve artificiale

♦ Meno sci

♦ Più turismo estivo

♦ Più interruzioni di strade e ferrovie

♦ Più legno di latifoglie e meno conifere

♦ Vendemmia e raccolta frutta anticipate

♦ Più rischio conflitti per l'uso dell'acqua tra idroelettrico, agricoltura, pesca, turismo

♦ Più irrigazione

♦ Frutteti e vigneti a quote più alte

♦ Più malattie (e fastidi) da zecche e zanzare

♦ Più alluvioni urbane

♦ Più ondate di calore



Cambiamenti climatici. Passato e futuro

MARC ZEBISCH

1

IN EUROPA E NEL MONDO

Da circa un secolo a questa parte i ricercatori osservano un inconsueto e rapido innalzamento della temperatura terrestre. I 15 anni compresi tra il 2000 e il 2015 sono stati i più caldi dall'inizio dell'industrializzazione. A livello globale la temperatura media dal 1880 è aumentata di 0,85°C (1) (Figura 1). In particolare, dagli anni settanta l'aumento di temperatura è stato accelerato e continuo. In Europa le temperature si sono alzate di 1,5°C (2), e addirittura di 2°C (3) sulle Alpi. Questo maggiore riscaldamento sull'arco alpino è dovuto alla posizione al centro dell'Europa. Da un lato i continenti si riscaldano di più rispetto agli oceani, dall'altro

con i cambiamenti climatici mutano anche le condizioni meteorologiche e i regimi climatici, così che le Alpi – e soprattutto il loro versante meridionale – risentono molto di più dell'influsso di un clima mediterraneo caratterizzato da inverni miti e umidi ed estati calde e prive di precipitazioni. Gli effetti diretti del riscaldamento si possono già percepire a livello globale: il livello del mare aumenta, ghiacciai e calotte polari si sciolgono, i cicli vegetativi sono anticipati, i periodi di siccità si moltiplicano. Agli effetti in Alto Adige sono dedicati i testi → “Ghiacciai e neve”, p. 38, → “Acqua”, p. 43, e → “Flora e fauna”, p. 50. La ragione principale di questi cambiamenti cli-

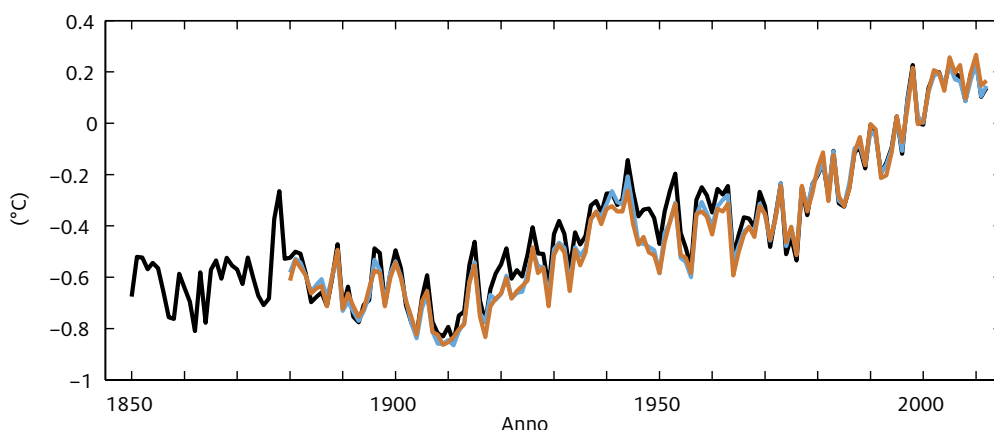


FIG. 1: Media globale annuale delle anomalie della temperatura sulla terraferma e sulla superficie degli oceani. Il calcolo si riferisce ai valori medi del periodo 1986-2005. I colori si riferiscono a serie di dati diverse. (Dati: IPCC, 2014)

ACCORDO DI PARIGI

Nel dicembre del 1992 i rappresentanti di quasi tutti i paesi del mondo si sono riuniti a Parigi per siglare un accordo volto a limitare il riscaldamento globale. Punto centrale dell'accordo è la dichiarazione d'intenti comune che ha lo scopo di contenere il riscaldamento globale almeno entro i 2°C, sforzandosi di fermarsi a +1,5°C rispetto al livello di temperatura pre-industriale. I paesi e le

regioni firmatarie si impegnano anche a ridurre le loro emissioni. In verità, poiché il riscaldamento globale negli ultimi decenni ha già registrato un innalzamento di quasi 1°C, persino l'obiettivo meno ambizioso dei 2°C si potrebbe ottenere solo deviando immediatamente la rotta verso lo scenario RCP2.6 (curva verde nella Figura 3). Infatti, se anche tutti gli stati riducessero le proprie emissio-

1972

Stoccolma: nasce UNEP, il Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente

1988

Nasce l'IPCC, il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico

1990

Primo rapporto IPCC

1992

Summit della Terra di Rio de Janeiro: prima conferenza mondiale dei capi di stato sull'ambiente



1. La radiazione del sole attraversa l'atmosfera
2. L'atmosfera e la Terra riflettono una parte della radiazione solare
3. La Terra assorbe l'energia del sole e la trasforma in calore
4. Il calore della Terra produce radiazioni infrarosse
5. Una parte delle radiazioni infrarosse si disperde nello spazio
6. Una parte delle radiazioni infrarosse viene assorbita dai gas serra e riemessa nuovamente sulla Terra. In questo modo si trasforma in altro calore

FIG. 2: L'effetto serra

matici risiede nelle emissioni di gas serra provocate dall'uomo, responsabile anche dell'aumento della loro concentrazione nell'atmosfera. I gas serra riflettono in parte la radiazione termica emessa dalla Terra e contribuiscono con questo "effetto serra" al riscaldamento dell'atmosfera, della superficie terrestre e dei mari. Espresso in percentuale, l'innalzamento della temperatura si deve per quasi l'80% all'anidride carbonica (CO₂) generata dai processi industriali e dalla combustione di sostanze fossili come olio combustibile, carbone, gas. Anche le emissioni di metano (CH₄) e di protossido di azoto (N₂O), provocate soprattutto dalle attività agricole, contribuiscono a creare l'effetto

serra. A causa di queste emissioni, **oggi i gas serra sono presenti nell'atmosfera come in nessun altro momento negli ultimi 800.000 anni**. Dall'inizio dell'industrializzazione la loro concentrazione è cresciuta di circa il 40%. Alle emissioni di gas serra a livello globale e in Alto Adige è dedicato il → capitolo 2, p. 29.

Pur non potendo prevedere con precisione il futuro del clima, modelli climatici consentono di realizzare delle proiezioni sui possibili sviluppi. L'entità e la velocità dei cambiamenti climatici dipende soprattutto dall'andamento delle emissioni di gas serra. Il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (Intergovernmental Panel

ni del valore concordato, dovremmo comunque prevedere un riscaldamento ben superiore ai 3°C. Ciononostante il summit è da considerarsi un successo, perché per la prima volta anche i più grandi produttori di gas serra, cioè USA e Cina, hanno firmato un accordo per la protezione del clima. A giugno 2017 il presidente USA Donald Trump ha annunciato di ritiro dell'America dall'Accordo di

Parigi, suscitando così proteste e dissensi a livello internazionale. Diversi stati, città e addirittura aziende statunitensi hanno dichiarato di continuare a riconoscersi nel contenuto dell'accordo. Di conseguenza esiste una speranza che l'Accordo di Parigi rappresenti, anche dopo l'uscita del governo USA, un segnale efficace a favore della tutela del clima.

1997

Protocollo di Kyoto: i paesi industrializzati si impegnano a ridurre le emissioni di gas serra

2008

Piano 2020: l'Unione europea vuole ridurre del 20% le emissioni di CO₂ entro il 2020, rispetto ai valori del 1990

2015

Accordo di Parigi, Aggiornamento del Piano 2020: - 40% delle emissioni entro il 2030.

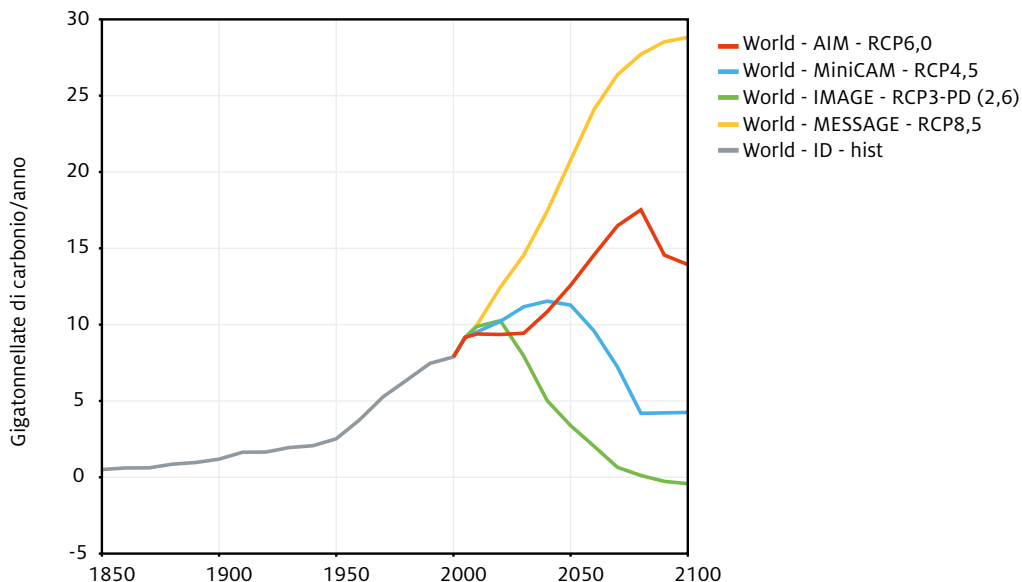


FIG. 3: Scenari sull'andamento futuro delle emissioni globali di gas serra (Dati: RCP Database (Version 2.0.5) 30/10/2017)

on Climate Change) ha elaborato a questo riguardo quattro possibili scenari chiamati “Representative Concentration Pathways - RCP” (Figura 3). Questi scenari spaziano da ipotesi *business-as-usual*, che presumono cioè un incremento invariato delle emissioni (RCP8.5), a proiezioni più ottimistiche. Uno scenario ipotizza una riduzione delle emissioni a partire dal 2080 (RCP6.0), un altro una riduzione a partire dal 2040 (RCP4.5) e quello più ottimista vede le emissioni ridursi massicciamente già dal 2020, per interrompersi totalmente nella seconda metà del secolo (RCP2.6).

Sulla base di questi scenari raffiguranti il possibile andamento delle emissioni di gas serra in futuro, gli scienziati realizzano i modelli climatici. Lo scenario RCP8.5 prevede entro la fine del secolo un riscaldamento massimo di 4,1 °C al di sopra del

livello pre-industriale. Lo scenario più ottimista comporterebbe l'aumento di 1° C.

In genere, gli scenari climatici dai quali dedurre i possibili impatti sono gravati da ampi margini di insicurezza. **Una cosa certa** però è **l'aumento delle temperature**. Questa tendenza è supportata sia nel mondo che in Alto Adige da una cospicua serie di osservazioni. Anche i modelli climatici sono unanimi su questo punto. Meno sicure sono invece le affermazioni riguardanti le variazioni delle precipitazioni e le precipitazioni estreme. Specie rispetto a fenomeni locali come i temporali, i trend si possono documentare solo in parte sotto il profilo scientifico e difficilmente si possono ridurre a modelli di previsione, perché le reti di misurazione non sono sufficientemente fitte oppure le serie temporali di misurazione sono troppo brevi.

METODI

Per questo report abbiamo analizzato le misurazioni dell'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, i dati del progetto 3PClim (4) e i più recenti scenari climatici per l'Europa forniti dalla banca dati Euro-Cordex (5). Per il passato e il futuro abbiamo calcolato oltre 30 parametri climatici diversi. A tal proposito abbiamo studiato a titolo esemplificativo sei stazioni: Bolzano, Bressanone, Vipiteno, Vernago, Sesto, Monte Maria.

Per queste stazioni, dislocate a quote diverse e distribuite nelle varie aree dell'Alto Adige, sono disponibili serie temporali sufficientemente lunghe. Abbiamo scelto due possibili scenari climatici per l'Alto Adige: lo scenario RCP4.5 come opzione ottimistica e lo scenario RCP8.5 come opzione pessimistica. Oltre a quelli presenti in questo capitolo, abbiamo distribuito negli altri capitoli ulteriori indici climatici rilevanti per le rispettive tematiche.



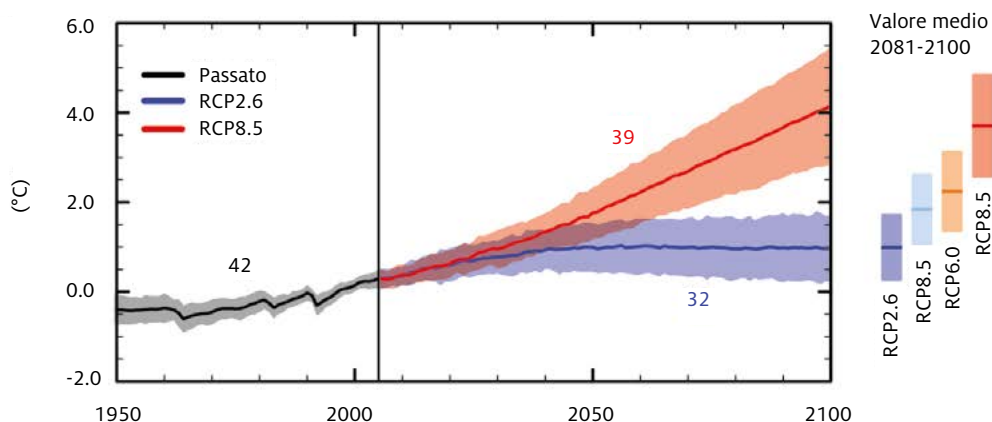


FIG. 4: Andamento della temperatura media globale in funzione degli scenari relativi ai gas serra

Ciononostante, nell'ottica della prevenzione, dovremmo comunque considerare anche queste tendenze, perché appare quanto meno probabile che i cambiamenti climatici determineranno l'acuirsi di fenomeni quali le precipitazioni intense.

IN ALTO ADIGE

Negli ultimi 50 anni (1966-2015) l'Alto Adige ha registrato un aumento delle temperature al di sopra della media. Dagli anni sessanta nelle sei stazioni selezionate le estati sono state mediamente più calde di 2,2°C, gli inverni di circa 0,8°C (Tabella 1). Il maggior aumento della temperatura si è registrato nelle stazioni di **Bolzano e Bressanone**. Qui dagli anni sessanta **la temperatura media è aumentata di circa 3°C in estate e di circa 1,5°C – 2°C in inverno** (Figura 6). La zona circostante alla stazione di rilevamento di Bolzano è leggermente cambiata per la costruzione della nuova ala dell'ospedale e la stazione di Bressanone è stata spostata, dunque il riscaldamento potrebbe essere riconducibile, almeno in minima parte, anche a questi fatti. Non in tutte le stazioni selezionate il riscaldamento è stato così notevole. Soprattutto le stazioni ad altitudine più elevata e ubicate più a nord (Vernago) hanno evidenziato in passato solo una lieve tendenza all'aumento in estate e un trend negativo in inverno. Per il futuro, tuttavia, stimiamo che anche queste stazioni registreranno un innalzamento della temperatura paragonabile a quello di

Bolzano. Temperature record sono state registrate in particolare nelle calde estati del 2003 e del 2015.

RECORD CLIMATICI IN ALTO ADIGE DALL'INIZIO DELLA RILEVAZIONE METEOROLOGICA

Fonte: Dieter Peterlin, Servizio meteorologico della Provincia autonoma di Bolzano

Anno più caldo: 2015

Inverno più mite: 2006/2007

Giugno più caldo: 2003

Luglio più caldo: 2015

Agosto più caldo: 2003

Numero massimo di notti tropicali: 29 (2015)

Notte più calda: 25,7°C (Bolzano, 16 luglio 2015)

Temperatura massima: 40,1°C (Termeno, 11 agosto 2003)

Temperatura più bassa a valle: -29°C, Dobbiaco (10 febbraio 1969)

Periodo di siccità più lungo: 103 giorni ininterrotti durante l'inverno 1992/1993

Intensità massima delle precipitazioni negli ultimi anni: 124 mm in 6 ore a San Martino in Passiria (5 agosto 2015)

Giornata a maggiore densità di fulmini: 24 giugno 2017 con 11 500 fulmini



FIG. 5: Stazioni prese in considerazione per l’analisi

Da qui al 2050, in Alto Adige stimiamo un ulteriore riscaldamento in estate compreso tra circa 1,4°C e 1,6°C e fino al 2100 addirittura tra 2,1°C (RCP4,5) e 5,4°C (RCP8,5). Gli inverni potrebbero registrare un aumento della temperatura da qui al 2050 compreso tra 1,1°C e 1,3°C e fino al 2100 tra 1,8°C e 4,7°C (Tabella 1). Una mappa mostra i possibili scenari futuri fino al 2050: il riscaldamento sulle Alpi – e dunque in Alto Adige – sarà più marcato che in altre regioni (Figura 7). Al crescere delle temperature si innalza anche il numero dei giorni segnati da temperature

estreme. Per esempio a Bolzano il numero delle giornate estive, cioè i giorni in cui le temperature massime sono al di sopra dei 20°C, è già passato da circa 100 negli anni sessanta alle attuali 115. Da qui alla fine del secolo questa cifra potrebbe arrivare a 175 giorni. Anche Vernago, che oggi registra mediamente meno di dieci giornate estive l’anno, potrebbe entro la fine del secolo avere oltre 60 giorni estivi. Aumentano allo stesso modo anche le notti tropicali, cioè le notti in cui la temperatura non scende al di sotto di 20°C (Figura 8). Finora l’anno record è stato il 2015, con 29 notti tropicali.

Temperature [°C]										
	1966-2015		2011-2050 RCP4.5		2011-2050 RCP8.5		2011-2100 RCP4.5		2011-2100 RCP8.5	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno
Bolzano	+3,15	+1,55	+1,32	+1,12	+1,48	+1,40	+1,82	+1,97	+5,18	+4,80
Bressanone	+3,10	+2,60	+1,56	+1,04	+1,80	+1,28	+2,31	+1,94	+5,65	+4,73
Monte Maria	+2,00	+0,10	+1,48	+1,04	+1,64	+1,08	+2,18	+1,59	+5,74	+4,23
Sesto	+1,90	+0,65	+1,28	+1,16	+1,44	+1,28	+1,83	+2,11	+4,84	+5,18
Vipiteno	+2,05	+0,75	+1,80	+0,96	+2,04	+1,28	+2,65	+1,71	+6,29	+4,78
Vernago	+0,95	-1,10	+1,20	+1,12	+1,32	+1,28	+1,65	+1,72	+4,82	+4,63
Media	+2,19	+0,76	+1,44	+1,07	+1,62	+1,27	+2,07	+1,84	+5,42	+4,73

TAB. 1: Tendenze della temperatura nelle stazioni dell’Alto Adige nel passato e per i periodi futuri selezionati

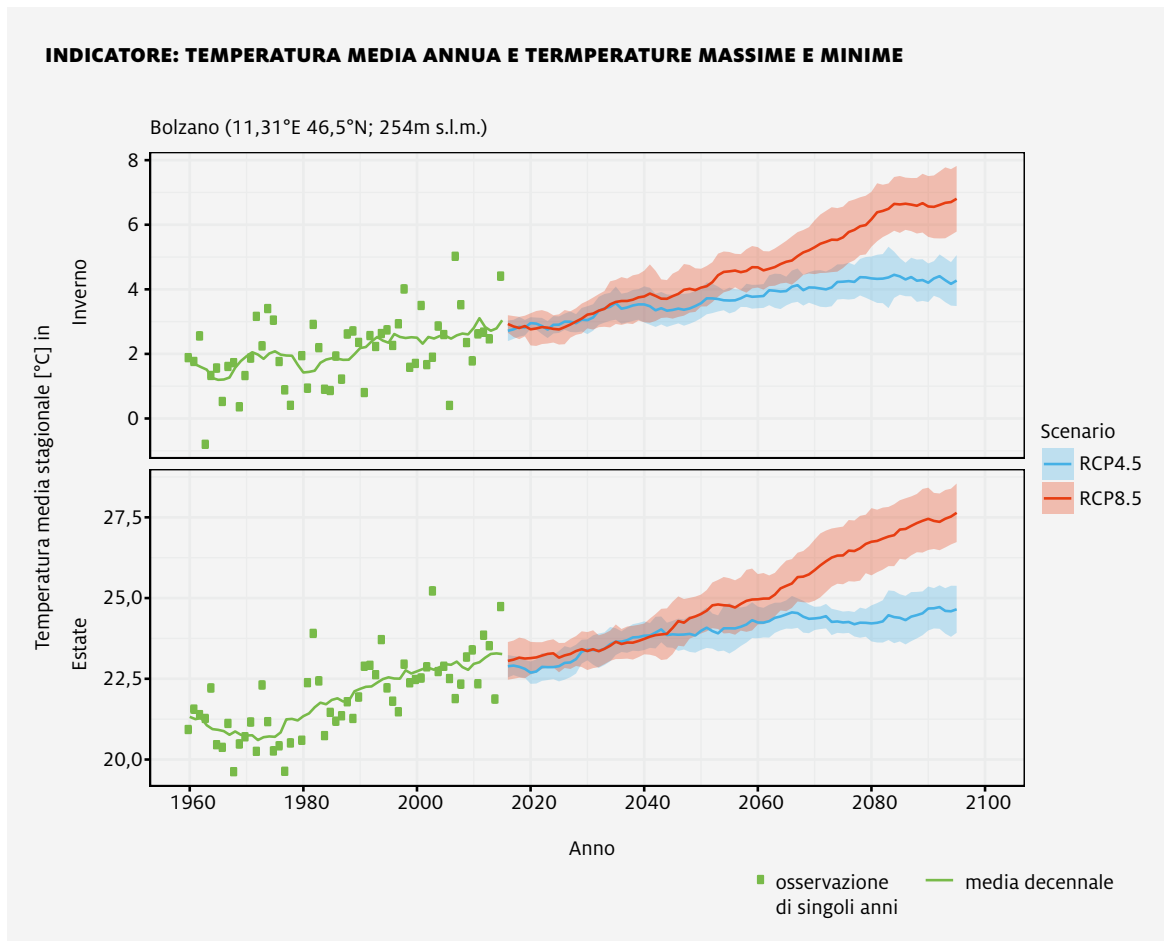


FIG. 6: Temperatura in corrispondenza della stazione di Bolzano (punti verdi: osservazione di singoli anni, linea: media decennale) e possibile andamento della temperatura per uno scenario *business-as-usual* (RCP8.5, area rossa) e per uno scenario ottimistico con rapida riduzione delle emissioni di gas serra (RCP4.5, area blu). (Dati: Euro-Cordex e Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

Un indicatore simile è dato dal numero di giorni in cui la temperatura minima non scende al di sotto di 20°C. 24 di queste giornate si sono avute nell'anno record 2015. Tuttavia secondo i calcoli ciò che oggi significa record già nel 2050 potrebbe essere considerato normale. Da qui al 2100 a Bolzano ci potrebbero essere mediamente più di 60 giorni in cui anche di notte la temperatura potrebbe non scendere al di sotto di 20°C, le cosiddette "notti tropicali" (Figura 8).

Diversa è la situazione delle precipitazioni. Per la maggior parte delle stazioni non possiamo identificare alcun trend particolare, bensì una prevalenza di oscillazioni di anno in anno. In futuro la

situazione rimarrà pressoché invariata, tuttavia possiamo osservare una leggera tendenza all'aumento delle precipitazioni invernali (Figura 9).

Abbiamo analizzato i giorni con precipitazioni >10mm, >20 mm e >50 mm e i dati ci inducono a pensare che negli ultimi decenni la pioggia in alcune stazioni, per esempio a Bolzano, sia caduta per lo più sotto forma di precipitazione intensa. Soprattutto in estate i fenomeni di precipitazioni intense sono accompagnati da eventi temporaleschi. I climatologi presumono che con l'innalzamento delle temperature aumenterà anche il numero e l'intensità dei temporali. Anche se

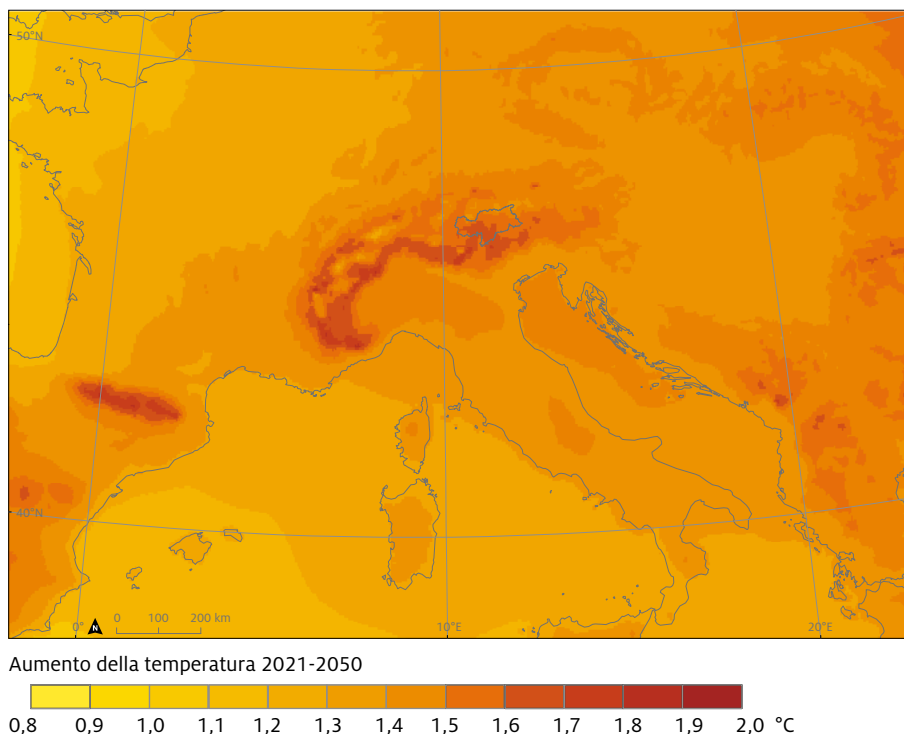


FIG. 7: Variazione delle temperature nel periodo 2021-2050, calcolata sulla *ensemble mean*, la media d'insieme, delle simulazioni Euro-Cordex RCP4.5. (Dati: Euro-Cordex. Elaborazione: Eurac Research).

finora per l'Alto Adige non è ancora possibile documentare questa tendenza con dati sufficienti, in futuro la quantità di fulmini in questa regione potrebbe essere un buon indicatore per valutare l'attività temporalesca. Dal 2007 i dati sui fulmini vengono rilevati automaticamente dalla rete di misurazione Nowcast.de per l'intero Alto Adige e messi a disposizione tramite l'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano (Figura 10). Il 2017, con oltre 100.000 fulmini fino a fine agosto, è stato l'anno più ricco in tal senso dall'inizio dei rilevamenti. In ugual modo l'estate è stata segnata da numerose forti precipitazioni e relativi effetti come frane, smottamenti, esondazioni. Inoltre dobbiamo presumere che in futuro l'Alto Adige dovrà fare i conti con una maggiore siccità nei mesi estivi. Ciò dipende soprattutto dal fatto che il crescere delle temperature si accompagna a una maggiore quantità di acqua persa a causa

dell'evaporazione, sia attraverso le piante che attraverso il terreno (evapotraspirazione). Attraverso lo speciale indice di siccità SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) possiamo conteggiare quanti mesi presentino valori al di là delle medie, tanto da potersi considerare "estremamente" siccitosi o umidi. Per la maggior parte delle stazioni in Alto Adige si delinea per il futuro un forte incremento dei mesi estremamente secchi, soprattutto dopo il 2040. Anche il numero dei mesi estremamente umidi aumenta in leggera misura (Figura 11).

Complessivamente prosegue quindi la tendenza per cui **le estati diventano sempre più torride e secche, con valori estremi di caldo e siccità. Gli inverni, invece, diventeranno più miti e umidi. Le precipitazioni saranno maggiormente connotate da pioggia intensa.**

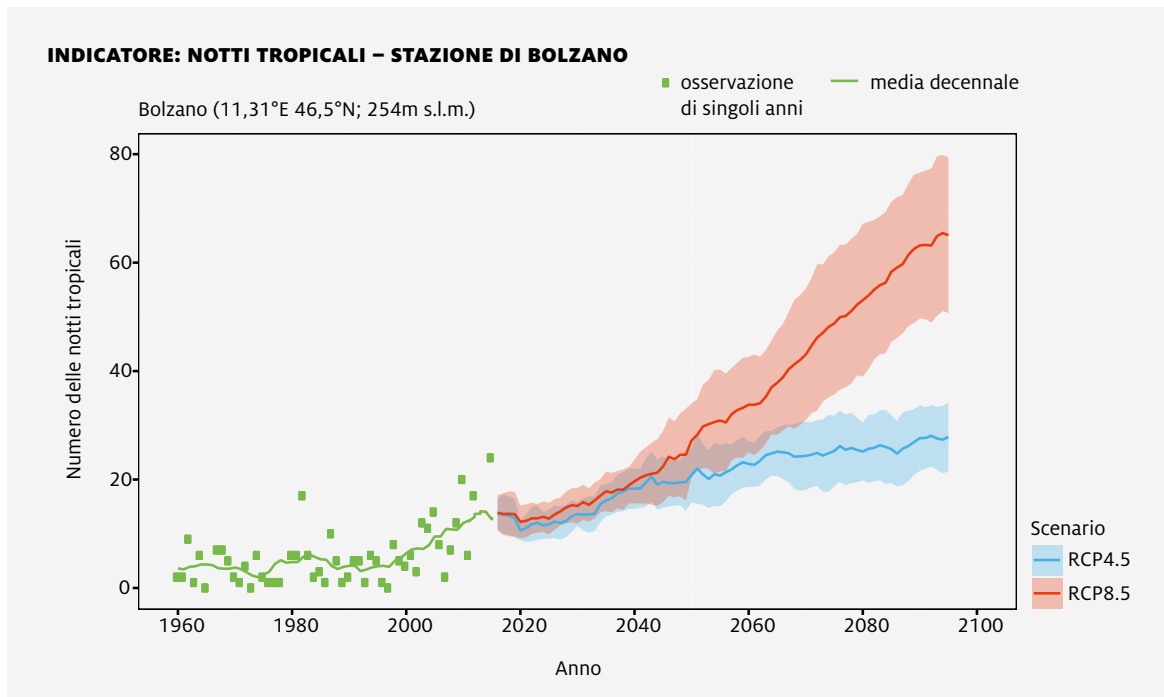


FIG. 8: Numero di giorni con temperature minime superiori a 20°C a Bolzano (corrisponde al numero di notti tropicali)
(Dati: Euro-Cordex e Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

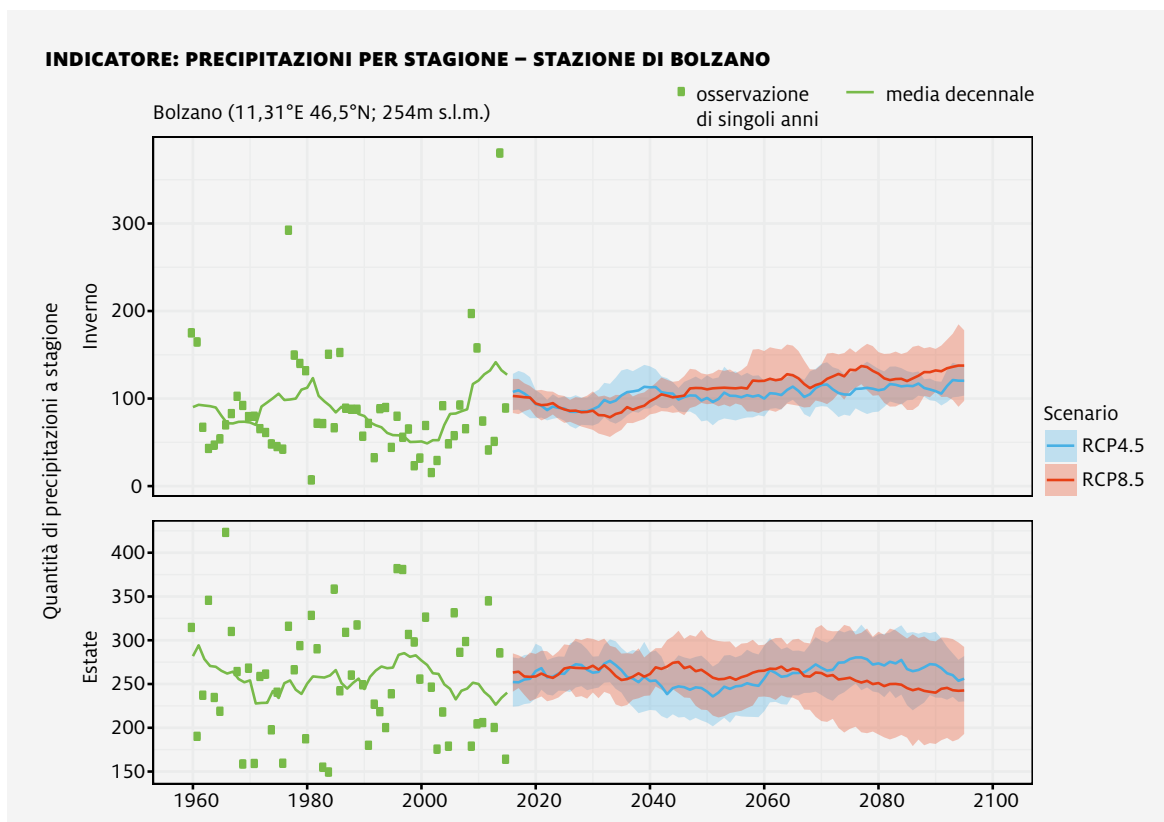


FIG. 9: Variazione delle precipitazioni per stagione nella stazione di Bolzano. Prevalgono le oscillazioni di anno in anno.
(Dati: Euro-Cordex e Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

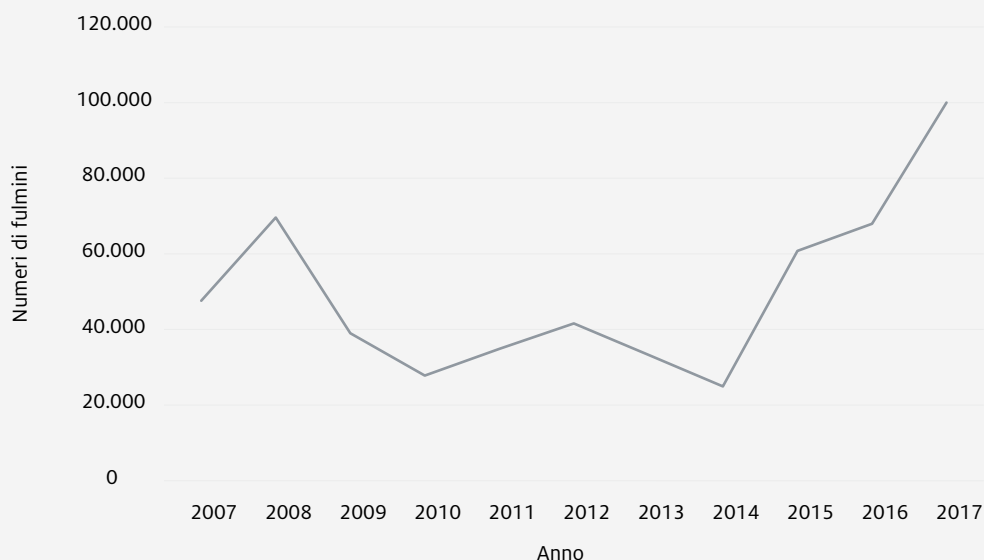
INDICATORE: NUMERO DI FULMINI ALL'ANNO

FIG. 10: Numero di fulmini all'anno. Dati della rete nowcast.de ed elaborati dall'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano. Spicca l'anno 2017, con oltre 100.000 fulmini. Una piccola variazione del dato potrebbe essere riconducibile all'utilizzo di metodi più sofisticati. Il numero di fulmini è un buon indicatore per il numero di temporali, spesso accompagnati da piogge intense e da conseguenti pericoli naturali come frane, smottamenti, esondazioni. (Dati: Ufficio idrografico, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

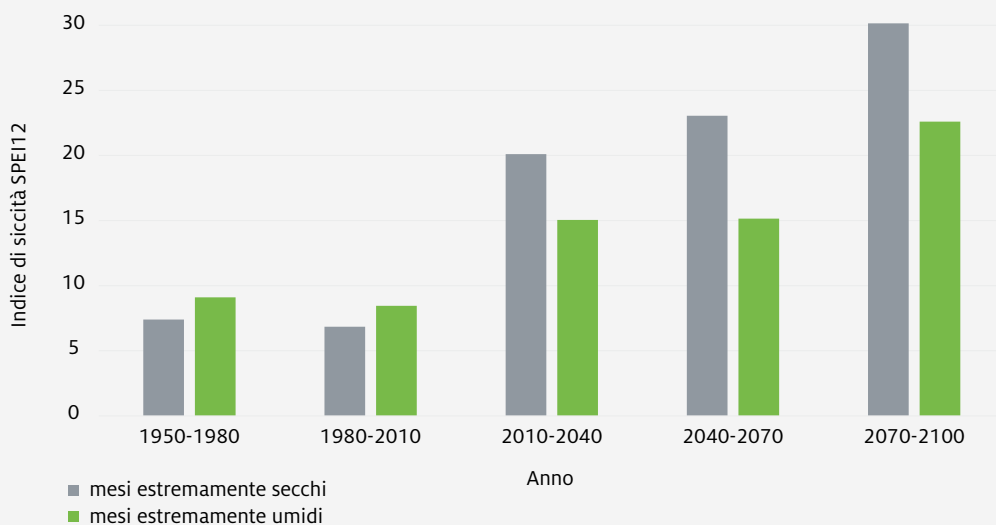
INDICATORE: NUMERO DI MESI CON VALORI DI UMITÀ E SICCITÀ ESTREMI NELL'ARCO DI 30 ANNI – STAZIONE DI BOLZANO

FIG. 11: L'indice di siccità SPEI12 evidenzia per Bolzano un futuro caratterizzato da un forte incremento di mesi con valori di umidità e siccità oltre la media, con una prevalenza del trend secco, scenario RCP8.5. (Dati: Euro-Cordex e Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

DUE DOMANDE A DIETER PETERLIN, METEOROLOGO DEL SERVIZIO METEOROLOGICO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Nella sua attività quotidiana osserva un'influenza dei cambiamenti climatici sul meteo?

Per quel che concerne la temperatura, l'influenza è evidente. I soli rilevamenti degli anni scorsi mostrano come le temperature siano complessivamente salite, in tutte le stagioni. Riguardo agli altri fattori il dato non è così chiaro: la quantità e l'intensità delle precipitazioni varia di anno in anno. Anche per gli eventi estremi non possiamo osservare una tendenza univoca. Ritengo che il cambiamento climatico non stabilisca record, ma sia piuttosto una somma di record a determinare il cambiamento del clima. Due notti tropicali già nel mese di giugno non sono di per sé una prova del cambiamento climatico. Una cosa è il meteo, un'altra è il clima.

Estate così secca da non avere evapotraspirazione e dunque non consentire nemmeno la formazione di un temporale. Sarebbe possibile in Alto Adige?

In questo caso la siccità dovrebbe essere davvero estrema – e siamo ancora ben lontani dal trovarci in un deserto. E l'acqua non dovrebbe mancare solo in Alto Adige, ma anche nel Mediterraneo, perché da lì il vento potrebbe comunque sospingere verso di noi temporali e piovoschi.



Referenze

1. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014): Fifth Assessment Report. Climate Change 2014 Synthesis report – Summary for Policymakers, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
2. EEA (European Environment Agency) (2017): Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016, Copenhagen, <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
3. Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, C., Briffa, K., Jones, P., Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Mestre, O., Moisselin, J., Begert, M., Müller-Westermeier, G., Kveton, V., Bochnicek, O., Stastny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, Z., Majstorovic, Z. and Nieplová, E. (2007): HISTALP – historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region. *International Journal of Climatology* 27, pp 17–46, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1377/abstract>
4. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Abteilung Brand- und Zivilschutz - Autonome Provinz Bozen, Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) (a cura di) (2015): Das Klima von Tirol – Südtirol – Belluno, <http://www.alpenklima.eu/>
5. <http://www.euro-cordex.net/> (Ultimo accesso: 31.01.2018)



Le emissioni di gas serra

ROBERTO VACCARO

CON LA COLLABORAZIONE DI **ROBERTA PERNETTI,**
FEDERICO CAVALLARO, ANNA SCUTTARI,
THOMAS STREIFENEDER, GEORG NIEDRIST
E **CHRISTIAN HOFFMAN**

2

IN ALTO ADIGE

Le emissioni in Alto Adige possono essere così riassunte: 1203kt CO₂eq dal settore trasporti (44%), 985kt CO₂eq dal settore della produzione di energia termica (36%), 489kt CO₂eq dall'agricoltura (18%) e 57kt CO₂eq altro (2%), per un totale di 2733kt CO₂eq.

Il settore trasporti si riferisce per il 99% alle emissioni dei trasporti stradali e per un 1% a quelle di altre forme di trasporto. La voce energia termica include l'energia prodotta per il riscaldamento e per i processi industriali e anche le perdite della rete di distribuzione del gas; perdite che in Alto Adige ammontano a 2,3% di tutte le emissioni di gas serra e che sono considerate parte inclusiva del processo. Infine, la voce "altro" rappresenta in prevalenza le emissioni legate al trattamento dei rifiuti, escluse quelle dell'inceneritore di Bolzano che sono conteggiate nella produzione termica per via della rete di teleriscaldamento.

Questi dati, espressi in media pro capite, ammontano a **un totale di 5,3 tonnellate di CO₂eq all'anno per ogni residente dell'Alto Adige**. Il dato riportato nel "Piano Clima Energia-Alto Adige-2050" è più basso (4,4t) perché non include le emissioni di metano e di protossido di azoto non legate a processi combustivi, prerogativa, in particolare, del settore agricolo.

Il contributo dei differenti gas serra al totale è dato dalle seguenti percentuali: 76,4% anidride carbonica, 15,2% metano e 8,4% protossido di azoto. Questi dati sono lo specchio delle peculiarità socio-economiche dell'Alto Adige; peculiarità che emergono in modo ancor più evidente se messe a raffronto con i dati nazionali.

In particolare, abbiamo confrontato i dati del 2013. Per quest'anno abbiamo a disposizione l'inventario delle emissioni di gas serra in Italia elaborato

da ISPRA e l'ultimo inventario completo degli inquinanti atmosferici rilasciati in Alto Adige prodotto dall'Ufficio aria e rumore dell'Agenzia provinciale per l'ambiente della Provincia autonoma di Bolzano.

I dati mostrano la **maggior incidenza in Alto Adige del trasporto su strada e dell'agricoltura rispetto alla media italiana e una minore rilevanza del settore industriale e di quello legato al riscaldamento**. Risulta però particolarmente significativa la differenza nel settore della produzione di energia. In Alto Adige, grazie alla produzione prevalente di energia idroelettrica, le emissioni sono trascurabili. Solo il teleriscaldamento, che talvolta viene alimentato con combustibili fossili come metano e gasolio, produce emissioni, seppure ridotte. Nel resto d'Italia, questo settore include anche la produzione di energia elettrica da fonti fossili e i processi di raffinazione e trasformazione dei prodotti del petrolio.

Nel complesso i risultati possono essere spiegati in ragione di alcuni elementi chiave: 1) la rilevanza del traffico di transito lungo l'asse del Brennero, 2) la forte penetrazione delle fonti rinnovabili nel settore della produzione di energia in Alto Adige e 3) la differente struttura del sistema economico a vocazione prevalente agricola e turistica (quest'ultimo aspetto non è però evidenziato nella tabella). Discorso a parte è quello dei boschi che ricoprono il territorio e che fungono da serbatoi di carbonio (→ Il bosco come serbatoio di carbonio, p. 35).

PRODUZIONE DI ENERGIA

La produzione di energia in Alto Adige è caratterizzata da una forte penetrazione delle rinnovabili. L'uso della biomassa è molto diffuso ed è testi-

COME SI CALCOLANO LE EMISSIONI

Per valutare e confrontare le emissioni di gas serra, **gli studiosi convertono i quantitativi effettivi in "tonnellate di CO₂ equivalente"**. La proporzione è determinata dalla capacità del singolo gas di provocare l'effetto serra.

1 t anidride carbonica = 1t CO₂eq

1 t metano = 24t CO₂eq

1 t protossido di azoto = 310t CO₂eq

Poiché non possono misurare ogni singola fonte di emissione, gli studiosi usano i dati aggregati relativi ad alcune attività specifiche, per esempio i litri di gasolio consumati dalle caldaie, e li moltiplicano per opportuni fattori di emissione, per

esempio quanta CO₂ viene emessa per ogni litro consumato. Esistono diversi approcci per la raccolta dei dati delle attività. Per questo rapporto abbiamo adottato l'approccio targato IPCC, consolidato a livello internazionale. Questo metodo prevede la raccolta dei dati su base territoriale e quantifica le emissioni generate esclusivamente all'interno di una specifica area. Questo approccio garantisce la realizzazione di un bilancio mondiale esaustivo, ma non riconosce la responsabilità delle emissioni grigie, cioè quelle legate al consumo di prodotti. Secondi i calcoli dell'Agenzia CasaClima, includendole, l'Alto Adige produce quasi 7,5 t CO₂ equivalente pro capite.



INDICATORE: TONNELLATE DI CO₂EQ /PRO CAPITE EMESSE IN ALTO ADIGE E IN ITALIA PER SETTORI PRINCIPALI NEL 2013

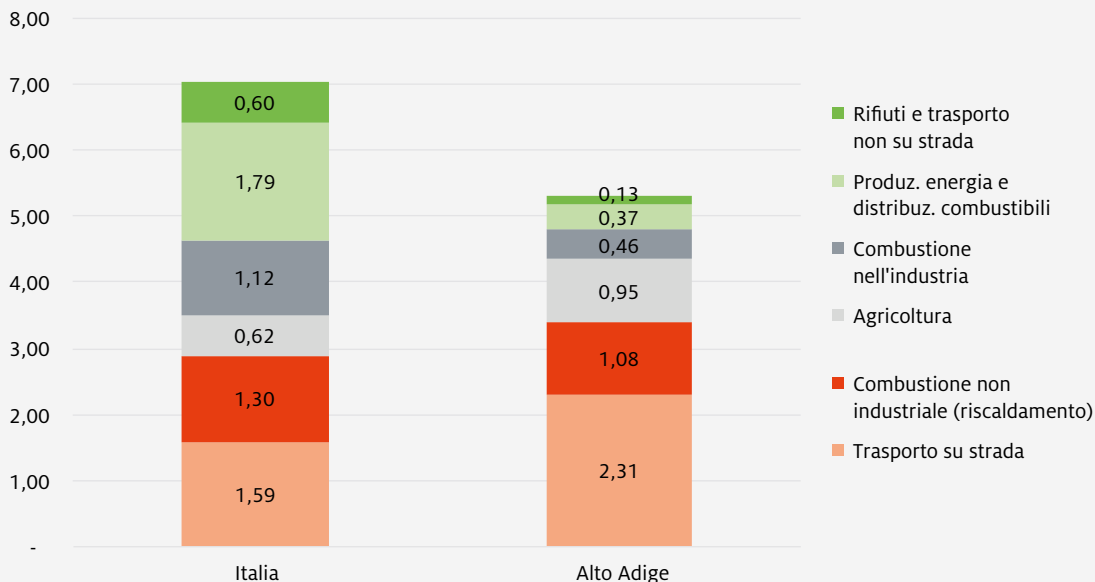
 t CO₂eq /pro-capite emesse in Alto Adige e in Italia per settori principali nel 2013


FIG. 12: Tonnellate di CO₂ equivalente emesse pro capite in Alto Adige e in Italia per settori principali nel 2013 (Dati: ISPRA, Ufficio aria e rumore, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

moniato dalla presenza di impianti di teleriscaldamento che usano questa fonte rinnovabile: nel 2015 ne risultavano attivi 77 (1). Considerando anche la legna utilizzata negli impianti domestici abbiamo calcolato – sulla base dei dati dell'Agenzia per l'ambiente relativi ai consumi energetici – che la biomassa nel 2013 abbia coperto circa il 38% di fabbisogno di energia termica altoatesina. Questo dato è rilevante perché le emissioni della biomassa possono essere considerate nulle al netto delle emissioni legate alla loro produzione e trasporto: la CO₂ che viene prodotta è quella che è stata assorbita dagli alberi durante la crescita. Ancora più rilevante è la produzione di energia idroelettrica che fa sì che questa sia di gran lunga la risorsa rinnovabile più importante. Fra il 2011 e il 2014 sono stati prodotti mediamente 6,5TWh di energia elettrica, oltre il doppio dei consumi medi totali registrati nello stesso intervallo di tempo (2,3). A questa vanno aggiunti il fotovoltaico, circa 250Gwh, e la produzione elettrica da impianti a biomassa, poco più di 100GWh. Tuttavia, malgrado una produzione da fonti rinnovabili così generosa, non tutto il consumo

locale può essere coperto con continuità nel corso dell'anno. In alcuni momenti è necessario importare dalla rete nazionale energia elettrica in buona parte prodotta da fonti fossili, metano in primis. Si tratta tuttavia di quantità esigue e **le emissioni** a esse associate **sono talmente basse da poter essere considerate nulle**. Abbiamo stimato che nel 2013 ammontavano a circa 7kt, poco più dello 0,2% delle emissioni totali.

Parte dell'energia termica sopra considerata contribuisce alla produzione di energia elettrica all'interno degli impianti che operano in cogenerazione, ma anche queste emissioni sono estremamente ridotte e non le abbiamo prese in considerazione separatamente.

L'assenza di emissioni associabili al consumo e alla produzione di elettricità consente quindi di spiegare la differenza di circa 1,4 t CO₂eq pro capite fra Alto Adige e media italiana.

INDUSTRIA

Le emissioni pro capite del settore industriale registrate in Alto Adige sono meno della metà rispet-



Il riscaldamento degli edifici impatta grandemente sulle emissioni. Nella cornice del progetto Sinfonia-Bolzano Smart City, vari edifici vengono sottoposti a una profonda riqualificazione energetica, come nel caso di questi condomini di proprietà del Comune di Bolzano in via Passeggiata dei Castani.

to al quadro nazionale: 0,46 rispetto a 1,12 t CO₂eq l'anno. Questo dato riflette la minor presenza sul territorio altoatesino di industrie che utilizzano combustibili di origine fossile per i loro processi produttivi.

Questo dato tuttavia non consentirebbe, di per sé, di valutare l'incidenza delle industrie che utilizzano elettricità, perché in Alto Adige proviene principalmente da fonti rinnovabili e quindi non hanno emissioni di CO₂. Abbiamo quindi analizzato i dati di consumo elettrico del settore e possiamo confermare una minor presenza anche di questa tipologia di industrie.

TRASPORTI

I trasporti su strada rappresentano il 99% delle emissioni del settore trasporti. I dati contenuti in questo report sono stati elaborati dall'Agenzia per l'ambiente con un software che sulla base di alcuni dati di input come la rete stradale e la sua suddivisione, la pendenza delle strade o le caratteristiche medie della flotta di auto circolanti calcola direttamente le emissioni dei diversi inquinanti. A livello aggregato, le emissioni di CO₂eq stimate in Alto Adige risultano pari a 1191kt, di cui la maggior parte dovuta alle vetture private (circa 690kt), al trasporto merci pesante (306kt) e leggero (168kt). Il restante è dovuto alle emissioni derivanti da cicli e da motocicli.

La differenza con il valore nazionale, espressa in valori pro capite, è particolarmente rilevante: 2,31 rispetto a 1,59 CO₂eq. Ciò è da ricondurre all'elevato transito di merci e auto lungo l'autostrada del Brennero. **Le emissioni autostradali incidono per il 33% sul totale delle emissioni da trasporto e per il 14% sul totale delle emissioni complessive dell'Alto Adige.**

EDIFICI

Il parco immobiliare dell'Alto Adige è piuttosto datato – il 60% degli edifici ha più di 50 anni – e il tasso di riqualificazione energetica è esiguo, pari a 1,2% annuo (4). Questo fa sì che i consumi, specie per il riscaldamento, siano elevati e altrettanto lo siano le emissioni.

Con riferimento alla Figura 12, abbiamo sommato le emissioni pro capite relative alla combustione del settore non industriale, le emissioni relative alla “produzione energia e trasformazione combustibili” – che nel caso dell'Alto Adige riportano di fatto le sole emissioni relative al teleriscaldamento – e le perdite di gas della rete non imputabili al settore industriale. La somma che ne risulta equivale alle emissioni associate al riscaldamento degli edifici residenziali e non: circa 730kt CO₂eq,



📹 Trasporti: al primo posto per la produzione di emissioni in Alto Adige

ovvero circa il 27% delle emissioni di gas serra totali. Questo valore, espresso in CO₂eq pro capite, si attestata intorno a 1,43 t e risulta superiore al valore italiano di 1,30, nel quale però non sono conteggiate le emissioni da teleriscaldamento e le perdite della rete del gas.

Risulta difficile fare delle considerazioni sulle differenze fra i due valori. In primo luogo, le differenti condizioni climatiche influenzano a tal punto le emissioni da non poter confrontare i risultati in termini assoluti. Inoltre ci sono vari parametri che influenzano le emissioni: la composizione del parco edilizio, per esempio la percentuale di edifici amministrativi, commerciali e turistici, le differenti tipologie costruttive, la quota di copertura del fabbisogno energetico con le rinnovabili e così via.

Abbiamo verificato in maniera dettagliata questi aspetti nella cornice del progetto Regional Energy Modelling (RegEnMod). I risultati preliminari ci hanno permesso di stimare i consumi del comparto residenziale: circa 2,7TWh/anno, con una media di 150kWh/(m² anno) per abitazione. Se traduciamo i consumi in emissioni di CO₂ eq possiamo ipotizzare **un'incidenza del settore residenziale pare a circa il 13% sul totale.**

TURISMO

Non esiste un dato univoco che quantifichi le emissioni del settore turistico. **Le emissioni di un turista medio sono infatti spalmate su più settori:** i trasporti, il consumo di energia delle strutture

ricettive come alberghi e pensioni e le emissioni connesse alle attività proprie della vacanza, per esempio l'energia usata per innevare o per far funzionare gli impianti di risalita o le infrastrutture sportive. Considerata questa peculiarità del comparto turistico e malgrado non esistano ricerche specifiche in Alto Adige, abbiamo provato a stimare alcuni dati.

Per quanto riguarda i trasporti, se consideriamo i valori noti sulle distanze medie percorse durante la vacanza, l'occupazione media dei veicoli e la percentuale di turisti che usano effettivamente l'auto una volta arrivati in Alto Adige, arriviamo a una stima pari a circa 30kt CO₂, pari a quasi il 3% delle emissioni totali da trasporto.

Per quanto riguarda le strutture ricettive mancano dati specifici, ma abbiamo stimato che siano leggermente inferiori al 5% del totale delle emissioni di gas serra in Alto Adige. Questo dato, sicuramente rilevante, non deve sorprendere, soprattutto alla luce dei quasi 23 milioni di pernottamenti del 2013, come se la popolazione residente fosse aumentata del 12%.

Un'attività turistica per la quale invece sono a disposizione alcuni dati sul consumo energetico è quella sciistica. Nel 2012, dato più prossimo al nostro anno di riferimento, gli operatori hanno consumato circa 120GWh di energia elettrica per far funzionare gli impianti di risalita e per innevare le piste (5). Tale valore ammonta al 4% dei consumi totali di energia elettrica in Alto Adige di quello stesso anno ma, come accennato, incide solo marginalmente sulle emissioni complessive.



.....
 📷 Le emissioni in agricoltura sono per la maggior parte gas metano e protossido di azoto prodotti dagli allevamenti.

AGRICOLTURA

Le emissioni del settore agricolo in Alto Adige ammontano a circa 0,95t CO₂eq pro capite, superiori rispetto al valore nazionale di 0,62t. Questa differenza sta a sottolineare il peso che l'agricoltura ha nell'economia altoatesina: **il settore primario incide per il 17,88% di tutte le emissioni di gas serra.**

Circa il 7% delle emissioni in agricoltura è dovuto all'uso di combustibili fossili per macchinari e automezzi. Il restante 93% è da ricondursi alle emissioni di gas metano e di protossido di azoto derivati dagli allevamenti. Le emissioni provenienti dal settore agricolo di questi due gas serra hanno un peso rilevante sulle emissioni dell'intera provincia: 67% delle emissioni totali di CH₄ e 75% di quelle di N₂O.

Questa distribuzione percentuale non tiene conto del fatto che le emissioni del settore agricolo si distribuiscono in modo trasversale su più settori. Come per il turismo, alcune emissioni collegabili ad attività agricole sono conteggiate nei settori termico e dei trasporti.

Per il settore agricolo altoatesino esistono però diversi studi che stimano i consumi specifici di alcune produzioni tenendo conto anche delle emissioni legate alle fasi di immagazzinamento, lavorazione e trasporto. Per esempio la produzione di mele nel 2014 – dato confrontabile con quello

qui utilizzato del 2013 – avrebbe generato emissioni complessive pari a circa 0,040kg CO₂/kg a mela, cioè 44kt totali, vale a dire circa il 1,6% delle emissioni complessive (6).

Diversi studi svolti in altre regioni e proiettati sui valori di produzione altoatesina indicano delle emissioni comprese fra lo 0,2% e l'2,6% delle emissioni totali per il settore vinicolo (7-10). Abbiamo proiettato sulla produzione di latte altoatesina i risultati di uno studio dell'Università di Monaco di Baviera (11) che, diversamente da questo rapporto, considera, oltre a tutte le emissioni già conteggiate in altri settori come il riscaldamento edifici, la produzione industriale e i trasporti, anche tutte le emissioni generate al di fuori della provincia, comprese quelle legate alla produzione del mangime e del trasporto. Il risultato cui siamo giunti è sorprendente: produrre i 388kt di latte dell'Alto Adige comporta l'emissione 540kt CO₂eq, cioè 1,4kg CO₂eq per ogni litro di latte prodotto. Questo valore sarebbe da solo più alto della somma delle emissioni che oggi riconosciamo a tutto il settore agricolo.

Questi esempi evidenziano come il differente approccio nel calcolo delle emissioni possa portare a risultati diversi e a un diverso punto di vista nell'osservare le cose.

IL BOSCO COME SERBATOIO DI CARBONIO

STEFANO MINERBI, CHRISTIAN HOFFMANN

Nel dibattito politico sulla protezione del clima seguito all'Accordo di Parigi del 2015 (→ Box Accordo di Parigi, p. 18), il bosco e la sua gestione sostenibile svolgono un ruolo importante. In particolare, gli stati membri puntano sul potenziale degli ecosistemi che possono funzionare da bacini di assorbimento del carbonio.

A tale scopo anche l'Alto Adige, grazie all'attività della stazione di misurazione di CO₂ "Renon-Selva Verde" a 1730 m, dal 1998 fornisce dati che confluiscono nella rete mondiale di stazioni FLUXNET. Negli ultimi 15 anni il bosco di abeti rossi attorno alla stazione di misurazione ha immagazzinato tra le 3 e le 4,22 tonnellate nette di carbonio per ettaro all'anno (tC ha-1y-1). Questo valore supera di gran lunga la media europea che si attesta su 0,9 tC ha-1y-1 (1). Si tratta tuttavia di una misurazione puntuale, che non è applicabile alla superficie totale dei boschi altoatesini.

Poiché in Alto Adige i boschi si stanno estendendo e, in larga parte, soprattutto a causa delle pendenze, vengono sfruttati solo parzialmente e in modo non intensivo (2), le riserve di carbonio sono in continuo aumento.

Secondo i calcoli dell'Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi di carbonio e del Servizio fo-

restale della Provincia di Bolzano, nel 2012 la biomassa del soprassuolo nei boschi dell'Alto Adige immagazzinava circa 82 tonnellate di carbonio per ettaro (2), vale a dire circa 1,15 tonnellate di carbonio per ettaro l'anno (3). Convertito in anidride carbonica, questo valore corrisponde a circa 3 tonnellate di CO₂ pro capite. Molto più significativo è il calcolo del carbonio stoccato nel sottosuolo dei boschi: è lì che viene immagazzinato quasi il 70% dell'intera quantità (4). Mentre la biomassa del soprassuolo è soggetta a frequenti oscillazioni, le scorte di carbonio fissate nel suolo boschivo rimangono costanti per decenni. La tutela del terreno boschivo e la sua gestione sostenibile sono quindi di fondamentale importanza.



1. Cescatti A., Montagnani L., Rodeghiero M., Bascietto M., Bertagnolli A., Kerschbaumer G., Minach L. and Minerbi S. (2002): Carbon fluxes and pools in a sub-alpine Norway spruce forest; at the Workshop on: Quantifying terrestrial carbon sinks: science, technology and policy - Wengen-2002.
2. Provincia Autonoma di Bolzano, Alto Adige (2012 & 2015): Relazioni agraria e forestale.
3. Ministro delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (2009): Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC) - Caratteri quantitativi.
4. Provincia autonoma di Bolzano, dati non pubblicati

Referenze

1. Statistiche Energia: <http://ambiente.provincia.bz.it> (Ultimo accesso: maggio 2016)
2. Provincia Autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica - ASTAT (2016): Annuario statistico 2016. <http://astat.provinz.bz.it/de/statistisches-jahrbuch.asp>
3. <https://www.terna.it/it-it/sistemaelettrico/statisticheeprevisioni/dati-statistici.aspx> (Ultimo accesso: giugno 2017)
4. Provincia Autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica - ASTAT (2012): Bilancio Energetico dell'Alto Adige 2009. http://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=300&news_image_id=899217
5. Provincia Autonoma di Bolzano, Istituto provinciale di statistica - ASTAT (2014): Impianti a fune in Alto Adige 2013. http://astat.provincia.bz.it/it/news-pubblicazioni.asp?news_action=4&news_article_id=474496 (Ultimo accesso: maggio 2017)
6. Zanotelli, D., Mazzetto, F., Unterholzner, S.F., Tagliavini, M. (2014): Der CO₂-Fußabdruck des Apfels aus Trentino-Südtirol. Obst/Weinbau 07/08 2014: pp 217-221, <https://www.sciencesouthtyrol.net/blob/86427,,,UNIBZ,70,-1.pdf>
7. Artisan Wines (2011): Nachhaltigkeitsbericht 2010/2011.
8. LWG Bayern/Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2017): Der CO₂-Fußabdruck der Fränkischen Weinwirtschaft. <http://www.lwg.bayern.de/weinbau/087354/index.php?layer=print&#tab-19>, (Ultimo accesso: gennaio 2018)
9. Wetterstein, S., Stucki, M., Meier, M., Schumacher, P., Buchli, J. (2016): Ökobilanz von Schweizer Wein aus ÖLN- und biologischer Produktion. Wädenswil, https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wirtschaft-konsum/externe-studien-berichte/oekobilanz_von_schweizerweinausoenl-undbiologischerproduktion.pdf.download.pdf/oekobilanz_von_schweizerweinausoenl-undbiologischerproduktion.pdf
10. Benedetton, G. (2013): The environmental impact of a Sardinian wine by partial Life Cycle. In: Assessment Wine Economics and Policy, 2(1), pp 33-41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212977413000227#>
11. Zehetmeier, M., Heißenhuber, A. (2012): Zweinutzungsrasse im Vergleich zu Spezialrasen Klimarelevante Emission bei der Produktion von Milch und Rindfleisch, FLECKVIEHWELT (3).



Impatti sulla natura

GEORG NIEDRIST

MARC ZEBISCH

GIACOMO BERTOLDI

NIKOLAUS OBOJES

JULIA SEEBER

STEFAN SCHNEIDERBAUER

ROMY SCHLÖGEL

CHRISTIAN KOFLER

LUKAS EGARTER VIGL

ULRIKE TAPPEINER

3

Neve e ghiacciai

MARC ZEBISCH



SITUAZIONE GENERALE

Neve

Per l'Alto Adige la neve è di straordinaria importanza. Anche in un'epoca contraddistinta dalla neve artificiale, la neve naturale è fondamentale per gli sport invernali. Ancora più importante è la sua funzione di serbatoio naturale: la neve

immagazzina l'acqua delle precipitazioni invernali e la libera nuovamente con il disgelo, all'inizio del periodo vegetativo. Questa funzione è enormemente importante soprattutto per l'agricoltura. La quantità d'acqua che viene accumulata sotto forma di neve in un gennaio considerato nella media corrisponde, per ordine di grandezza, all'intero volume idrico di tutti gli invasi artificiali dell'Alto Adige. La quantità e la permanenza della neve al suolo dipendono soprattutto dall'altitudine. Mentre nelle località a valle, come Bolzano e Merano, la neve si osserva spesso solo in rari giorni dell'anno, tra i 1000 e 2000 metri si ferma da 50 e 160 giorni. Sopra quota 3000 sono soprattutto le aree esposte a nord a essere innestate, spesso anche durante tutto l'arco dell'anno. Grazie alla capacità di riflessione estremamente elevata (fenomeno dell'albedo), la neve fresca respinge circa l'85% delle radiazioni solari, impedendo loro così di riscaldare la superficie terrestre.

Ghiacciai

I ghiacciai occupano in Alto Adige un'area di circa 90 km² (1), pari al 24% della superficie complessiva dei ghiacciai italiani (369,90 km²) (2). È un

INDICATORE: SUPERFICIE COPERTA DA NEVE IN ALTO ADIGE E NELLE ALPI NEI MESI DI DICEMBRE E GENNAIO

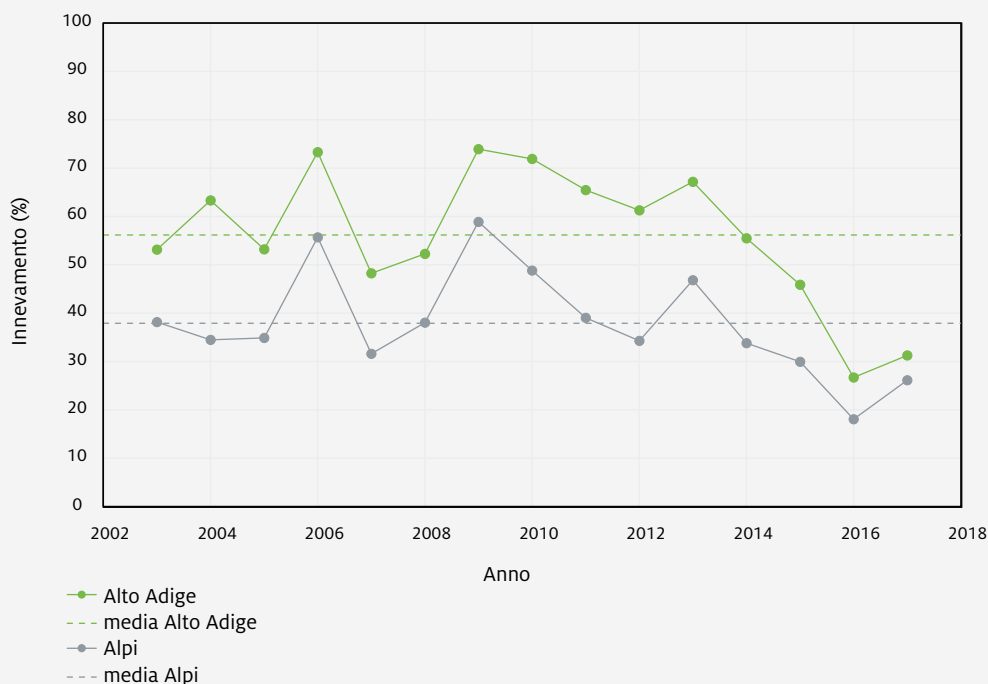


FIG. 13: Percentuale di superficie coperta da neve in Alto Adige (linea verde) e nelle Alpi (linea grigia) nei mesi di dicembre e gennaio. Gli anni 2014-2017 mostrano un innnevamento in parte molto inferiore alla media. (Dati: ESA. Elaborazione: Eurac Research)

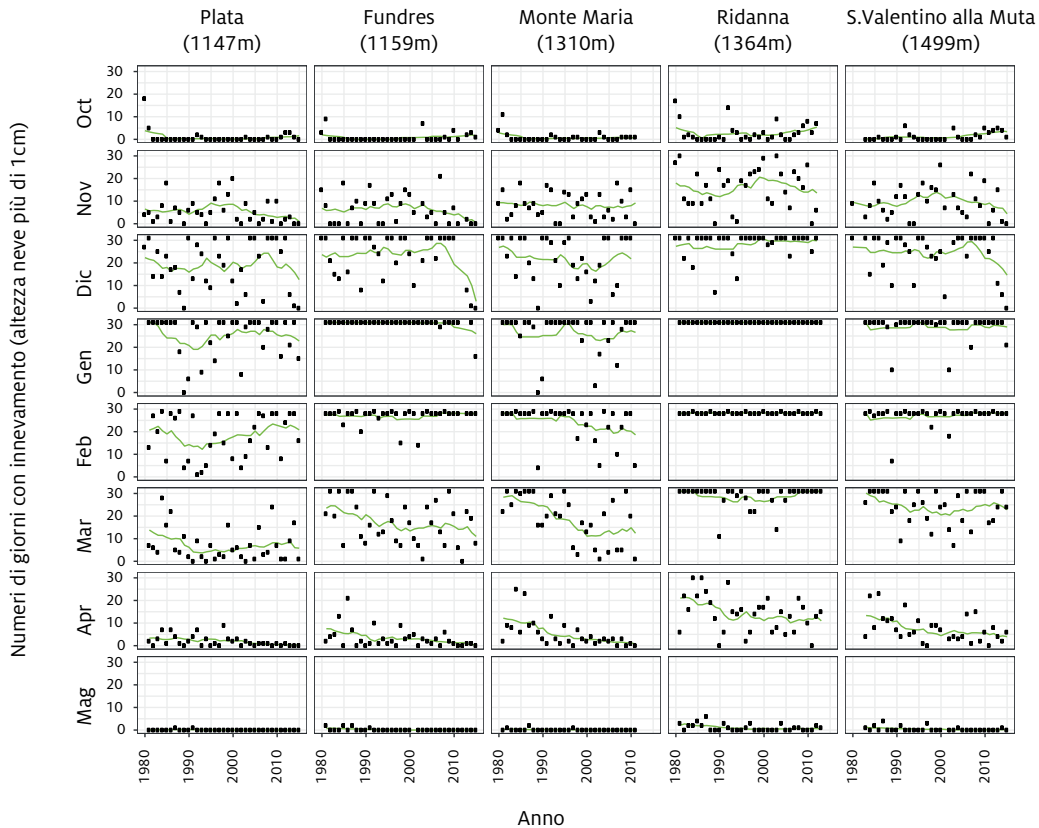


FIG. 14: Numero di giorni con innevamento nelle stazioni di riferimento selezionate. Osserviamo una diminuzione soprattutto in novembre, marzo e aprile. I punti rappresentano i singoli anni, la linea verde una media mobile nell'arco di dieci anni. (Dati: Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

valore significativo, ma esiguo se paragonato ai ghiacciai a nord del principale crinale alpino; per esempio in Tirolo i ghiacci coprono 300 km². L'86% dei ghiacciai altoatesini ha dimensioni piuttosto piccole – meno di 1 km² – e si trova in posizione isolata. Fra i ghiacciai grandi ricordiamo il ghiacciaio di Malavalle, nelle Alpi dello Stubai (circa 7 km²), i ghiacciai del gruppo Ortles-Cevedale (Vedretta del Madaccio, Vedretta Bassa, Vedretta di Solda, Vedretta del Cevedale, Vedretta di Laas) e i ghiacciai delle Alpi Venoste (Vedretta di Vallenga, Vedretta Mazia, Vedretta della Croda). A livello locale, soprattutto nei territori secchi della val Venosta, i ghiacciai costituiscono un importante serbatoio d'acqua. Inoltre in Alto Adige ci sono due comprensori sciistici dislocati su ghiacciai: val Senales e passo dello Stelvio. Una selezionata serie di ghiacciai altoatesini viene regolarmente sottoposta a misurazione da parte dell'Ufficio

idrografico della Provincia autonoma di Bolzano. I dati sono raccolti nel "Glacierreport" (3). Anche il permafrost, cioè il suolo costantemente gelato, è fortemente interessato dai cambiamenti climatici. Le ripercussioni sul permafrost e le correlazioni con i pericoli naturali sono aspetti trattati nel box a pagina 63.

IMPATTI ATTUALI

Neve

In Alto Adige le precipitazioni nevose, l'altezza della neve e la copertura nevosa variano da un anno all'altro. Ciononostante possiamo già delineare delle tendenze: presso molteplici stazioni ubicate a media altitudine, a primavera (marzo, aprile) e da 10-15 anni a questa parte anche nel tardo autunno e all'inizio dell'inverno (novembre, dicembre), osserviamo una diminuzione di gior-

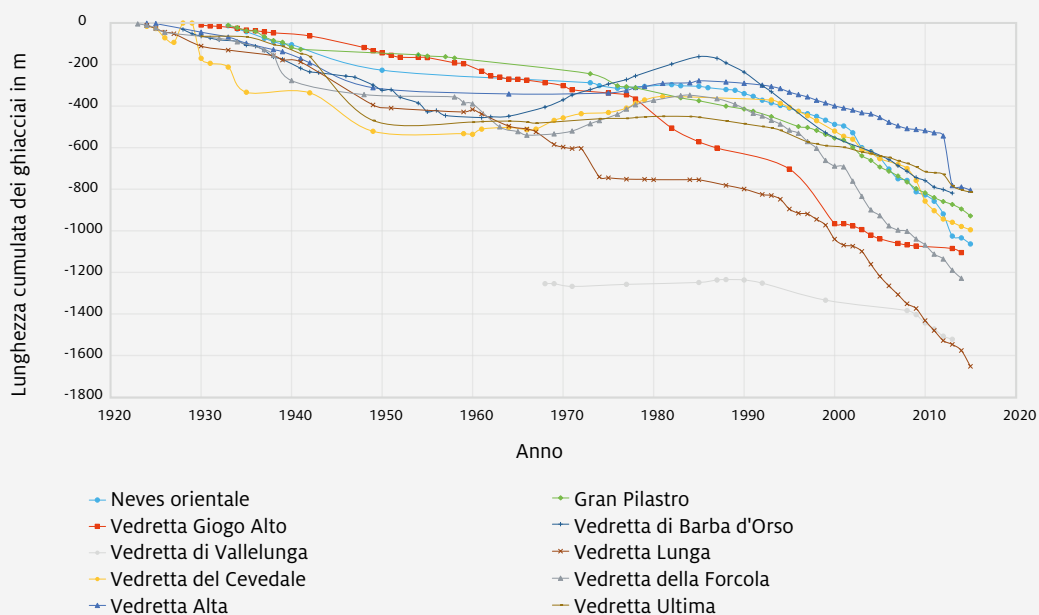
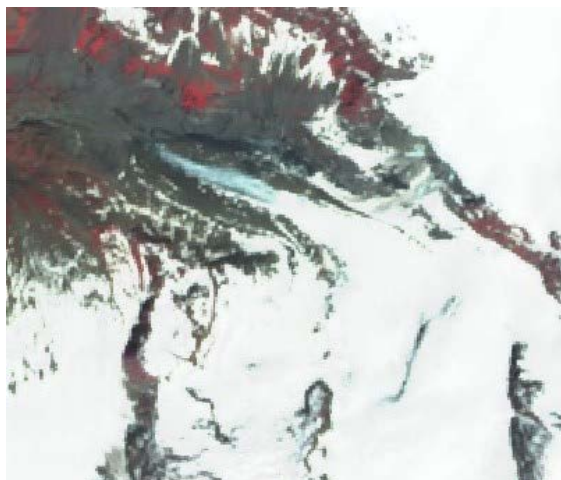
INDICATORE: VARIAZIONE DI LUNGHEZZA DEI GHIACCIAI DELL'ALTO ADIGE

FIG. 15: Variazione di lunghezza cumulata dei ghiacciai altoatesini (Dati: Ufficio idrografico, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

28/06/2016



26/06/2017

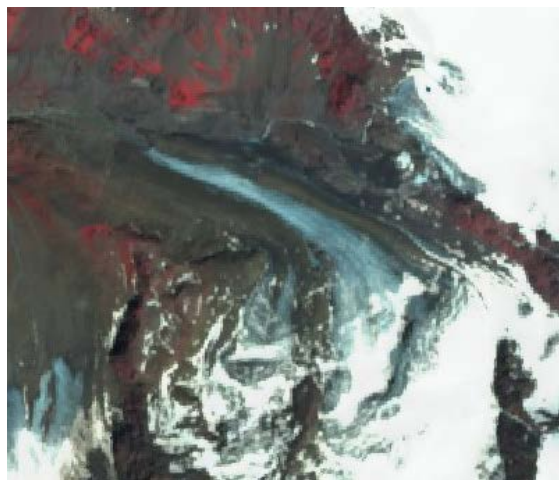


FIG. 16: La Vedretta di Vallengunga a giugno 2016 (a sinistra) e a giugno 2017 (a destra) in una immagine satellitare. A causa delle esigue precipitazioni nevose nell'inverno 2016/17 e delle temperature primaverili elevate a giugno 2017 il ghiacciaio era già praticamente privo di neve. Il ghiacciaio così non è protetto, si scalda maggiormente e di conseguenza si scioglie ancora più rapidamente. (Dati: ESA – Sentinel 2)

nate con neve al suolo (Figura 14). I dati satellitari documentano questo andamento a livello capillare. Negli ultimi 15 anni il trend è negativo. Soprattutto negli inverni che vanno dal 2014 al 2017 l'innevamento nei mesi di dicembre e di gennaio è molto al di sotto della media (Figura 13).

Ghiacciai

I ghiacciai altoatesini si stanno ritirando. A causa delle dimensioni esigue, sono particolarmente esposti al rischio di scioglimento causato dalle temperature più alte. Tra il 1983 e il 1997 la riduzione della superficie è stata del 19,7%; a questa si è aggiunta un'ulteriore perdita dell'11,9% negli anni compresi tra il 1997 e il 2006 (1). I ghiacciai si sono ritirati perdendo, in termini di superficie, da diverse centinaia di metri quadrati a diversi chilometri quadrati, come nel caso della Vedretta di Vallelunga (14). Un ulteriore indicatore del ritiro dei ghiacciai è costituito dal cosiddetto bilancio di massa: questo dato, espresso in millimetri di acqua, indica la quantità di neve e ghiaccio aggiunto

o perso in un anno dal ghiacciaio. Tutti i ghiacciai analizzati dall'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, in collaborazione con l'Università di Innsbruck e il Comitato glaciologico italiano (Ghiacciaio di Fontana Bianca, Vedretta Lunga, Vedretta di Malavalle, Vedretta Pendente, Vedretta occidentale di Ries), registrano da anni un massiccio calo di neve e masse di ghiaccio (3). Fanno eccezione gli anni 2000/01, 2012/13 e 2013/14, durante i quali la massa è leggermente aumentata – soprattutto nel 2013/14 – perché, malgrado temperature superiori alla media, in inverno è nevicato moltissimo.

Anche la copertura nevosa sempre più scarsa in estate contribuisce allo scioglimento dei ghiacciai. Poiché la neve riflette la radiazione solare, protegge i ghiacciai durante l'estate. Per contro, un ghiacciaio sgombro, cioè privo di neve, ha una colorazione scura e una capacità di riflessione otto volte più bassa. Per questo si scalda più velocemente e perde massa.

TRE DOMANDE A ROBERTO DINALE, DIRETTORE SOSTITUTO DELL'UFFICIO IDROGRAFICO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

I ghiacciai si stanno ritirando. È un problema per l'Alto Adige?

Sì e no. Per l'idrografia dell'intero territorio i ghiacciai non ricoprono un ruolo fondamentale nel ciclo dell'acqua. Tuttavia vi sono delle piccole eccezioni, soprattutto nelle valli laterali della val Venosta che fanno parte delle Alpi Venoste. In quelle zone c'è una grande tradizione di utilizzo delle acque provenienti dai territori glaciali e, secondo i nostri calcoli, lì i ghiacciai nei mesi estivi contribuiscono per il 20-30% ai deflussi. Sotto il profilo locale, quindi, il ritiro dei ghiacciai comporta sicuramente dei problemi.

Una quantità minore di neve in inverno significa meno acqua d'estate?

Questo è sicuro. Continueranno ad esserci casi eccezionali di inverni ricchi di neve, ma tendenzialmente le riserve di neve a inverno concluso saranno più scarse di prima; il periodo in cui l'acqua è garantita dalle riserve nevose sarà sempre più breve. E questo ha degli effetti anche per le riserve di acque freatiche che vengono alimentate dallo scioglimento delle nevi. Per questo noi oggi dipendiamo più che in passato dall'acqua allo stato liquido, ovvero dalle piogge.

Ritiene che la siccità in Alto Adige nel 2050 rappresenterà un problema?

Sono fiducioso nel fatto che gli esperti convinceranno i politici ad agire nel concreto, superando con successo i periodi di siccità che saremo senza dubbio chiamati ad affrontare. In ogni caso occorre coordinare ancora meglio la gestione dell'acqua. Da un lato serve più dialogo tra le regioni e le province del bacino idrografico dell'Adige, dalla fonte in Alto Adige fino alla provincia di Rovigo nel suo corso inferiore verso il mare Adriatico. Dall'altro lato bisognerebbe puntare in futuro a una gestione integrata: i grandi serbatoi idrici non dovrebbero servire solo l'economia energetica, ma all'occorrenza venire in aiuto anche dell'agricoltura. Nel contempo le reti di tubature e le tecniche di irrigazione agricola andrebbero ulteriormente ottimizzate, per ridurre le perdite e sfruttare l'acqua in modo efficiente. In questo frangente ogni singolo individuo è chiamato a dare il proprio contributo.



POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Neve

A causa delle temperature più alte in inverno pioverà di più e nevicherà di meno. A ciò si aggiunga che le nevicate inizieranno più tardi, mentre lo scioglimento delle nevi comincerà prima. Questo significa che la permanenza della neve al suolo sarà sempre più breve.

Entro la fine del secolo prevediamo un innalzamento del limite della neve di circa 700 m. A un'altitudine di 1500 m ciò equivale all'80-90% di neve in meno (4).

Ghiacciai

I ghiacciai altoatesini continueranno a sciogliersi e in molti casi spariranno completamente. In uno studio dell'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, Ben Marzeion ha calcolato il possibile ritiro dei ghiacciai causato dal cambiamento climatico (5). In base alle sue stime, più o meno entro il 2050 i ghiacciai si saranno ritirati sopra i 3000 m. A seconda degli scenari, nella seconda metà del XXI secolo i ghiacciai potrebbero ridursi a un quarto della superficie e del volume che avevamo nell'anno 2000 oppure sciogliersi completamente già prima della fine del secolo (5).

Referenze

1. ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), Abteilung Brand- und Zivilschutz - Autonome Provinz Bozen, Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) (a cura di) (2015): Das Klima von Tirol – Südtirol – Belluno. <http://www.alpenklima.eu>
2. Smiraglia, C. e Diolaiuti, G. (2015): Il Nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani - The New Italian Glacier Inventory, Ev-K2-CNR, Bergamo. <http://users.unimi.it/glaciol/>
3. Hydrographisches Amt Bozen (2016): Glacierreport. <http://www.provinz.bz.it/wetter/glacierreport.asp>
4. Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacona, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J., Magnusson, J., Marty, C., Moran-Tejeda, E., Morin, S., Naaïm, M., Provenzale, A., Rabatel, A., Six, D., Stötter, J., Strasser, U., Terzago, S., and Vincent, C. (2017): The European mountain cryosphere: A review of past, current and future issues. The Cryosphere Discussions, <https://www.the-cryosphere-discuss.net/tc-2016-290/tc-2016-290.pdf>
5. Marzeion, B. (2015): Vergletscherungsprojektionen für Südtirol - Bericht an das Hydrographische Amt der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol

Acqua

GIACOMO BERTOLDI



SITUAZIONE GENERALE

L'Alto Adige comprende gran parte del bacino del fiume Adige, il secondo per lunghezza in Italia, e custodisce un patrimonio idrico di fondamentale importanza non solo per la provincia, ma per tutte le regioni a valle.

I dati dell'Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano mostrano che il 43% dell'acqua

che alimenta l'Adige (afflussi) proviene dallo scioglimento di neve e ghiaccio. Questo dato sale fino al 56% per bacini di alta quota come il torrente Aurino (Figura 17) (1). Il contributo dei ghiacciai è modesto (2% all'anno per l'Adige), ma può diventare significativo durante l'estate e nei bacini più in quota.

I bilanci idrici mensili (Figura 18) mostrano come i massimi deflussi avvengano in estate, in giugno. Picchi di portata significativi sono possibili anche in autunno, ma la variabilità tra un anno e l'altro è maggiore.

IMPATTI ATTUALI

I cambiamenti climatici influenzano già oggi la distribuzione dei deflussi nel corso dell'anno e incidono tramite gli eventi naturali estremi, legati per esempio a precipitazioni intense e a ondate di calore.

Deflussi

Il crinale principale delle Alpi rappresenta una importante divisione climatica. A nord, sono aumentati i deflussi nel semestre invernale perché,

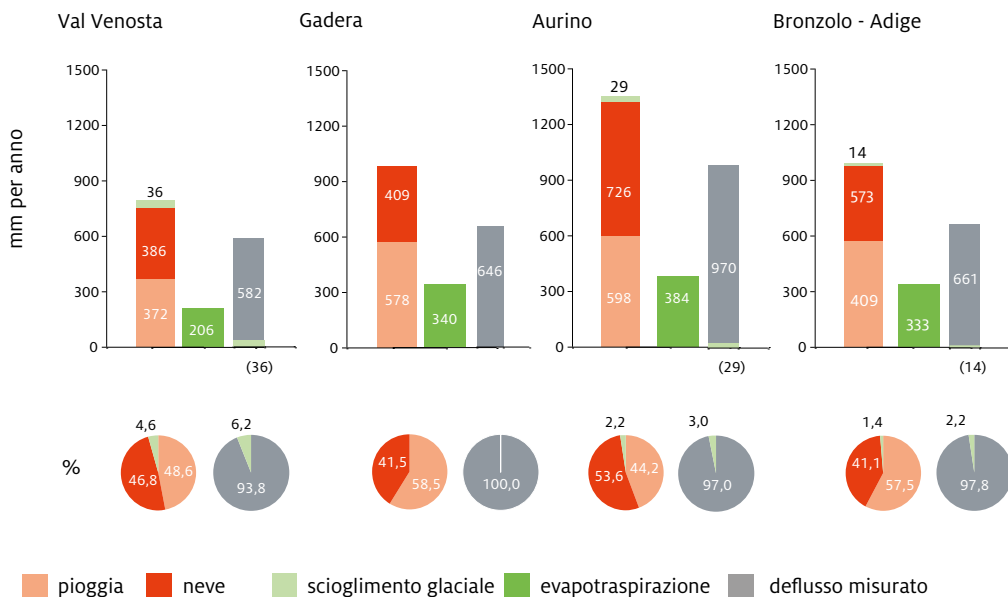


FIG. 17: Bilancio idrologico del fiume Adige e di alcuni affluenti, relativo agli anni 1990-2010. Il bilancio è in millimetri per anno e in percentuale. Sono evidenziati gli afflussi derivanti dalla pioggia, dallo scioglimento della neve e dei ghiacciai, le perdite per evapotraspirazione e i deflussi misurati. (Dati: Ufficio idrografico, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

INDICATORE: MEDIA MENSILE DEL FIUME ADIGE

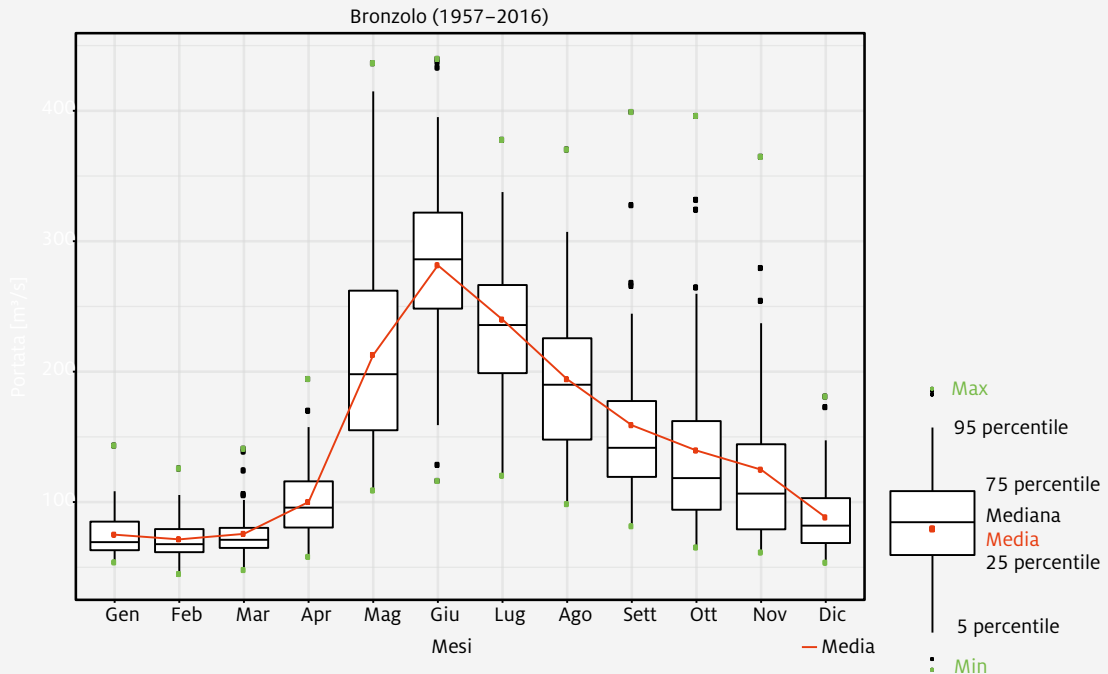


FIG. 18: Andamento della portata media mensile del fiume Adige misurata a Bronzolo (linea rossa, periodo 1957-2016). (Dati: Ufficio idrografico, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

a causa delle temperature più alte, piove di più, nevia meno e solo a quote più alte. A sud, sono diminuiti i contributi ai deflussi estivi perché le temperature sono più alte, piove meno e l'evapotraspirazione provoca maggiori perdite (2). Le osservazioni relative all'Alto Adige confermano questo trend generale, pur con differenze legate ai singoli bacini.

I bacini posti a quote più elevate, con forte apporto nivoglaciale, cioè che ricevono acqua da neve e ghiaccio che si sciolgono, mostrano trend di portata positivi sia in estate, sia in inverno, a causa delle piogge che sostituiscono sempre più spesso le nevicate. In particolare, alcuni bacini come il rio Solda o il rio Saldura registrano deflussi molto generosi in estate: si tratta di "deflussi non rinnovabili" perché frutto dello scioglimento dei ghiacciai (3). Per esempio, durante le giornate di caldo intenso a inizi agosto 2017, lo stesso fiume

Isarco si presentava a pieno regime e con acque lattiginose di provenienza glaciale. Come abbiamo verificato con uno studio svolto in val di Mazia, il ruolo regolatore dei ghiacciai, che forniscono acqua proprio quando a valle ne abbiamo più bisogno, sarà messo in serio pericolo dai cambiamenti climatici (4).

I bacini posti a quote più basse o più ampi hanno trend di portata negativi, specialmente in estate. Se consideriamo come indicatore rappresentativo la portata del fiume Adige a Bronzolo (Figura 19) osserviamo che non ci sono variazioni significative a livello medio annuo. Le considerazioni cambiano se si osservano i dati stagionali: **nel periodo autunnale e invernale la portata è aumentata del 21% dal 1957 a oggi, in estate è diminuita del 20%**. Scendendo verso la foce il trend negativo del fiume Adige si amplia: già a Trento la tendenza è negativa su scala annuale, in Polesine, alla

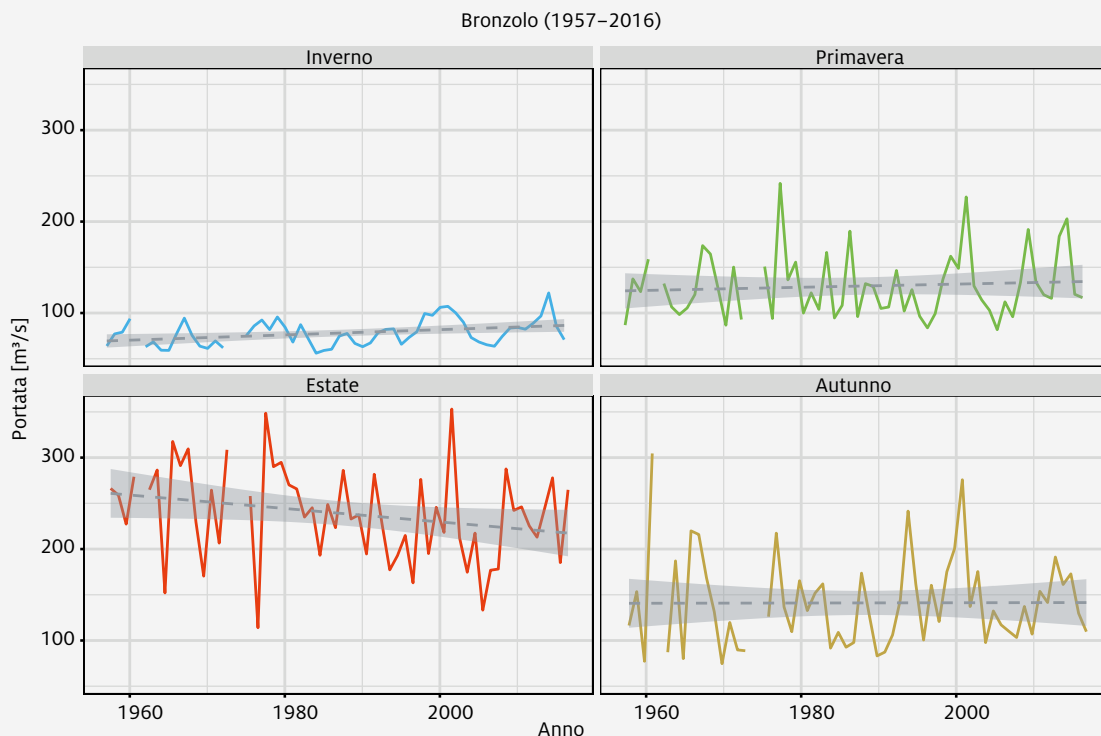
INDICATORE: TREND STAGIONALI DELLA PORTATA MEDIA MENSILE DEL FIUME ADIGE A BRONZOLO

FIG. 19: Trend stagionali della portata media mensile del fiume Adige a Bronzolo (anni 1957-2016).

(Dati: Ufficio idrografico, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione: Eurac Research)

stazione di Boara Pisani, l'Autorità di bacino ha addirittura registrato una riduzione delle portate di quasi il 30% in 100 anni. Del resto, questa tendenza determinata dai cambiamenti climatici va di pari passo con prelievi sempre più intensi di acqua per vari usi, agricolo in prima linea, via via che si scende in pianura (5).

Il cambiamento del regime dei deflussi comporta anche un cambiamento nel regime di trasporto dei detriti solidi. Gli afflussi provenienti dai ghiacciai sciolti infatti portano con sé sempre più sedimenti morenici prima coperti dal ghiaccio. Su queste tematiche sono attive delle ricerche in Alto Adige nell'ambito di progetti internazionali, per esempio lo studio SEDALP (6).

Estremi: situazioni di piena

I dati che abbiamo a disposizione non mostrano un cambiamento nella frequenza degli eventi di

piena estremi. Questo è dovuto anche al fatto che piene estreme con tempi di ritorno pari a 100 anni e più, cioè eventi che gli studiosi si aspettano in media ogni 100 o più anni, sono eventi rari per definizione ed è difficile determinare un trend temporale. La cronaca tuttavia riporta sempre più spesso di piene improvvise di torrenti secondari. Per esempio nel 2012 a Vizzè o nel 2017 a Braies, piene legate a precipitazioni intense e localizzate hanno causato gravi problemi alle infrastrutture e purtroppo anche vittime (→ Infrastrutture di trasporto. p. 96).

Estremi: situazioni di carenza idrica

Il caldo persistente dell'estate 2003 ha mostrato la vulnerabilità delle Alpi: abbiamo perso importanti masse di ghiacciai, lo scioglimento del permafrost ha causato frane (→ Pericoli naturali, p. 58), l'agricoltura ha subito importanti perdite malgr-

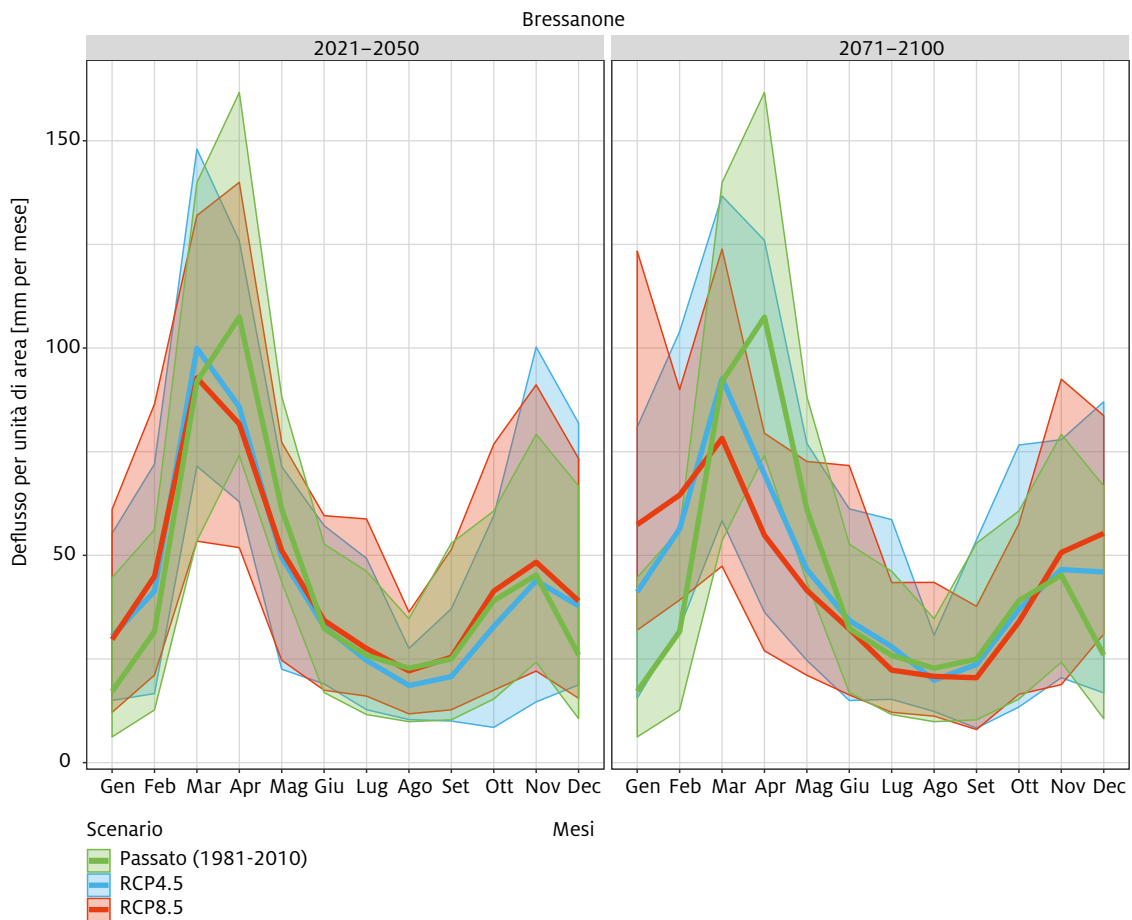


FIG. 20: Produzione di deflusso per unità di area per la zona di Bressanone, espressa in millimetri per mese. Media dei modelli climatici usati in questo studio per il periodo di riferimento storico (linea rossa 1981-2010) e per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per i periodi futuri 2021-2050 e 2071-2000. Questo grafico mostra quanta acqua alimenterà in media i fiumi e i torrenti dell'Alto Adige in futuro, tenuto conto di vari scenari. La linea rossa mostra l'andamento storico dei deflussi. Quella verde le stime di andamento per lo scenario climatico RCP4.5 che prevede un contenimento delle future emissioni. La linea blu mostra lo scenario RCP8.5, *business-as-usual*. Il picco di scioglimento primaverile si riduce ed è sempre più anticipato, mentre aumentano gli apporti idrici in inverno, specialmente verso fine secolo.

do irrigazioni molto più intense e i livelli di falda si sono abbassati. Anche nella siccitosa primavera del 2017, seguita a un inverno poco nevoso, ci sono state situazioni critiche.

Per quanto riguarda la siccità in Alto Adige, le zone più vulnerabili per le ridotte precipitazioni sono la val Venosta e alcune parti della media val Isarco. Alcune località sul Renon, sul Monzoccolo e sull'altipiano del Regglberg (monte Regolo) sono invece più a vulnerabili per le ridotte riserve idriche.

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

A causa delle temperature più alte e del conseguente scioglimento della neve, possiamo facil-

mente prevedere che la stagionalità dei deflussi cambierà ulteriormente. Più incerti sono gli scenari riguardo le precipitazioni (→ Cambiamenti climatici, p. 17). In ogni caso, ogni cambiamento di intensità o distribuzione delle piogge avrà conseguenze notevoli sulle risorse idriche (7).

Deflussi

I deflussi invernali aumenteranno ancora, quelli estivi diminuiranno. Il picco di scioglimento della neve verrà anticipato.

Studi specifici sugli affluenti del bacino dell'Adige (8) mostrano cambiamenti moderati per il periodo 2020-2050 ma molto marcati per il periodo 2050-2070, specialmente per lo scenario climatico



.....
📺 Agosto 2017, il fiume Isarco a pieno regime e lattiginoso: contiene l'acqua disciolta dei ghiacciai.

RCP8.5, che prevede una riduzione drastica dell'innevamento sulle Alpi. Secondo i nostri calcoli, in media, in Alto Adige **il picco di scioglimento potrebbe essere anticipato di un mese.**

Mentre è evidente che i regimi stagionali cambieranno sempre più, il fatto che i deflussi diminuiranno su scala annuale non è confermato da tutte le proiezioni. Infatti per alcuni modelli l'aumento dell'evapotraspirazione dovuta alle temperature elevate sarà compensato parzialmente dall'aumento delle precipitazioni medie annuali. Questo è valido in particolare per i bacini di alta quota. Uno studio su alcuni fiumi che nascono nel gruppo dell'Ortles-Cevedale mostra per il periodo 2040-70 un incremento dei deflussi medi del 5-14%, con

un incremento in inverno del 30-81% e un decremento in estate del 11-21% (9).

Secondo uno studio dell'Università di Innsbruck, in Alto Adige i ghiacciai, sciogliendosi, hanno già dato il loro massimo contributo ai deflussi estivi tra il 2000 e il 2010, con un picco nel 2003 (10). Verso la fine del secolo i deflussi di origine glaciale saranno molto modesti anche nei bacini più elevati.

Estremi: piene

Nonostante il trend generale verso estati più secche, nelle Alpi le piene saranno probabilmente più frequenti. Questo è dovuto al fatto che le piogge saranno più intense anche ad alta quota, dove fi-

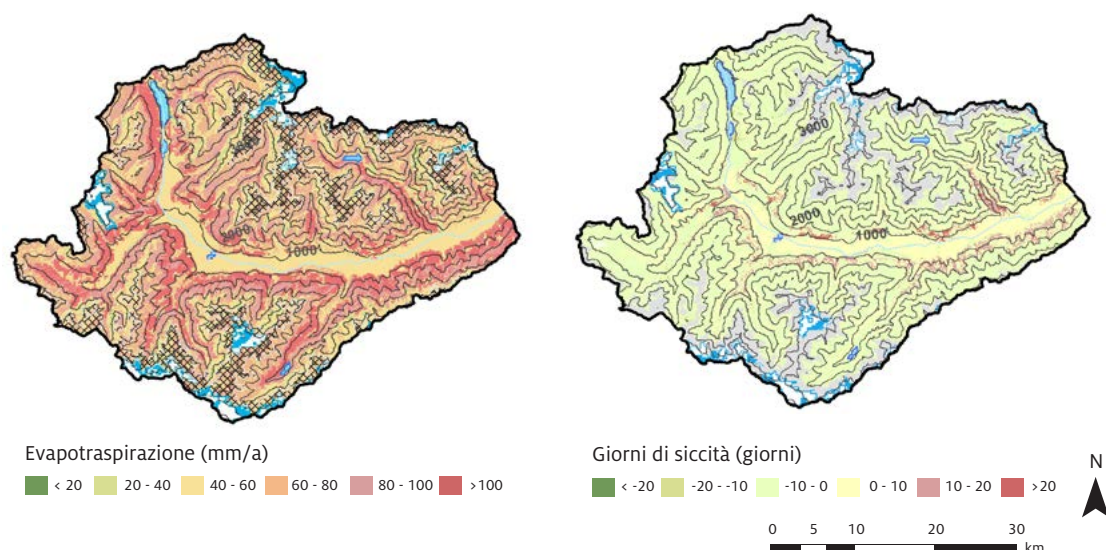


FIG. 21: Le mappe mostrano l'aumento di evapotraspirazione (a sinistra) e di giorni di siccità (a destra) previsti per la fine secolo (periodo 2080-2100) rispetto al periodo 1990-2010. Le mappe, che riguardano la val Venosta, sono state ottenute con il modello idrologico GEOtop. I giorni di siccità sono definiti come giorni con un contenuto d'acqua del suolo limitante per lo sviluppo della vegetazione. - <http://webgis.eurac.edu/hydroalp>

nora registravamo quasi solo precipitazioni nevose (11) (→ Cambiamenti climatici, p. 17). Repentine ondate di caldo potranno anche far sì che nel tardo autunno torni a piovere dove già è caduta la neve; questo provocherà maggiori deflussi di piena. Lo scioglimento del permafrost in quota potrà rendere particolarmente pericolose le piene improvvise, in quanto potranno innescare fenomeni di colate detritiche per via del maggiore sedimento disponibile (→ Pericoli naturali, p. 58). Alcuni fenomeni di questo tipo sono successi recentemente nelle Dolomiti, per esempio nel 2016 sul monte Antelao vicino a Cortina di Ampezzo o nel 2017 a Braies.

Estremi: situazioni di carenza idrica

In generale le proiezioni climatiche mostrano un aumento del rischio di siccità nella regione alpina, specialmente per il versante meridionale. Tutta-

via c'è una notevole incertezza. Con il progetto HydroAlp abbiamo studiato in modo dettagliato il bilancio della val Venosta (Figura 5). I risultati ci mostrano come la minore permanenza della neve al suolo faccia incrementare fino a +25% l'evapotraspirazione. Questo implica a sua volta una riduzione dei deflussi e della ricarica delle falde in regione. Parallelamente, aumenta la domanda idrica per irrigare. Gli scenari che prevedono una riduzione delle precipitazioni estive mostrano una significativa riduzione dell'umidità del terreno durante il periodo vegetativo. I pendii esposti a sud-est sotto quota 1500 metri, dove già ora l'agricoltura dipende fortemente dall'irrigazione, soffriranno più giorni siccitosi.

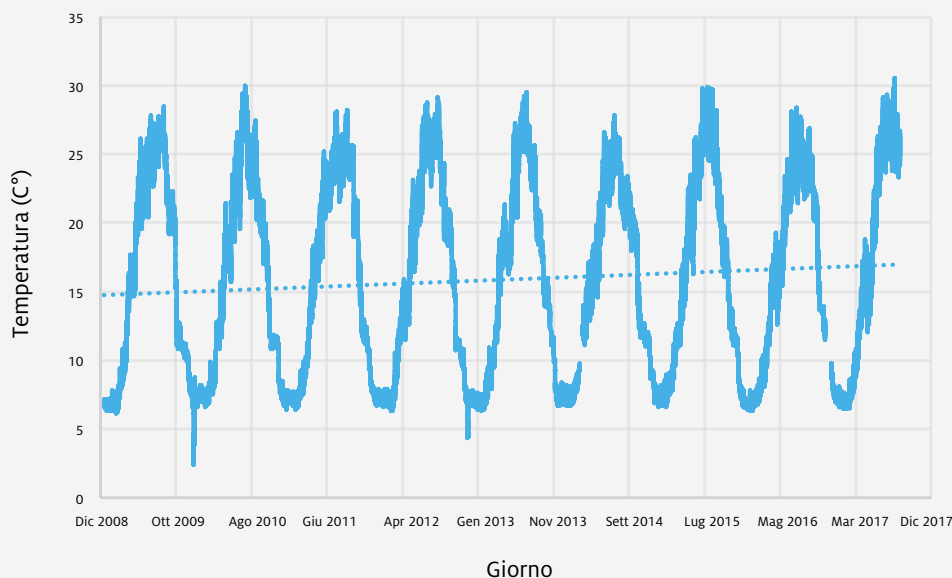
INDICATORE: TEMPERATURA DELL'ACQUA DEL LAGO DI CALDARO

FIG. 22: Temperatura media dell'acqua del lago di Caldaro dal 2009 a oggi. La temperatura più alta degli ultimi dieci anni è stata registrata il 5 agosto 2017: 30.5° C. Seguono i record di 30°C del 16 luglio 2010 e i 29.9° del 23 luglio 2015. Le temperature mostrano un trend in aumento di circa 2°C negli ultimi dieci anni. (Dati: Laboratorio biologico, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

Referenze

- Dinale, R. : Acqua e ghiacciai in Alto Adige Passato, presente e futuro / Wasser und Gletscher in Südtirol: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Corso formazione per docenti, Bolzano/Bozen, 16.11.2016.
- Beniston, M., Farinotti, D, Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacona, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J., Magnusson, J., Marty, C., Moran-Tejeda, E., Morin, S., Naaim, M., Provenzale, A., Rabatel, A., Six, D., Stötter, J., Strasser, U., Terzago, S, and Vincent, C. (2017): The European mountain cryosphere: A review of past, current and future issues. The Cryosphere Discussions, <https://www.the-cryosphere-discuss.net/tc-2016-290/tc-2016-290.pdf>.
- Penna, D., Engel, M., Mao, L., Agnese, A. D., Bertoldi, G., & Comiti, F. (2014): Tracer-based analysis of spatial and temporal variations of water sources in a glacierized catchment. *Hydrol. Earth Sci.*, 18, pp 5271–5288, <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/5271/2014/hess-18-5271-2014.pdf>
- Engel, M., Penna, D., Bertoldi, G., Dell'Agnese, A., Soulsby, C., and Comiti, F. (2016): Identifying runoff contributions during melt-induced runoff events in a glacierized Alpine catchment. *Hydrological Processes*, 30, pp 343-364. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.10577/full>
- Mallucci, S., Majone, B., Bellin A. (2017): Driver detection of water availability changes in a large Alpine river basin. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 19, EGU2017-5551, EGU General Assembly 2017. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-5551.pdf>
- <http://www.sedalp.eu> (Ultimo accesso: febbraio 2018)
- Barnett, T. P., Adam, J. C., & Lettenmaier, D. P. (2005): Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, 438 (7066), pp 303–9. <https://doi.org/10.1038/nature04141>
- Chiogna, G., Majone, B., Cano Paoli, K., Diamantini, E., Stella, E., Mallucci, S., Lencioni, V., Zandonai, F., Bellin, A. (2015): A review of hydrological and chemical stressors in the Adige catchment and its ecological status. *Science of The Total Environment*, 540, pp 429-443, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715303430#>
- Majone, B., Villa, F., Deidda, R., & Bellin, A. (2016): Impact of climate change and water use policies on hydropower potential in the south-eastern Alpine region. *Science of The Total Environment*, 543, pp 965–980. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.009>
- Marzeion, B. et al. (2015): Scenari di deglaciazione in Alto Adige. Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, Report Tecnico.
- Allamano, P., Claps, P., & Laio, F. (2009): Global warming increases flood risk in mountainous areas. *Geophysical Research Letters*, 36(24), <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL041395/full>

Flora e fauna

NIKOLAUS OBOJES, GEORG NIEDRIST



SITUAZIONE GENERALE

Per la varietà di altitudini e il clima favorevole, in Alto Adige cresce una vegetazione molto variegata che spazia dalla flora submediterranea a quella d'alta montagna.

Delle quasi 2300 tracheofite presenti in Alto Adige, circa un quarto è catalogato a rischio di estinzione. La varietà più ampia, ma anche la maggior parte delle specie a rischio, si trova alle quote più basse; al di sopra del limite del bosco le specie in pericolo sono meno, soprattutto grazie al minor sfruttamento antropico. Sono particolarmente a

rischio le specie, come le segetali, che crescono nei terreni ruderali e nei prati magri; queste forme agricole tradizionali sono infatti sempre meno diffuse(1). Anche le specie negli habitat umidi corrono rischi maggiori di scomparire.

Delle quasi 7400 specie animali osservate in Alto Adige, il 40% è considerato a rischio. Come nel caso delle piante, anche per le specie animali il rischio maggiore è nelle fasce collinari e montane, tra i 500 e i 1500 m: l'80% degli animali in pericolo vive in queste zone. Le cause principali sono la distruzione dei biotopi (per il 50% delle specie a rischio) o la loro riduzione (30%), l'agricoltura intensiva (40%) e l'inquinamento idrico o la deviazione delle acque e altre opere di ingegneria idraulica (20%). Il clima e le malattie sono la quinta causa più importante (2). Tra le specie cacciabili le popolazioni di caprioli, cervi e camosci sono costanti o in leggera crescita; si sono insediate nuovamente anche alcune popolazioni di stambecchi. La piccola selvaggina, come la starna o il fagiano, al contrario, si è fortemente ridotta, a causa soprattutto della scomparsa degli habitat e dell'intensificazione dell'agricoltura (3).

IMPATTI ATTUALI

Con l'aumento delle temperature dobbiamo aspettarci che sia le specie animali sia quelle vegetali

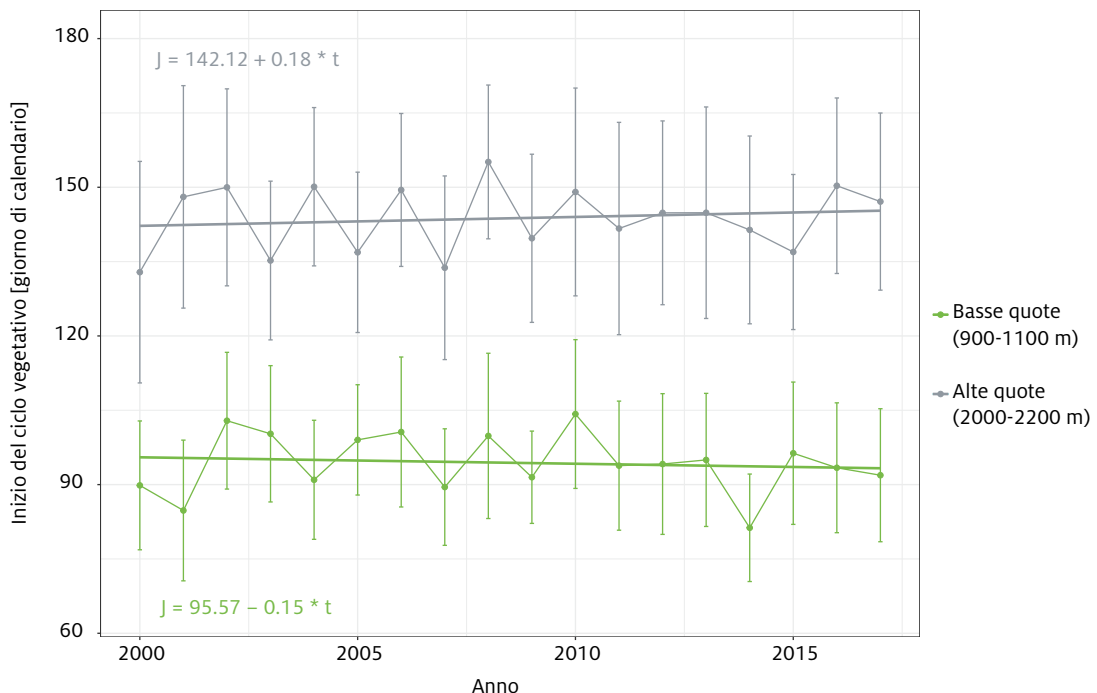
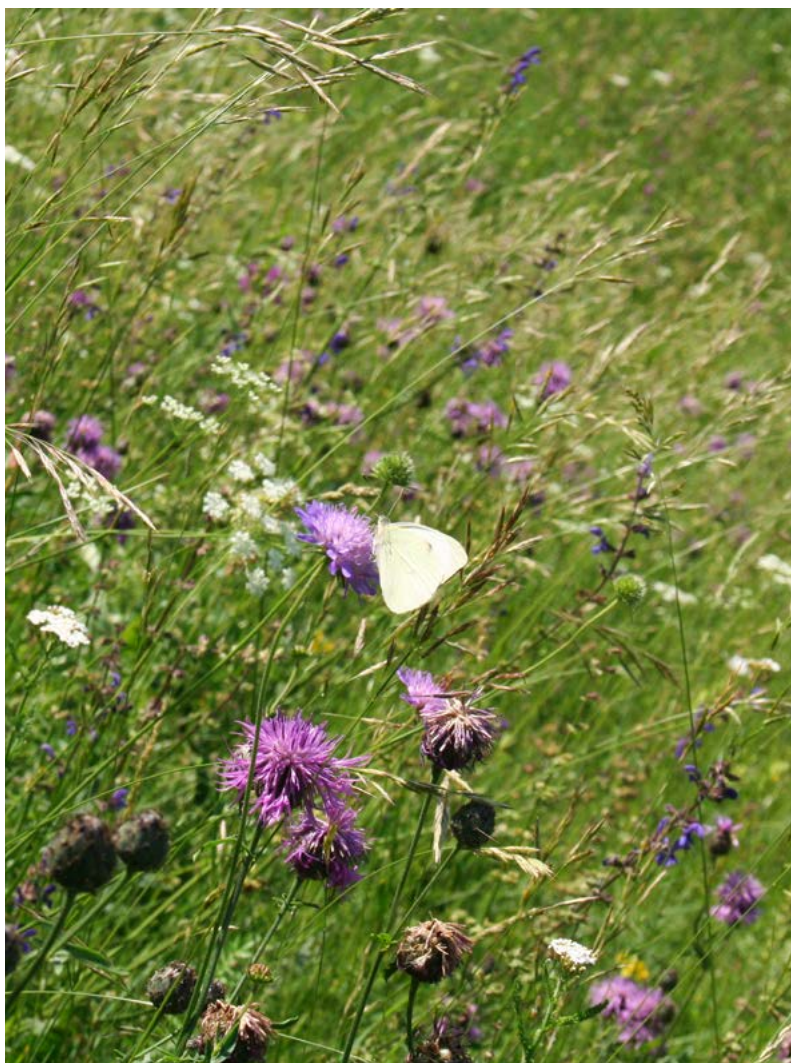


FIG. 23: Inizio della stagione vegetativa dei pascoli in fondovalle (900-1100 m, verde) e in quota (2000-2200 m, blu). (Dati: MODIS, risoluzione: 250 m)

.....
 📷 Più che dai cambiamenti climatici, la biodiversità in Alto Adige è minacciata soprattutto dalle trasformazioni nel settore agricolo, per esempio le colture intensive o per contro l'abbandono.



estendano i loro habitat a quote più alte. Per quanto riguarda la flora, questa evoluzione è già in atto da circa 20 anni, sia sulle Dolomiti che nel Gruppo di Tessa, come è stato dimostrato dai risultati del progetto di ricerca internazionale GLORIA. Il risultato è che la biodiversità sta attualmente aumentando sulle Alpi: dalle altitudini inferiori arrivano nuove specie e la maggior parte delle specie finora presenti, nonostante le condizioni più difficili, sopravvive grazie a cicli vitali più lunghi o alla moltiplicazione vegetativa, come per esempio gli stoloni (4).

La stagione dei pollini è anticipata, anche se questo fenomeno si verifica prevalentemente nelle piante a fioritura precoce (Figura 24).

I dati satellitari mostrano come in tutta Europa lo sviluppo vegetativo inizi prima (5); per l'Alto Adige tuttavia non sono ancora disponibili una serie di dati e dati satellitari sufficienti per poter confermare questa tendenza (Figura 23). Va comunque detto che il cambiamento delle fasi del ciclo vegetativo è chiaramente confermato da osservazioni pluriennali nel campo della frutticoltura e viticoltura (→ Agricoltura, p. 73 e → Selvicoltura, p. 78).

La fauna vive cambiamenti simili. Ripetute analisi condotte sulle cicale in due siti a 550 e 1770 m hanno dimostrato che le specie e gli individui degli habitat a quota più alta sono aumentati grazie all'arrivo di specie che normalmente prediligono temperature più alte. Per contro, le popolazioni insediate a quote più basse si sono ridotte a causa di

INDICATORE: INIZIO DELLA STAGIONE POLLINICA



FIG. 24: Inizio della stagione pollinica in tre siti in Alto Adige nel periodo 1994-2017. (Dati: Agenzia provinciale per l'ambiente, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

una sempre maggiore siccità e della conseguente scarsità di foraggio (6). Anche per quanto riguarda gli uccelli osserviamo un fenomeno simile: alcune specie si spingono ad altitudini maggiori, come i merli e i codirossi al di sopra del limite del bosco, e le specie meridionali si espandono verso nord. Gli uccelli migratori stanno modificando le loro rotte oppure, come nel caso dell'airone grigio, svernano in Alto Adige (7).

I cambiamenti climatici svolgono un ruolo importante anche in relazione all'insediamento e alla

diffusione delle neofite invasive, ovvero le piante esotiche che soppiantano la flora locale, come il pànace gigante, la fallopia japonica, la balsamina ghiandolosa, il solidago canadese, la robinia, l'ailanto o l'ambrosia artemisiifolia.

Le temperature più alte stimolano la crescita e la propagazione di molti agenti patogeni o vettori e favoriscono così il proliferare di parassiti come il moscerino dei piccoli frutti (*drosophila suzukii*) o la vespa del castagno (*dryocosmus kuriphilus*) e la diffusione di malattie come il deperimento dei frassini, che si osserva in Alto Adige dal 2011. In



.....
 I cambiamenti climatici favoriscono la diffusione di piante e animali non autoctoni, come la balsamina ghiandola (sopra) o il cinipide del castagno (sotto).

ogni caso, la causa principale della propagazione di specie esotiche, più rilevante di ogni processo naturale, è il traffico di merci a livello globale.

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Temperature in aumento e conseguenti cicli vegetativi più lunghi, insieme a gelate invernali localmente meno rigide e più rare, avranno come conseguenza l'aumento dell'immigrazione, dell'insediamento e della diffusione di specie che prediligono temperature più calde. Ci aspettiamo ulteriori spostamenti verso quote più alte sia per la flora che per la fauna. Nel momento in cui una fuga verso l'alto non sarà più possibile, la grande varietà dei rilievi alpini fornirà comunque alle specie che meglio si adattano al freddo delle piccole nicchie in cui sopravvivere al riscaldamento. Ciononostante la frammentazione delle popolazioni e la pressione data dalla maggiore concorrenza potrebbero portare all'estinzione di alcune specie.

Nelle vallate la siccità svolgerà probabilmente un ruolo sempre più importante (Figura 21, p. 22): le piante saranno sempre più vulnerabili di fronte agli agenti patogeni e agli insetti nocivi e gli erbivori dovranno affrontare il problema di una sempre più scadente qualità del foraggio.

Anche nei corsi d'acqua assisteremo a uno spostamento degli habitat verso l'alto: le specie che prediligono particolarmente il freddo diminuiranno e si diffonderanno le alghe azzurre tossigene, cianobatteri, soprattutto nelle acque ferme e stagnanti.

Il prolungamento del periodo vegetativo, che a prima vista può sembrare un vantaggio per molte specie vegetali, potrà portare a una **maggiore sensibilità nei confronti delle gelate tardive**. Inoltre gli insetti nocivi, per esempio il bostrico, ne ricaveranno il vantaggio di potersi riprodurre ripetutamente durante un singolo periodo vegetativo. Lo spostamento delle fasi di crescita e attività potrà infine portare anche a disturbi di sincronizzazione tra piante ospiti e insetti. È il caso della tortrice del larice: le alte temperature causano una sincronizzazione non più ottimale del momento di schiusa delle larve di tortrice e dell'apparizione dei germogli del larice (8). Anche i parassiti di cova come il cuculo avranno vita difficile nella ricerca di nidi adatti alle loro esigenze se i loro uccelli ospiti in futuro anticiperanno il periodo di cova.

In generale si può dire che i vincitori nella gara all'adattamento ai cambiamenti climatici saranno i generalisti e le specie o le famiglie amanti del caldo come i rettili, capaci di adattarsi e di poche pretese. Le specie con caratteristiche di adattamento specifiche come le specie endemiche e i

gruppi con particolari esigenze di habitat e ridotta mobilità saranno al contrario le vittime predestinate dei cambiamenti climatici.

Tuttavia, in regioni fortemente antropizzate come l'Alto Adige, lo sfruttamento umano praticato fino a ora ha esercitato un'influenza di gran lunga maggiore sulla flora e sulla fauna rispetto ai cambiamenti climatici, e a breve e medio termine la situazione resterà così. **Le specie che già sono minacciate dalle attività umane trovano piuttosto nei cambiamenti climatici un pericolo aggiuntivo.** Questo specialmente nelle aree di alta montagna che sono state finora risparmiate dall'influenza dell'uomo.

Referenze

1. Wilhalm, T. und Hilpold, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Gefäßpflanzen Südtirols. Gredleriana, 6, pp 115–198, https://www.zobodat.at/stable/pdf/Gredleriana_006_0115-0198.pdf
2. Gepp, J. (1994): Rote Liste gefährdeter Tierarten Südtirols. Bozen, <http://www.provinz.bz.it/natur-raum/themen/rote-liste-gefaehrdete-tiere.asp>
3. <http://www.provinz.bz.it/forst/wild-jagd/jagd-suedtirol.asp> (Ultimo accesso: febbraio 2018)
4. Mallaun, M., Unterluggauer, P. und Erschbamer, B. (2013): Gipfflora im Wandel - Das Projekt GLORIA in Südtirol. http://naturparks.provinz.bz.it/downloads/Broschuere_Unter_der_Lupe.pdf
5. Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, I., Jatczak, K., Mage, F., Mestre, A., Nordli, O., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remisová, V., Scheffinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A. J. H., Wielgolaski, F.-E., Zach, S. und Züst, A. (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12(10), pp 1969-1976, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x/full>
6. Carl, M. (2008): Biomonitoring der Zikadenfauna (Auchenorrhyncha) in alpinen Wald-Ökosystemen Südtirols auf den Dauerbeobachtungsflächen IT01 Ritten und IT02 Montiggel im Jahre 2006. *forest observer*, 4, pp 249 – 292, <http://www.dr-carl-institut.de/2008carlforestobserver4.pdf>
7. Unterholzner, L. (2016): Klimawandel – Gewinner und Verlierer. *AVK-Nachrichten*, 67, 34–35, http://www.vogelschutz-suedtirol.it/fileadmin/user_upload/pdf/avk-nr67-2016.pdf
8. Johnson, D. M., Büntgen, U., Frank, D. C., Kausrud, K., Haynes, K. J., Liebhold, A. M., Esper, J. and Stenseth, N. C. (2010): Climatic warming disrupts recurrent Alpine insect outbreaks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(47), <http://www.pnas.org/content/107/47/20576.full>

Suolo

JULIA SEEBER



SITUAZIONE GENERALE

Il suolo sotto i nostri piedi rappresenta l'interfaccia tra la litosfera, cioè lo strato roccioso della Terra, l'idrosfera, l'atmosfera e la biosfera. È una struttura estremamente articolata, che si compone di molti elementi interconnessi: componenti minerali e organici, radici, microorganismi, animali. La formazione e lo sviluppo del suolo richiedono molto tempo: a seconda dell'altitudine e delle condizioni climatiche possono trascorrere diverse centinaia di anni prima che si formi un centimetro di suolo nuovo.

IMPATTI ATTUALI

Grazie alla sua composizione, il suolo attutisce molti degli impatti ambientali e reagisce lentamente ai cambiamenti. Perfino un anno eccezionalmente caldo e secco, come è stato il 2003 in Alto Adige, non ha avuto effetti diretti sulla struttura di un terreno allo stato naturale, cioè non coltivato in modo intensivo. Gli animali reagiscono a estati particolarmente calde rifugiandosi temporaneamente negli strati più profondi. I valori dell'umidità del suolo reagiscono in modo più sensibile ai cambiamenti. Per esempio, dal monitoraggio che abbiamo svolto in val di Mazia dal 2009 emerge che in primavera e in estate non ci sono variazioni significative; in autunno invece l'umidità è diminuita negli ultimi tre anni. Per previsioni di lungo periodo abbiamo però bisogno che le misurazioni si protraggano per più anni (Figura 25).

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Non possiamo fare affermazioni generalizzate sugli impatti dei cambiamenti climatici sul sistema suolo e sulla sua biosfera. Le ragioni sono diverse: i tempi lenti di formazione, le molteplici interazioni e il fatto che, specialmente in un'area montana



Il lombrico *rubellus*: uno degli abitanti del suolo altoatesino

come l'Alto Adige, il tipo di suolo è molto variabile nello spazio.

Effetti sul suolo e sulla sua evoluzione

Processi come l'erosione e la mineralizzazione, fino ad oggi rallentati dal freddo, in generale aumenteranno (1), causando un'evoluzione accelerata del terreno. Assisteremo a un cambiamento della temperatura e dell'umidità dell'humus; nei luoghi umidi la sostanza organica si decomporrà più rapidamente, mentre questo processo sarà più lento nei luoghi asciutti.

Particolarmente importante sarà inoltre il ruolo svolto dallo scioglimento del permafrost e dei ghiacciai (→ Neve e ghiacciai, p. 38). Là dove la pedogenesi, cioè la formazione di suolo, era finora ostacolata dallo strato di ghiaccio permanente, ora può avere inizio grazie al riscaldamento climatico.

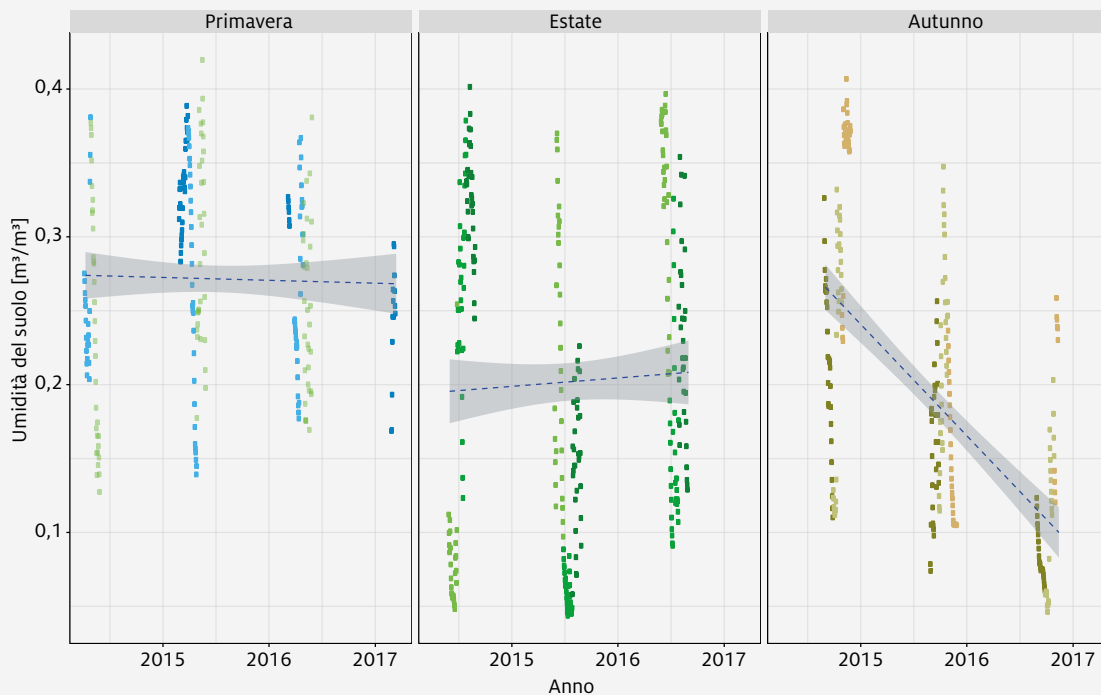
INDICATORE: UMIDITÀ DEL SUOLO IN VAL VENOSTA

FIG. 25: Mentre in primavera e in estate non sono riscontrabili variazioni, il contenuto idrico del suolo si è ridotto sensibilmente negli ultimi tre anni. Tuttavia, per poter fornire previsioni più a lungo termine, la serie di misurazioni dovrà continuare ancora per molti anni. (Dati, elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

Effetti sul ciclo del carbonio

L'accelerazione dei processi legati alla pedogenesi, finora ostacolati dalle basse temperature, e lo scioglimento del permafrost avranno vasti effetti a livello globale sul ciclo del carbonio e dell'azoto (2-4). Una gran parte (> 75%, vale a dire 775 Gt) delle riserve mondiali di carbonio è immagazzinata nel terreno sotto forma di radici e sostanze organiche. Il suolo agisce dunque da serbatoio del carbonio (→ Il bosco come serbatoio di carbonio, p. 35): assorbe CO₂ dall'atmosfera e la accumula, in parte per lunghi periodi, all'interno di humus difficilmente disaggregabile. Il riscaldamento del terreno può destabilizzare questa funzione di assorbimento: i microbi diventano più attivi e si diffondono, trasformando maggiori quantità di sostanza organica - fresca e vecchia - in CO₂ che viene emessa dal suolo. Questo processo tuttavia è contrastato dalla fotosintesi delle piante, anch'essa più attiva, che cattura e rilascia nel terreno maggiori quantità di CO₂.

Se i nostri terreni fungeranno anche in futuro da

bacini di assorbimento del carbonio o se al contrario diventeranno fonti di carbonio, è un tema su cui la comunità scientifica oggi è divisa. Troppi fattori, in parte ancora inesplorati, rivestono un ruolo importante in questo processo.

Uno di questi fattori è la disponibilità idrica: in particolare i terreni paludosi ricchi di torba si stanno trasformando in fonti di carbonio a causa del riscaldamento e del loro conseguente prosciugamento. Poiché però l'Alto Adige, a differenza del Nord Europa, non dispone di grandi superfici di questo tipo, qui questo aspetto è trascurabile. Anche lo scioglimento del permafrost, che rappresenta un grande serbatoio di carbonio, in Alto Adige non riveste una grande importanza in riferimento al bilancio del ciclo del carbonio, perché questo terreno copre solo il 5% circa della superficie totale. Quest'ultima è invece rivestita per il 45,5% dai boschi (5), che funzioneranno anche nel prossimo futuro come serbatoi di carbonio a lunga scadenza, almeno fintanto che resteranno sani.

L'aumento annunciato a livello globale di gas metano nel suolo non si verificherà in Alto Adige, a differenza delle regioni situate più a nord, perché il metano si forma solo in presenza di condizioni anaerobiche, in particolare nel permafrost in fase di scioglimento (→ Permafrost, p. 63).

Effetti indiretti su fauna e flora

Alte temperature, scarse precipitazioni e un maggior contenuto di CO₂ porteranno allo spostamento della flora a quote più alte (→ Flora e Fauna, p. 50). Per gli abitanti del suolo, in particolare per gli organismi demolitori, ciò comporta una maggiore densità di radici, un aumento della biomassa legnosa e di conseguenza un cambiamento – generalmente un peggioramento – dell'offerta alimentare (6). I tassi di degradazione aumenteranno e di conseguenza le sostanze organiche saranno sempre più scarse, in particolare alle quote più alte. Questi effetti verranno compensati in parte dall'aumento della biomassa legnosa, che si decompone meno facilmente.

Effetti diretti su fauna e flora

Nemmeno per flora e fauna del suolo è possibile descrivere un trend generale (7). Il prolungamento del periodo vegetativo potrebbe avere sia effetti diretti che indiretti: il primo potrebbe essere l'aumento della densità di individui. Un minor numero di giornate di gelo consentirebbe infatti a molti animali presenti nel terreno di sopravvivere più facilmente all'inverno, cosicché già in primavera, all'inizio del periodo vegetativo, il numero di individui sarà più alto. Ciò avrà peraltro un effetto negativo: anche i parassiti che svernano nel terreno non si ridurranno, ma anzi si moltiplicheranno.

È vero anche che il suolo, meno protetto dalla neve, tenderà a ghiacciare più facilmente.

Le specie alpine che si sono nel tempo adattate a cicli vegetativi più brevi approfitteranno delle temperature in crescita per diffondersi più agevolmente a quote più alte. In generale il trend si sposterà dalle specie specialiste verso specie generaliste ad ampia diffusione (8) (→ Flora e fauna, p. 50). Per quanto riguarda i microbi, il riscaldamento e le minori precipitazioni potrebbero portare a uno spostamento da una comunità dominata da batteri a una dominata da funghi, cosa che favorirebbe gli organismi micofagi. Tuttavia non tutte le specie possiedono strategie efficaci per adattarsi ai cambiamenti climatici. In particolare, gli animali che vivono sopra o appena sotto la superficie del suolo sono fortemente colpiti dal riscaldamento e dalla siccità. Gli animali che dipendono dalla presenza di acqua di superficie, come gli enchitrei, si ritireranno negli strati più profondi del terreno;

altri, come per esempio i lombrichi, migreranno in zone più alte. Le specie animali che vivono già nelle zone più alte invece, non avendo altre possibilità di migrazione, saranno probabilmente le prime vittime dei cambiamenti climatici. Poco si sa degli impatti diretti dei cambiamenti climatici sulla flora e fauna del suolo in Alto Adige. In uno studio che abbiamo condotto in val di Mazia abbiamo osservato un evidente incremento di biodiversità fino ai 2000 m e una notevole riduzione fino ai 2500 m. Una ripetizione dello studio tra dieci anni potrà fornire maggiori informazioni sugli impatti delle temperature più alte sul suolo e gli organismi in esso presenti.

Referenze

- Geitner, C. (2007): Böden in den Alpen – Ausgewählte Aspekte zur Vielfalt und Bedeutung einer wenig beachteten Ressource. In: Borsdorf, A. und G. Grabherr (Hrsg.) (2007): Internationale Gebirgsforschung, IGF-Forschungsberichte, 1, pp 56 – 67, http://www.mountain-research.at/images/Publikationen/band_1/igf_geitner_56-67.pdf
- Trumbore S. E. und Czimczik C. I. (2008): An Uncertain Future for Soil Carbon. *Science* 321, pp 1455-1456.
- Reichstein, M., Bahn, M., Ciais P., Frank, D., Mahecha, M. D., Senneviratne, S. I., Zscheischler, J., Beer, C., Buchmann, N., Frank, D. C., Papale, D., Rammig, A., Smith, P., Thonicke, K., Van der Velde, M., Vicca, S., Walz, A. und Wattenbach, M. (2017): Climate extremes and the carbon cycle. *Nature*, 500, pp 287-295, <https://www.nature.com/articles/nature12350>
- Classen, A. T., Sundqvist, M. K., Henning, J. A., Newman, G. S., Moore, J. A. M., Cregger, M. A., Moorhead, L. C. and Patterson, C. M. (2015): Direct and indirect effects of climate change on soil microbial and soil microbial-plant interactions: What lies ahead? *Ecosphere*, 6(8), pp 1-21, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES15-00217.1/epdf>
- <http://www.provinz.bz.it/land-forstwirtschaft/wald-holz-almen/wald-in-suedtirol/suedtirols-wald-flaechen.asp> (Ultimo accesso: febbraio 2018)
- Seeber, J., Langel, R., Meyer, E., Traugott, M. (2009): Dwarf shrub litter as a food source for macro-decomposers in alpine pastureland. *Applied Soil Ecology*, 41(2), pp 178-184, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139308001698#>
- Blankinship, J. C., Niklaus P. A., Hungate B. A. (2011): A meta-analysis of responses of soil biota to global change. *Oecologia*, 165(3), pp 553–565, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-011-1909-0>
- Clavel, J., Julliard, R., Devictor, V. (2011): Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(4), pp 222-228, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/080216/epdf>

Pericoli naturali

STEFAN SCHNEIDERBAUER, ROMY

SCHLÖGEL, CHRISTIAN KOFLER

CON LA COLLABORAZIONE DI **VOLKMAR MAIR**



SITUAZIONE GENERALE

Da sempre i pericoli naturali fanno parte della vita nelle Alpi. Eventi come l'enorme smottamento del Piz Cengalo in Svizzera nell'agosto 2017 o la disastrosa inondazione del 1966 in provincia di Bolzano ci dimostrano una volta di più quanto può essere distruttiva la forza della natura. Effettivamente il rapporto con questi pericoli ha una lunga tradizione nelle società dei paesi alpini. La popolazione altoatesina è esposta a diversi pericoli naturali, tra i quali spiccano le frane e i pericoli idraulici, quali colate detritiche, smottamenti, inondazioni e valanghe. La maggior parte di questi pericoli è strettamente legata alle condizioni atmosferiche o al clima, di conseguenza i cambiamenti climatici possono influenzarne l'intensità e la frequenza. Accanto alle condizioni climatiche e agli eventi atmosferici estremi vi sono tuttavia molti altri fattori che svolgono un ruolo importante, come per esempio la copertura vegetale, le condizioni geologiche e pedologiche o il grado di impermeabilizzazione del suolo.

IMPATTI ATTUALI

Già oggi possiamo osservare come l'aumento delle temperature porti allo scioglimento dei ghiacciai (→ Neve e ghiacciai, p. 38) e a uno spostamento delle zone di permafrost, ovvero delle regioni con suolo perennemente ghiacciato, verso altitudini maggiori. Questa transizione delle regioni glaciali e periglaciali al di sopra dei 2000 m di altitudine ha due conseguenze particolarmente significative. La prima è che i processi di scioglimento liberano sedimenti che possono causare un incremento delle attività franose (1-3). Il trasporto di mag-

giori quantità di sedimenti nei fiumi alpini è un problema anche perché accelera il processo di interrimento dei bacini. Inoltre i pendii diventano instabili nel momento in cui i terreni che un tempo erano costantemente ghiacciati si sciolgono e aumentano così i crolli e gli smottamenti (4,5). Nell'estate del 2016, per esempio, 500 metri cubi di roccia si sono staccati dalla Piccola Croda Rossa nelle Dolomiti di Sesto, causando una delle frane più imponenti osservate fino ad oggi in Alto Adige. Il fatto che anche a quote elevate nevichi meno e piova di più, rafforza questo fenomeno: la pioggia aumenta l'umidità del suolo e ne aumenta la temperatura (6-8).

Nel caso della caduta massi verificatasi nel gennaio del 2014 sulla strada statale che da Sluderno porta a Tubre in val Monastero sono state probabilmente proprio delle instabilità dei pendii causate dalle precipitazioni a scatenare l'evento decisivo. Come conseguenza di questa caduta massi la strada è stata deviata, la località di Tubre è rimasta isolata dall'Alto Adige per parecchi giorni e il traffico è stato indirizzato attraverso il ben più lontano Passo Resia e l'Engadina. Un altro esempio è lo scivolamento del versante Crèp de Sela, franato nell'agosto del 2016 nel comune di Corvara. Quali cause scatenanti di questo evento sono indicate le forti precipitazioni della primavera e dell'estate del 2016, nonché lo scioglimento del permafrost (9). Simili eventi sensazionali sono tuttavia piuttosto rari. Spesso crolli di questo tipo si verificano lontano dai centri abitati e il loro potenziale di danno è relativamente basso; di frequente non vengono nemmeno percepiti o documentati (→ intervista a Volkmar Mair, p. 64).

La seconda importante conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai è rappresentata dai laghi proglaciali che si formano per l'azione di sbarramento di una morena o di una diga naturale; questi laghi potrebbero svuotarsi improvvisamente, causando le cosiddette "alluvioni catastrofiche". In Alto Adige questo fenomeno, conosciuto come GLOF (Glacier Lake Outburst Flood), non rappresenta al momento una grande minaccia per via delle dimensioni relativamente ridotte dei ghiacciai. Potrebbe tuttavia acquistare rilevanza in seguito al ritiro dei ghiacciai (→ Alluvioni da laghi glaciali, p. 59).

Sebbene siano comprovate le connessioni tra clima e pericoli naturali, non conosciamo ad oggi tendenze statisticamente dimostrabili secondo cui i processi pericolosi diventino più frequenti o assumano dimensioni maggiori a causa dei cambiamenti climatici. Se per esempio confrontiamo l'insorgenza stagionale di eventi pericolosi come colate detritiche, scivolamenti di versante, cadute di massi ed esondazioni con il numero di

giorni in cui si sono verificate precipitazioni pari o superiori ai 30 mm, non riscontriamo tendenze all'aumento né per i giorni con precipitazioni intense, né per gli eventi pericolosi (Figura 26). Ciò dipende anche dal fatto che in Alto Adige la documentazione sistematica e standardizzata degli eventi pericolosi è iniziata solo circa 20 anni fa. Se da un lato i dati disponibili sono eccellenti rispetto alla situazione di altre regioni alpine, d'altra parte questa serie temporale non è sufficiente per poter fare delle affermazioni statisticamente

significative. I dati disponibili non permettono nemmeno di dimostrare una connessione univoca tra pericoli naturali e clima. Quello che possiamo comunque dedurre è un andamento stagionale: gli eventi di caduta di massi si verificano in maniera relativamente uniforme nell'arco delle stagioni, le colate detritiche e gli scivolamenti dei versanti invece sottostanno a una dinamica stagionale, con un maggior numero di eventi in estate e all'inizio dell'autunno, quando le precipitazioni sono più intense e le temperature più alte.

INONDAZIONE DA LAGO GLACIALE SU PASSO GELATO IN VAL DI FOSSE (1 E 4 AGOSTO 2017)

Il 1 e il 4 agosto 2017 si sono verificate in val di Fosse, nel Gruppo di Tessa, due colate detritiche provocate probabilmente da una inondazione da lago glaciale.

Sciogliendosi, il ghiacciaio di Schalfferner aveva infatti creato un lago proglaciale sulla cresta

del Passo Gelato e questo lago, esondando, ha presumibilmente provocato le colate detritiche. Serie le conseguenze: l'incisione del letto del torrente nel corso superiore, un considerevole scarico di materiale detritico nel corso inferiore, la distruzione di un ponte per escursionisti.



 Lago glaciale sul Passo Gelato. Foto e dati dell'Agenzia per la protezione civile di Bolzano.

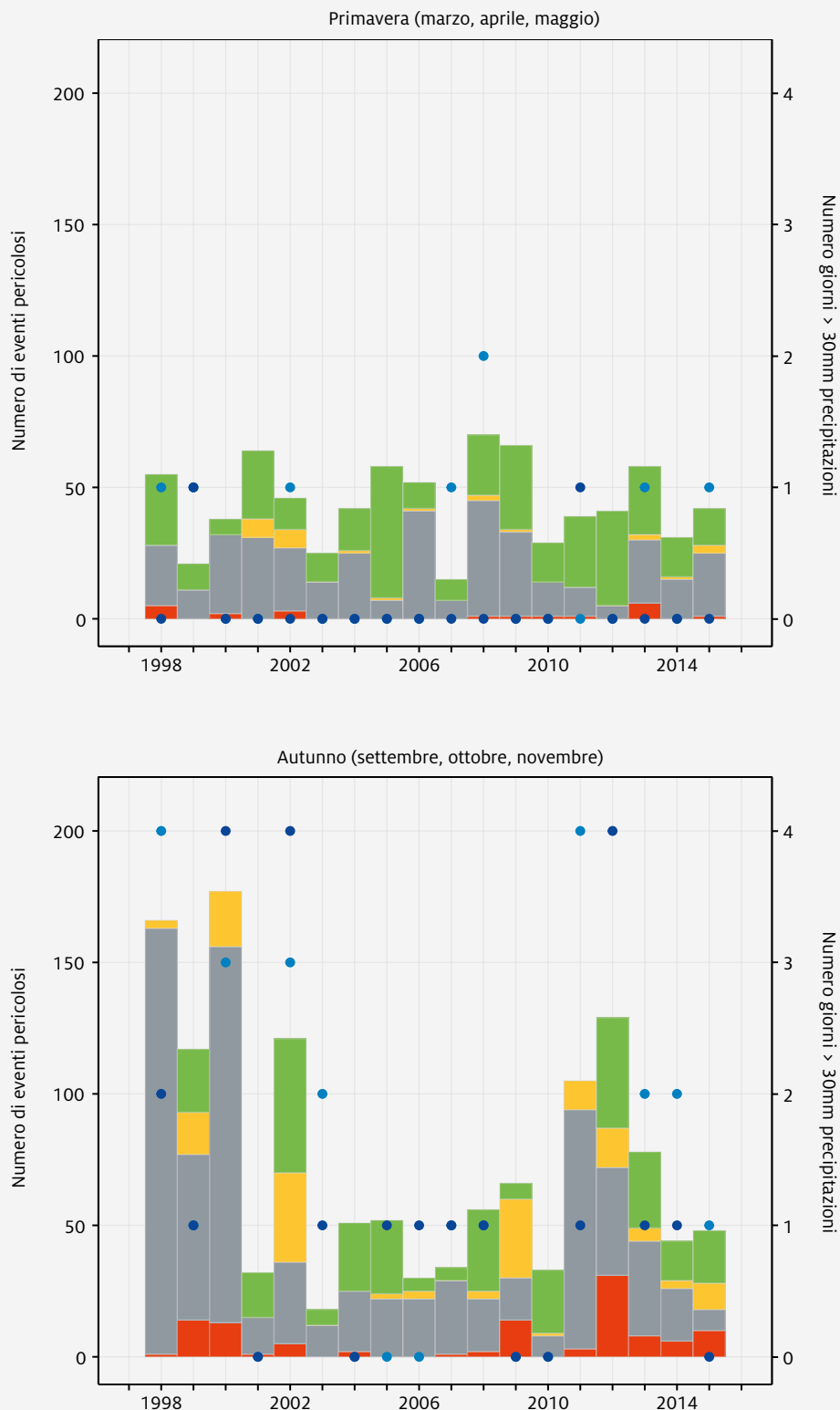
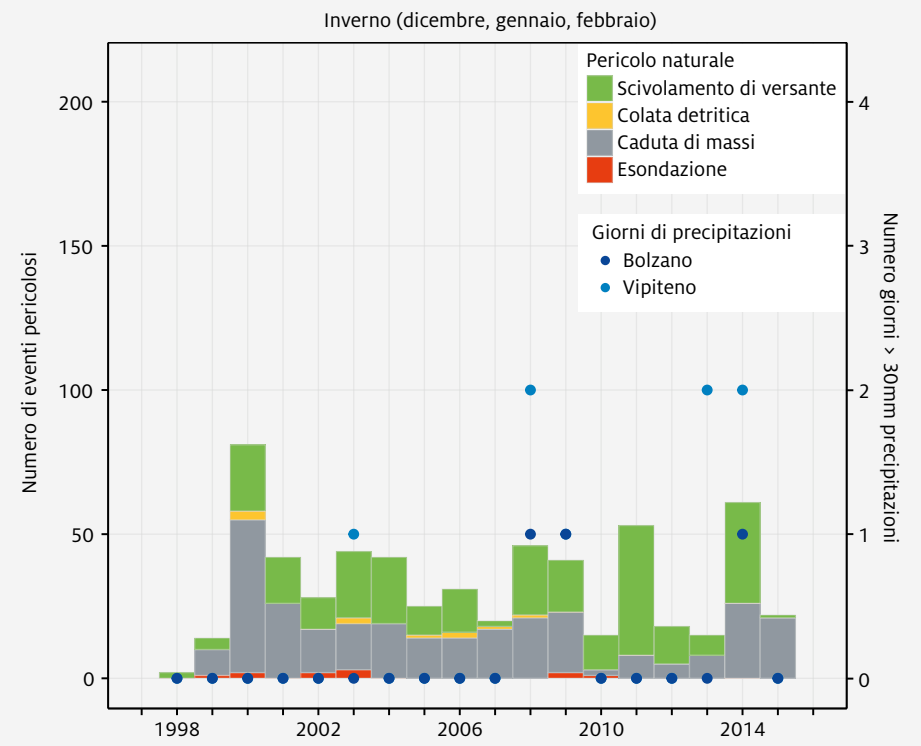
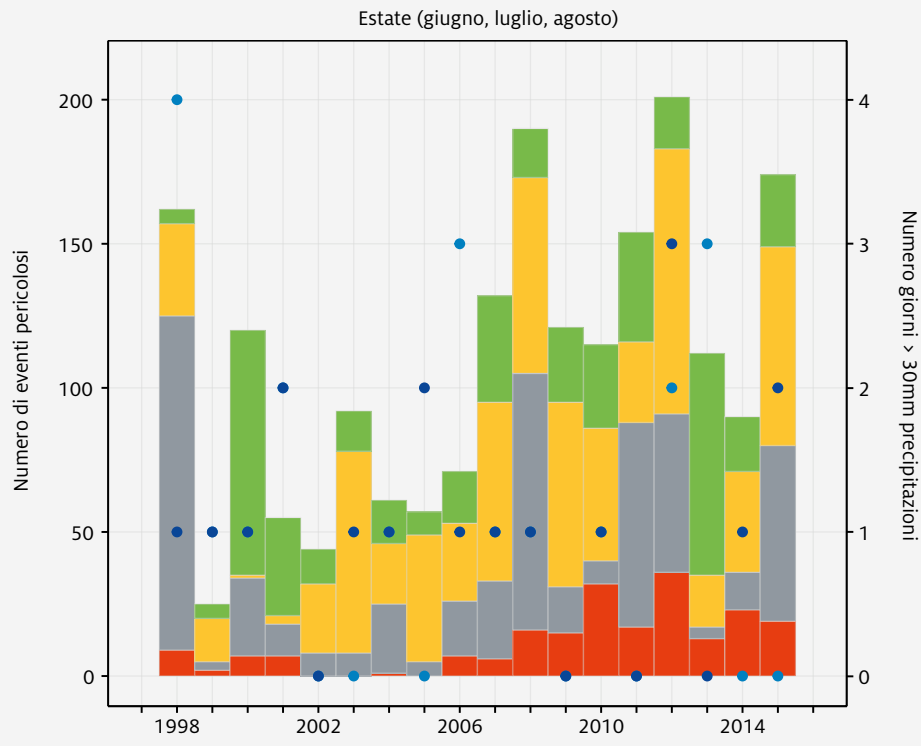
INDICATORE: MOVIMENTI GRAVITATIVI

FIG. 26: Decorso stagionale di processi pericolosi selezionati in Alto Adige rispetto al parametro climatico “Numero di giorni con precipitazioni superiori a 30 mm” per le stazioni di misura di Bolzano e Vipiteno. I pericoli naturali nell’illustrazione sono ricavati dalle banche dati IFFI (movimenti di massa gravitativi) e ED30 (rischi idraulici) (Dati: Ufficio idrografico, Ufficio geologia e prove materiali, Agenzia per la protezione civile, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)



POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Nonostante la mancanza di evidenza statistica, grazie alla conoscenza teorica dei processi, cresce tra gli scienziati il consenso su un maggiore impatto futuro dei cambiamenti climatici nei confronti dei pericoli causati dagli eventi naturali (6-10).

Pericoli differenti vanno peraltro considerati in maniera diversa. I movimenti di massa e i pericoli idraulici si manifestano generalmente come conseguenza di eventi atmosferici estremi. I modelli climatici tuttavia hanno grande difficoltà nel prevedere simili eventi estremi. Inoltre è ancora molto incerta la misura in cui i cambiamenti climatici saranno in grado di influenzare l'insorgenza di pericoli naturali nelle regioni montane più basse. Solo attraverso misurazioni e documentazioni costanti degli eventi pericolosi e di quelli atmosferici saremo in grado in futuro di comprendere e dimostrare in maniera univoca l'influenza dei cambiamenti climatici sui pericoli naturali. Le valanghe potrebbero diminuire alle quote medio-basse perché nevierà di meno. Alle quote più alte l'aumento di temperatura provocherà probabilmente un cambiamento del tipo di valanghe: non più valanghe di neve polverosa, ma valanghe di neve bagnata (1).

Gli incendi boschivi, al momento rari e di estensione limitata in Alto Adige, potranno diventare un serio pericolo in futuro sia nei mesi estivi sia

in quelli invernali, a causa di prolungati periodi di siccità.

In ogni caso, in Alto Adige, almeno nei prossimi anni, se il danno potenziale aumenterà lo si dovrà più allo sviluppo di insediamenti in zone pericolose che all'aumento dei pericoli naturali in sé (→ Insediamenti, p. 83).

MISURE DI ADATTAMENTO

- ❑ Il piano delle zone di pericolo finora non contempla gli impatti dei cambiamenti climatici. Questo è un aspetto che va riconsiderato, se si vuole che il piano diventi uno strumento davvero efficace per **inserire la prevenzione già nella pianificazione territoriale** (→ Insediamenti, p. 83).
- ❑ A causa del ritiro dei ghiacciai e del permafrost, in futuro sarà più difficile proteggere anche le zone d'alta montagna. Avrà quindi più senso concentrarsi sulla **protezione degli insediamenti permanenti, promuovendo la collaborazione di tutte le autorità coinvolte**.
- ❑ **La comunicazione e la governance del rischio** sono di fondamentale importanza, perché i cittadini devono essere preparati al fatto che quando parliamo di pericoli naturali un rischio residuo è inevitabile. Il modo in cui i rischi vengono comunicati e gestiti influenza anche la collaborazione tra le diverse autorità e la popolazione.



.....
 📷 Gennaio 2014, frana
 sulla strada statale tra
 Sluderno e Tubre

PERMAFROST

Si definisce permafrost una regione il cui suolo mantiene una temperatura di 0°C o inferiore per almeno due anni consecutivi. A causa dell'aumento delle temperature la soglia del permafrost nelle Alpi si sta spostando verso quote più alte, cosa che si ripercuote sui processi di crollo, sui fenomeni dei ghiacciai rocciosi (*rock glaciers*), sul trasporto dei sedimenti nelle regioni confinanti, nonché sulla qualità dell'acqua e sul bilancio idrico.

L'Alto Adige può contare su una rete capillare di stazioni per l'osservazione del permafrost, situate in val Senales, a Solda, in val d'Ultimo, a Riva di Tures, Braies e sul passo Gardena.

I parametri che forniscono informazioni sullo sviluppo del permafrost sono per esempio la

temperatura al livello del suolo, la temperatura sotto la copertura nevosa oppure la temperatura delle pareti rocciose ripide. Maggiori dettagli sulle dinamiche del permafrost si potrebbero ottenere effettuando ulteriori misurazioni della temperatura in profondità.

In Alto Adige la ricerca su questo tema è molto attiva già da tempo. Nell'ambito dei progetti Interreg PermaNET e PERMAQUA l'Ufficio geologia e prove materiali ha partecipato alla mappatura del permafrost e all'analisi degli impatti sui pericoli idrogeologici e il bilancio idrico. Nella cornice del progetto "Alpsmotion", coordinato da Eurac Research, sviluppiamo metodi di osservazione delle zone periglaciali e in particolare dei ghiacciai rocciosi con l'aiuto di droni e satelliti.

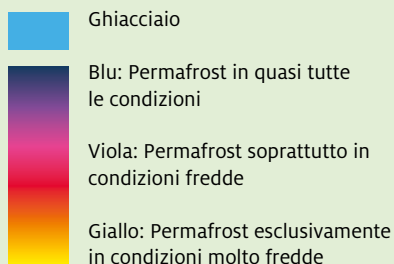
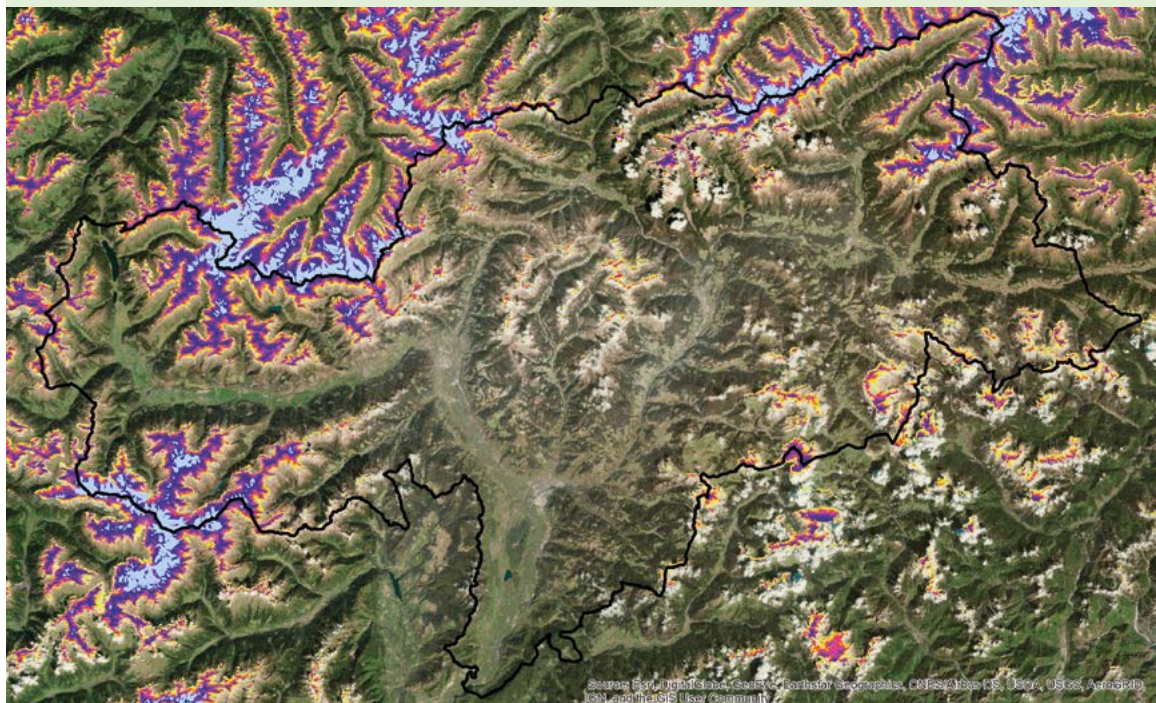


FIG. 27: Modello di diffusione del permafrost in Alto Adige. (Dati: Università di Zurigo, Progetto PermaNET)

**TRE DOMANDE A VOLKMAR MAIR,
DIRETTORE DELL'UFFICIO GEOLOGIA E
PROVE MATERIALI DELLA PROVINCIA
AUTONOMA DI BOLZANO.**

Secondo lei esiste una relazione tra i cambiamenti climatici e l'insorgenza di eventi relativi a pericoli naturali in Alto Adige?

È difficile stabilire una relazione diretta tra i parametri climatici o le condizioni meteorologiche in fase di cambiamento e pericoli naturali. Questi sono influenzati da molti fattori diversi e dipendono solo in parte dal clima e dalle condizioni meteorologiche. In generale possiamo affermare che solo gli eventi meteorologici estremi come le precipitazioni violente possono innescare pericoli naturali. Un aumento di questi eventi estremi a causa dei cambiamenti climatici potrebbe quindi aumentare anche i pericoli. Negli ultimi anni abbiamo potuto osservare come, soprattutto alle quote più alte, sia soprattutto la combinazione tra alte temperature e forti precipitazioni a dare l'avvio a processi pericolosi.

Questo fenomeno è già documentabile con dati e cifre?

Le banche dati degli eventi dell'amministrazione provinciale sono molto importanti per riconoscere e comprendere meglio come evolvono i pericoli naturali in Alto Adige. Tuttavia queste banche dati sono standardizzate e aggiornate in maniera sistematica soltanto da 20 anni, un periodo di tempo troppo breve per poter fare delle affermazioni statisticamente significative. Negli ultimi anni abbiamo comunque potuto constatare che perlomeno in alta montagna eventi come i crolli stanno aumentando.

Per questo ci stiamo impegnando per documentare in futuro anche eventi che si verificano molto lontano dalle zone abitate. Anche le guide alpine potrebbero essere di supporto, come avviene in Svizzera già da anni con successo.

Quali sono le sue raccomandazioni in riferimento ai rischi da pericoli naturali e all'adattamento ai cambiamenti climatici?

Con il piano delle zone di pericolo, l'Alto Adige si è dotato di uno strumento eccellente per poter valutare i pericoli naturali e porre le basi per la pianificazione territoriale del futuro. Un punto importante per gli interventi futuri sarà la definizione delle priorità delle zone e dei beni che vorremo tutelare, tra gli altri le linee di approvvigionamento primarie e le vie di comunicazione. Non è infatti realistico pensare di poter monitorare tutte le zone soggette a pericoli, né di poter garantire una protezione generale da frane in qualsiasi zona remota d'alta montagna, per esempio in aree dove ci sono solo alcuni sentieri o vie di arrampicata. Mi preme infine sottolineare che i cambiamenti climatici non andrebbero visti solo come fenomeni negativi, ma anche come una opportunità per introdurre o avviare cambiamenti positivi.



Referenze

1. APCC (Austrian Panel on Climate Change) (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Wien, Österreich: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 2014, <http://hw.oeaw.ac.at/7699-2>
2. Knight, J., Keiler, M., Harrison, S. (2012): Impacts of recent and future climate change on natural hazards in the European Alps. In: Climate forcing of geological hazards. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118482698.ch10/pdf>
3. Stoffel, M., Tiranti, D., Huggel, C. (2014): Climate change impacts on mass movements — Case studies from the European Alps. Science of The Total Environment, 493, pp 1255–1266, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971400285X#>
4. Crozier, M. J. (2010): Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review. Geomorphology, 124(3–4), pp 260–267, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X10001881#>
5. Gariano, S. L. und Guzzetti, F. (2016): Landslides in a changing climate. Earth-Science Reviews, 162, pp 227–252, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825216302458#>
6. Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J. und Stoffel, M. (2014): 21st century climate change in the European Alps—A review. Science of The Total Environment, 493, pp 1138–1151, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713008188#>
7. Gruber, S., Hoelzle, M., Haeberli, W. (2004): Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. Geophysical Research Letters, 31(13), <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2004GL020051/full>
8. Huggel, C., Clague, J. J., Korup, O. (2012): Is climate change responsible for changing landslide activity in high mountains? Earth Surface Processes and Landforms, 37(1), pp 77–91, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/esp.2223/epdf>
9. Pollinger, R., Mair, V., Profanter, P. (2016): Report Naturgefahren 2016 - Abschlussbericht der Ereignisdokumentation. Bozen/Bolzano: Autonome Provinz Bozen - Südtirol, http://www.provincia.bz.it/sicurezza-protezione-civile/bacini-montani/downloads/Report_Naturgefahren_2016.pdf
10. Stoffel, M. und Huggel, C. (2012): Effects of climate change on mass movements in mountain environments. Progress in Physical Geography, 36(3), pp 421–439, <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0309133312441010>

Servizi ecosistemici

LUKAS EGARTER VIGL, ULRIKE TAPPEINER



Gli esseri umani hanno spesso gestito il rapporto con la natura in modo unilaterale, prendendosi quello che serviva senza remore. Del resto, gli ecosistemi non hanno mai presentato alcun conto economico per i loro servizi, sebbene svolgano un ruolo fondamentale nella regolazione del clima e ci aiutino ad adeguarci ai cambiamenti climatici e a mitigarli. Attualmente, per esempio, gran parte delle emissioni di carbonio imputabili all'uomo viene assorbita dagli ecosistemi (→ Il bosco come serbatoio di carbonio, p. 35).

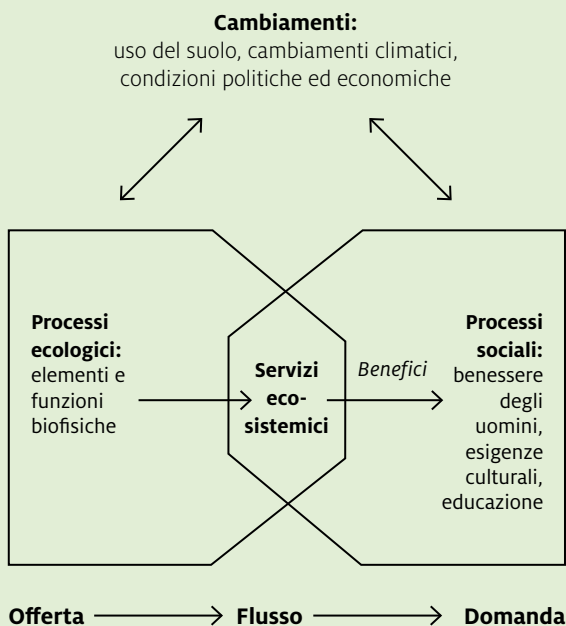
Da secoli le trasformazioni della società e quelle della natura si influenzano fortemente. Un modo per reagire in modo più oculato ai cambiamenti è ragionare in termini di **sistemi socio-ecologici**. Questo approccio mette in relazione il sistema società (domanda) con il sistema ambiente (offerta). Per misurare le interconnessioni, gli studiosi analizzano i servizi ecosistemici, cioè i beni materiali e immateriali attraverso i quali la natura ci fa vivere meglio.

Nel 2005 gli esperti riuniti dalle Nazioni unite nel progetto Millennium Ecosystem Assessment hanno fissato quattro categorie:

- **servizi di fornitura**, come alimenti o materie prime in generale,
- **servizi di regolazione**, come il sequestro di anidride carbonica, la protezione dai rischi naturali o l'impollinazione,
- **servizi culturali**, come la bellezza di un paesaggio di cui godere o la possibilità di rilassarsi e divertirsi in natura,
- **servizi di supporto** che fungono da base per altre categorie, per esempio la formazione del suolo, il ciclo dei nutrienti o il mantenimento della diversità genetica.

Nel 2010, nella cornice della *Strategia dell'Ue per la biodiversità fino al 2020* (Azione 5), gli stati membri si sono impegnati a descrivere e valutare lo stato degli ecosistemi e dei rispettivi servizi ecosistemici. Il Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) è il sistema di riferimento.

In questo report forniamo alcuni esempi specifici per l'Alto Adige che riteniamo importanti per determinare l'impatto dei cambiamenti climatici e sviluppare eventuali strategie di adattamento: acqua (→ p. 68), produzione agricola (→ p. 73), biomassa (→ p. 78), servizi turistico-ricreativi (→ p. 90), rischi naturali (→ p. 83). Per una mappatura più estensiva e dettagliata dobbiamo aspettare i risultati finali del progetto europeo AlpES, coordinato da Eurac Research, per la fine del 2018 (www.alpes-webgis.edu). Con questo studio, insieme ai nostri partner, stiamo descrivendo e monitorando i servizi ecosistemici dell'arco alpino. Per nove aree pilota, tra le quali l'Alto Adige, valuteremo in modo più specifico otto servizi. Lo scopo è segnalare l'eccessivo sfruttamento di risorse ma anche potenziali non sfruttati e fornire così uno strumento che supporta la gestione sostenibile del territorio alpino. I risultati verranno visualizzati in un sistema web-GIS interattivo alla fine del progetto.





Impatti sulla società

STEFAN SCHNEIDERBAUER

GIACOMO BERTOLDI

THOMAS STREIFENEDER

GEORG NIEDRIST

CHRISTIAN HOFFMANN

NIKOLAUS OBOJES

HELENA GÖTSCH

STEFANO MINERBI

GÜNTHER UNTERTHINER

PETER LANER

KATHRIN RENNER

MARIACHIARA ALBERTON

ISIDORO DE BORTOLI

ANNA SCUTTARI

FEDERICO CAVALLARO

4

Gestione dell'acqua

GIACOMO BERTOLDI



SITUAZIONE GENERALE

In Alto Adige, dal punto di vista legislativo, la gestione dell'acqua a livello provinciale è regolata dal "Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche" (1) che sovrintende il "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico" e il "Piano di tutela delle acque" (2). Questi piani stabiliscono i principi di riferimento sia per la gestione ordinaria sia per le situazioni di emergenza.

IMPATTI ATTUALI

Gli impatti dei cambiamenti naturali, come la modifica della stagionalità dei deflussi (→ Acqua,

p. 43) si intrecciano ai cambiamenti del sistema economico-sociale.

- L'agricoltura sempre più intensiva ed estesa a quote sempre maggiori ha bisogno di più irrigazione.
- I comprensori sciistici chiedono sempre più acqua per produrre neve artificiale.
- La liberalizzazione del mercato dell'energia ha fatto sì che la gestione degli invasi idroelettrici dipenda sempre più dalle dinamiche di mercato (strategia short-term) e poco dalle dinamiche climatiche.
- Negli anni cinquanta del secolo scorso sono state realizzate grandi centrali idroelettriche mentre dagli inizi del XXI secolo le politiche energetiche hanno spinto la realizzazione di molte piccole centrali idroelettriche.

Queste dinamiche evidenziano esigenze sempre maggiori che già sono sfociate in attriti tra le diverse parti interessate, benché l'Alto Adige non soffra di grossi problemi di ristrettezza idrica se confrontato con altre regioni.

Come sottolineato in un colloquio personale da Ernesto Scarperi, direttore del Servizio tutela acque, le situazioni più critiche sperimentate ultimamente sono le situazioni di carenza idrica in primavera, per esempio nel 2016 e nel 2017. In inverno le precipitazioni sono state scarse e in primavera il ciclo vegetativo è cominciato prima, richiedendo irrigazioni già in aprile, quando le

I PIANI PROVINCIALI IN SETTE PUNTI

1. una visione complessiva a scala di bacino, tenendo conto del principio di responsabilità di chi sta a monte rispetto a chi sta a valle;
2. strumenti operativi di previsione e allerta in caso di eventi estremi in seno alla Protezione civile;
3. l'istituzione, in condizioni critiche, dello stato di emergenza idrica che, sulla base dell'art 12 della LP 30.9.2005, n° 7, prevede il coordinamento tra i vari enti provinciali: Agenzia provinciale per l'ambiente, gli uffici Gestione risorse idriche, servizi Agrari, Caccia e Pesca, Tutela risorse idriche, Idrografico e un rappresentante dei comuni interessati.
4. il coordinamento con enti extra-provinciali per quanto riguarda il bacino dall'Adige: Autorità di bacino e tavoli di coordinamento interregionali come l'osservatorio permanente sugli utilizzi idrici del Distretto idrografico delle Alpi orientali;

5. la possibilità di definire delle priorità nella gestione degli invasi a uso misto in caso di siccità: l'uso potabile ha priorità sull'irrigazione che ha a sua volta priorità sulla produzione idroelettrica, oppure, in caso di eventi di piena, la precedenza va alla protezione civile;
6. un programma di incentivi, già attivo, per l'utilizzo efficiente dell'acqua;
7. una soglia di *deflusso minimo vitale* nei corsi d'acqua, fissata ad almeno 2 litri al secondo per km², per preservare la funzionalità ecologica.



Di fatto, questi principi rappresentano possibili misure di adattamento a future situazioni critiche legate ai cambiamenti climatici. Tuttavia, il concetto di cambiamenti climatici è quasi assente nelle misure di pianificazione previste dalla normativa attuale.

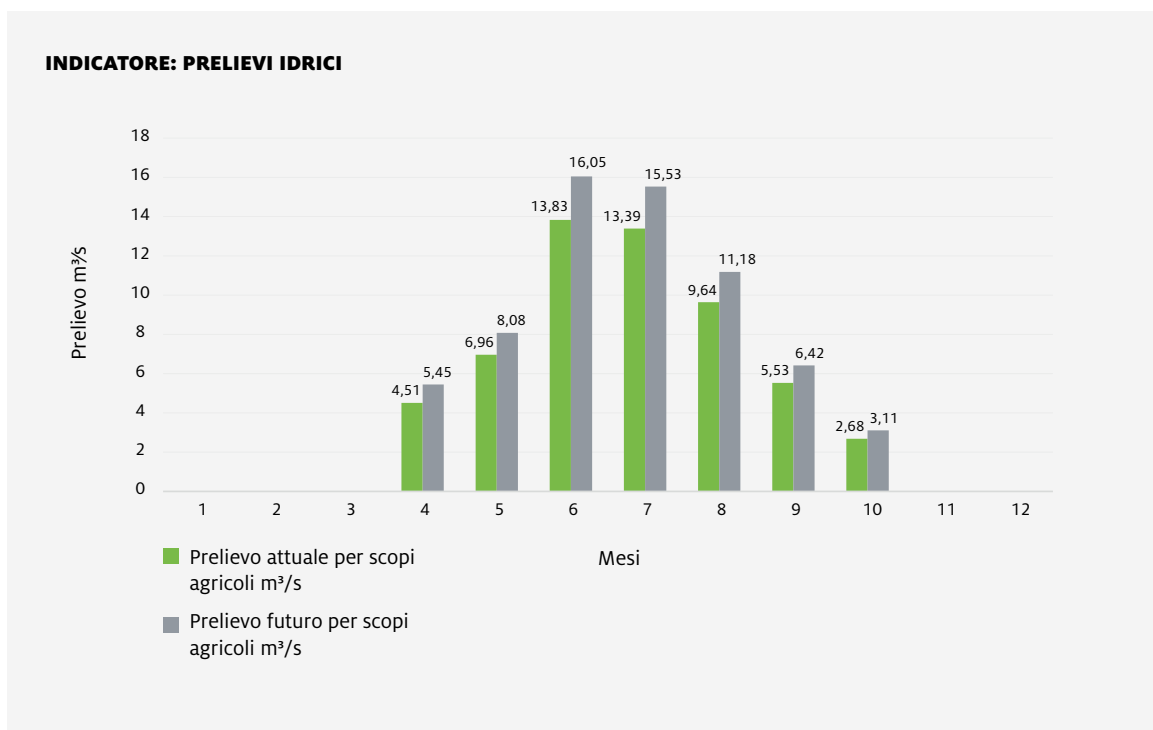


FIG. 28: Prelievi agricoli mensili nella provincia di Bolzano, riferiti al bacino dell'Adige. Sono riportati i prelievi per uso agricolo attuali e così come previsti per i prossimi 30 anni dal "Piano generale di gestione delle acque pubbliche" della Provincia autonoma di Bolzano. (Dati: Piano generale di gestione delle acque pubbliche dell'Agenzia per l'ambiente, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

portate dei fiumi e dei torrenti sono ancora basse. In aggiunta, in aprile serve comunque molta acqua per i sistemi di protezione antigelo. Il risultato è che i contadini hanno fatto pressione per ottenere più acqua rispetto alle quantità assegnate e in alcuni casi si sono mossi di loro iniziativa. Per esempio, nell'aprile del 2017 alcuni torrenti come il rio di Silandro in val Venosta o il rio Scaleres in val Isarco sono stati praticamente prosciugati in occasione di emergenze gelo.

In generale, negli ultimi anni, le richieste di irrigazione sono aumentate. La domanda del mercato e il clima più favorevole hanno spinto in quota i frutticoltori e questi nuovi impianti frutticoli necessitano di irrigazione. Allo stesso tempo, nei fondovalle montani, il rischio gelate fa sì che serva comunque più acqua per far funzionare i sistemi antibirina. Inoltre le colture intensive hanno radici superficiali e risultano più vulnerabili alla siccità rispetto alle colture tradizionali.

Per quanto riguarda l'innevamento artificiale, vi sono stati in passato situazioni conflittuali legate

a prelievi in periodi di magra invernale. Ora si è risolto il problema nella maggior parte dei casi ricorrendo a bacini di invaso.

Per quanto riguarda l'uso idroelettrico, in generale il sistema sembrerebbe più adattabile alle situazioni di emergenza in quanto è già regolamentato e programmato per rispondere rapidamente alle esigenze di mercato. Un esempio è stato nell'aprile del 2017, quando nel fine settimana sono stati effettuati maggiori rilasci dagli invasi per dare più acqua all'Adige: questo ha garantito l'approvvigionamento di acqua potabile a 24 comuni dell'area di Rovigo e ha contenuto la risalita del cuneo salino in Polesine. Misure di questo tipo hanno un costo importante e sono adottabili solo in condizioni di emergenza idropotabile. Sempre in situazione di emergenza, il 2 agosto 2017, un decreto del Presidente della Provincia ha vietato l'irrigazione a pioggia durante il giorno su tutto il territorio provinciale, per contenere le perdite per evapotraspirazione.

ENERGIA IDROELETTRICA

INTERVISTA CON MAURIZIO RIGHETTI, PROFESSORE DI COSTRUZIONI IDRAULICHE ALLA LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO.

In collaborazione con i gestori locali, l'Università di Bolzano svolge studi, tra cui il progetto Optimum, per ottimizzare il funzionamento degli impianti idroelettrici in Alto Adige.

Gli effetti dei cambiamenti climatici vengono già percepiti dagli operatori del settore idroelettrico?

Dagli anni novanta circolano articoli scientifici sul tema e alcuni problemi sono già visibili in modo chiaro e sono sotto gli occhi di tutti e quindi anche degli operatori del settore idroelettrico. Da una parte l'aumento delle temperature porta alla progressiva fusione dei ghiacciai e al rilascio di sedimenti molto fini verso valle. Questo intasa progressivamente i bacini e riduce la capacità di produzione degli impianti. Inoltre queste sabbie molto sottili trasportate dall'acqua aumentano l'abrasione delle turbine. Dall'altra parte la diversa distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno potrebbe acuire la competizione tra chi fa uso della risorsa idrica. Gli invasi idroelettrici hanno comunque anche un effetto benefico, spesso trascurato, in quanto permettono di immagazzinare e redistribuire la risorsa idrica nell'arco dell'anno secondo le necessità.

Cosa si fa per fronteggiare questo rischio di conflitto crescente?

Posto che esistono già tavoli di coordinamento e che i bacini delle centrali idroelettriche hanno sempre svolto una benefica funzione tampone nei confronti degli eventi climatici più intensi, personalmente credo che la chiave sia prepararsi sempre meglio alle crisi. Come comunità possiamo comunque fare la nostra parte per mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici, aumentando la resilienza dei nostri territori e delle infrastrutture idriche. Questo passa anche attraverso il monitoraggio e la previsione degli scenari futuri, azioni necessarie per poter poi fare la necessaria programmazione a medio-lungo termine degli interventi e delle politiche sulle risorse idriche e sul territorio. Ecco, ritengo che sia importante programmare gli interventi, come si fa per esempio in Alto Adige, piuttosto che gestire le emergenze con interventi magari costosi ma che poi spesso si rivelano poco incisivi. Se impariamo oggi a gestire in modo oculato le calamità, in futuro saremo più resilienti verso gli effetti dei cambiamenti climatici in generale.

Dal punto di vista tecnico quali spazi di adattamento vede?

L'energia idroelettrica è una risorsa fondamentale, più stabile rispetto alle altre rinnovabili. In particolare, in Alto Adige, il cosiddetto "grande idroelettrico", ovvero le centrali di grandi dimensioni, è una realtà di fatto ereditata che ci conviene mantenere con cura e nel rispetto dell'ambiente. Detto questo, il futuro potrebbe essere nelle centrali ad accumulo*. Per esempio in Portogallo ce n'è una in cui l'acqua viene ri-pompata nel bacino a monte sfruttando la produzione di energia da eolico. I vantaggi sono molteplici; il principale è che queste centrali non depauperano la risorsa idrica se non per il volume dell'invaso iniziale. Vedo per altro la possibilità di convertire centrali già esistenti senza necessariamente dover costruire nuovi bacini.

Che pensa degli impianti mini-hydro?

In generale non credo che i mini e micro-hydro costruiti negli ultimi decenni abbiano valenza strategica. Sono impianti di piccola taglia e producono molto meno rispetto a poche, grandi centrali. Potrebbero essere una soluzione efficace su scala locale, sempre se integrati con altre fonti energetiche rinnovabili e in un contesto di autoproduzione energetica decentrata.

*CENTRALI AD ACCUMULO. L'impianto si compone di due invasi collocati a quote diverse, uno a valle e uno a monte. L'acqua che ha generato energia elettrica passando nelle turbine viene pompata nel bacino a monte nei momenti di minor richiesta. Da lì il ciclo ricomincia. In Alto Adige c'è un impianto in val Ultimo, tra il lago di Quaira e il lago di Fontana Bianca. Queste centrali sono sostenibili solo se sfruttano le energie rinnovabili per il pompaggio a monte. Spesso invece usano energia prodotta con fonti fossili o da centrali nucleari. Le centrali ad acqua fluente, come quella di Cardano, sfruttano invece l'energia cinetica dell'acqua in caduta nei corsi naturali. Quelle a serbatoio, per esempio quella di Glorenza, funzionano con condotte forzate che partono da una diga a monte.





📺 La parola d'ordine rispetto alla gestione dell'acqua è: risparmiare! Al posto dei sistemi tradizionali, è da preferire l'irrigazione a goccia. Le concessioni dovrebbero essere ripartite secondo i reali fabbisogni.

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

In futuro la gestione dell'acqua richiederà negoziazioni sempre più delicate, sia per via di una minore disponibilità idrica (→ Acqua, p. 43) che per richieste sempre maggiori. I conflitti già in essere si acuiranno e probabilmente ne sorgeranno di nuovi, soprattutto alle quote più basse e soprattutto in estate quando siccità più frequenti e stagioni vegetative più lunghe faranno aumentare le richieste di irrigazione.

Gli impatti previsti sulle portate avranno un effetto sempre più significativo anche sul settore

idroelettrico. Studi recenti (3) relativi al bacino dell'Adige sembrano suggerire che i maggiori impatti saranno per le centrali idroelettriche situate alle quote più alte. Tuttavia il previsto aumento dei flussi invernali potrà anche avere effetti positivi sulla produzione idroelettrica (→ Energia idroelettrica, p. 70) .

MISURE DI GESTIONE E ADATTAMENTO

La parola d'ordine per la gestione futura dell'acqua deve essere "risparmio". Nella riduzione dei

consumi c'è sicuramente il maggior potenziale di adattamento ai cambiamenti.

Non solo, come sottolineato durante un colloquio da Thomas Senoner, direttore dell'Ufficio gestione delle risorse idriche, per risolvere questi conflitti occorre mantenere una visione complessiva del sistema, da monte verso valle. Dobbiamo cercare di ridurre i consumi anche nelle zone, come quelle più in quota, che al momento non risentono di problematiche di carenza idrica, in modo da garantire a lungo termine sufficienti risorse idriche anche a valle.

- Il futuro aumento di fabbisogno irriguo può essere compensato in gran parte con **sistemi di irrigazione più efficienti**: per esempio più sistemi a goccia, turnazioni più efficaci, riduzione delle perdite negli impianti, stop all'irrigazione delle ore più calde per contenere l'evapotraspirazione e più metodi di **agricoltura di precisione**, come sistemi di monitoraggio accurati dell'umidità del terreno che permettano di irrigare solo quando le piante hanno effettivamente bisogno.
- A oggi molti contadini godono di piccole concessioni private per irrigare. Per rendere più efficiente la gestione delle risorse e per affron-

tare anche investimenti più alti, per esempio per tecnologie di irrigazione all'avanguardia, **andrebbe favorita la gestione in consorzi**.

- Rivedere gli attuali criteri di gestione degli invasi alla luce dei cambiamenti del regime stagionale dei deflussi.
- Oltre a quelli già costruiti per l'innevamento artificiale, occorrerebbe realizzare, in alcuni casi, nuovi invasi a fini irrigui per aumentare la resilienza in situazioni di siccità. In questo caso tuttavia bisogna fare le dovute valutazioni ecologiche e considerare bene il posizionamento.
- Nel dimensionamento delle opere idrauliche prevedere **maggiori coefficienti di sicurezza o minori tempi di ritorno** per determinati eventi estremi.
- Occorre **tenere conto di scenari di cambiamento climatico e di riduzione glaciale per il rinnovo delle concessioni**, specialmente quelle idroelettriche, come si sta già facendo in alcuni bacini fortemente dipendenti dagli afflussi dei ghiacciai, come sul lago di Gioveretto, in val Martello.

Referenze

1. Norme di attuazione del Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche (PGUAP) della Provincia autonoma di Bolzano, adottato con il Decreto del Presidente della Repubblica del 22 giugno 2017.
2. <http://ambiente.provincia.bz.it/acqua/piano-tutela-acque.asp> (Ultimo accesso: febbraio 2018)
3. Majone, B., Villa, F., Deidda, R., & Bellin, A. (2016): Impact of climate change and water use policies on hydropower potential in the south-eastern Alpine region, *Science of The Total Environment*, 543, pp 965–980, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971530067X>

Agricoltura

GEORG NIEDRIST, THOMAS STREIFENEDER



SITUAZIONE GENERALE

Tre tipologie produttive caratterizzano il settore agricolo altoatesino: la foraggicoltura – che sostiene l'industria lattiera, la frutticoltura e la viticoltura. Secondo la Relazione agraria della Provincia autonoma di Bolzano del 2016 i prati permanenti e i pascoli occupano una superficie di 212.000 ettari, la frutticoltura viene praticata su 18.500 ettari e la viticoltura su 5400 ettari. Oltre il 70% delle aziende agricole viene gestito come attività secondaria. L'agricoltura dà lavoro al 5,5% della popolazione attiva e genera il 4,8% del valore aggiunto (1). Entrambi i valori si collocano al di sopra della media internazionale: nei paesi dell'Unione europea, la quota di popolazione attiva occupata

nell'agricoltura è del 5,1%, con una creazione di valore aggiunto lordo inferiore al 3% (2).

In Alto Adige, malgrado le aziende siano in media estremamente piccole, il settore agricolo occupa una posizione eccellente rispetto al resto dell'arco alpino. Le attività abbandonate sono molte di meno che nel resto dell'Italia e nella maggior parte dei territori alpini (10). Questo va ascritto fra l'altro anche alla diffusa presenza di cooperative.

A causa della loro posizione geografica, soprattutto l'area meridionale e occidentale della provincia non beneficiano di abbondanti precipitazioni (→ Acqua, p. 43). Per questo l'agricoltura necessita di irrigazione supplementare. Il fabbisogno idrico dell'agricoltura altoatesina è di circa 150 milioni di metri cubi l'anno. Degli attuali 8000 impianti di irrigazione circa l'80% è alimentato da pozzi (4); il 60% degli impianti serve alla frutticoltura, il 10% alla viticoltura e il 30% alla foraggicoltura (3). Finora – e presumibilmente per il prossimo futuro – questo solido apparato di impianti di irrigazione sopperisce a eventuali carenze d'acqua provocate da una maggiore evapotraspirazione e da siccità prolungate.

Nel tempo i contadini sono diventati molto più sensibili rispetto al tema dei cambiamenti climatici e sono fortemente consapevoli delle conseguenze legate al caldo e alla siccità. Anche a livello di amministrazione e di istituti di ricerca agrari ciò che manca non sono le conoscenze specialistiche, ma piuttosto la loro applicazione a livello pratico.

Il clima più caldo consente nuove coltivazioni – che richiedono irrigazioni più intense – dove finora c'erano solo prati. Per esempio, le fragole sono arrivate in val di Mazia.



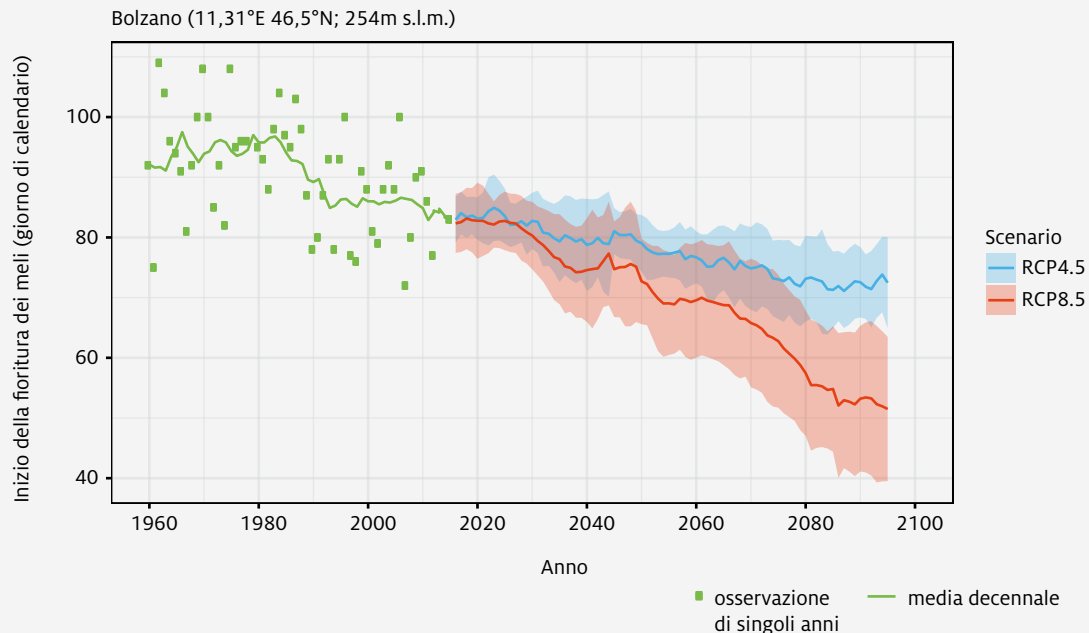
INDICATORE: FIORITURA DEL MELO

FIG. 29: Inizio della fioritura dei meli a Bolzano, dal 1960. Il calcolo si basa su somme delle temperature secondo Chmielewsky et al. (9). L'inizio della fioritura stimata è leggermente anticipata rispetto alle osservazioni (5), ma le oscillazioni infrannuali e la tendenza coincidono perfettamente. (Dati: Euro-Cordex e Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

IMPATTI ATTUALI

Gli indicatori climatici direttamente implicati nell'agricoltura riguardano la temperatura, il numero di ore di sole e le precipitazioni. Le temperature medie sono aumentate negli ultimi quattro decenni, specie in primavera e in estate. In estate, l'incremento oscilla da 1°C a oltre 2 °C (→ Cambiamenti climatici, p. 17). In questo contesto sono importanti in particolare le temperature notturne in aumento. A causa di questo riscaldamento la fioritura del melo è anticipata di circa due settimane (Figura 29, e (5)). La dimensione dei frutti aumenta a scapito della compattezza e della conservabilità.

Dal 1975 al 2009 le ore di sole sono aumentate fino a un massimo del 20%, portandosi al 25% nel periodo compreso tra il 1995 e il 2005; questo ha danneggiato i frutti per effetto dell'insolazione. L'ombreggiamento delle reti antigrandine li ha infatti potuti proteggere solo in parte (5). Anche se i dati del Consorzio provinciale per la difesa delle colture agrarie dalle avversità atmo-

sferiche di Bolzano non mostrano una estensione significativa delle aree colpite da grandine tra il 1981 e il 2017 (Figura 30), i frutteti e le vigne protette da reti antigrandine sono sempre più numerose. Del resto, presumiamo che eventi estremi come grandinate intense aumenteranno per effetto delle temperature più elevate.

Gli inverni sempre più miti riducono la mortalità degli insetti nocivi (→ Insetti vettori, p. 102), inoltre le temperature primaverili ed estive più elevate favoriscono il proliferare di più generazioni di parassiti. Se l'umidità è sufficiente, crescono meglio anche funghi dannosi come l'alternaria o il fungo responsabile della ticchiolatura. In generale, la maggior parte delle piante locali coltivate viene indebolita dal gran caldo e diventa così più vulnerabile ai parassiti.

Anche in viticoltura i cambiamenti climatici si ripercuotono sullo sviluppo delle piante, sulla qualità delle uve e sull'insorgenza di parassiti. Dagli anni novanta la vite fiorisce da due a tre settimane prima e quindi anche la vendemmia

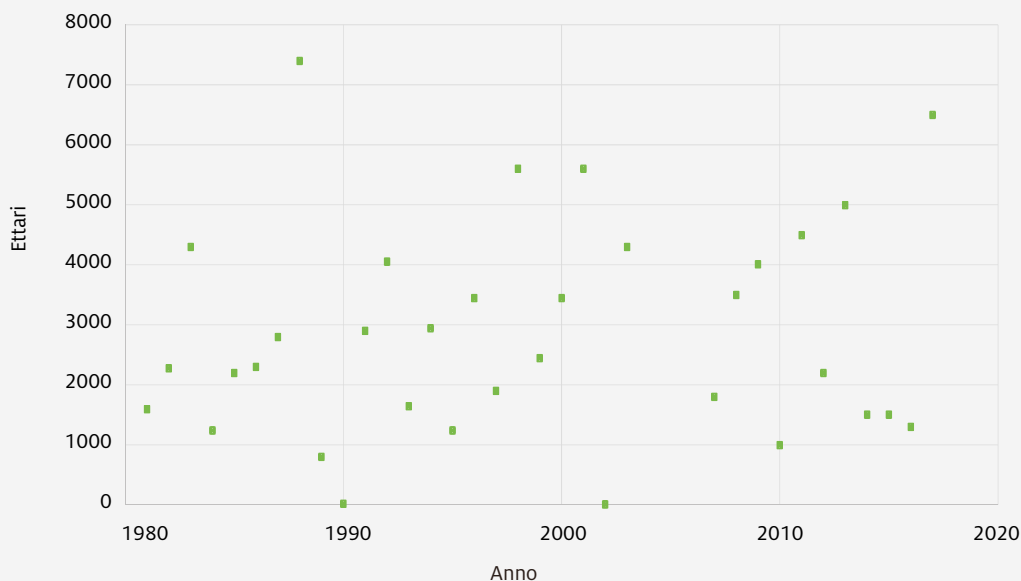
INDICATORE: FRUTTETI E VIGNE COLPITI DA GRANDINE

FIG. 30: Stime riguardanti la superficie colpita dalla grandine nel settore della frutticoltura e della viticoltura non evidenziano a livello statistico alcun incremento significativo. I dati disponibili, tuttavia, non dicono nulla in merito alla gravità dei danni. (Dati: Consorzio provinciale per la difesa delle colture agrarie dalle avversità atmosferiche in Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

viene anticipata. Nel 2003 e nel 2011 si è vendemmiato addirittura un mese prima. La gradazione zuccherina è aumentata in media di 4°, mentre nel contempo è diminuita di 2-4° l'acidità. Secondo gli esperti del Centro di sperimentazione Laimburg le temperature più alte sono problematiche anche per la formazione dell'aroma, in special modo nei vitigni bianchi coltivati a quote più basse, ma anche nelle colture alternative come quella delle fragole. In viticoltura, come in frutticoltura, aumentano i danni causati dal moscerino dei piccoli frutti, dalla muffa grigia (*botrytis*), dall'oidio e dalla peronospora. Questi parassiti infatti sono già attivi anche in primavera.

Sia in frutticoltura che in viticoltura i terreni coltivati raggiungono quote sempre più alte, fino a 1000 m i meleti e fino a 1200 m i vigneti. Questo fenomeno pone anche nuove sfide di carattere sociale. Lo dimostra l'esempio di Malles in val Venosta, dove un attivo gruppo di cittadini contrasta da anni con vari mezzi, incluso un referendum, l'estensione della coltura intensiva delle mele.

Nella foraggicoltura, le temperature più elevate e i periodi vegetativi più lunghi a più alta quota avvantaggiano la produzione; un incremento di temperatura di 3°C può infatti generare una crescita produttiva di oltre il 50%. A quote più basse la maggiore evaporazione e la conseguente siccità vanificano invece gran parte dei vantaggi dati dalla temperatura (6).

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

In frutticoltura e viticoltura, a bassa quota, cioè nella Bassa Atesina e nella zona compresa tra Bolzano e Merano, il riscaldamento renderà sempre più difficile garantire frutti di elevata qualità. Potrebbe conseguirne la conversione ad altre coltivazioni.

Premi assicurativi più alti intensificheranno l'uso di reti antigrandine sia per gli alberi da frutto che per le viti.

La germogliazione precoce renderà le colture generalmente più sensibili alle gelate tardive; poiché

però le irruzioni di aria fredda si faranno meno intense, ipotizziamo che il rischio di gelate tardive non aumenterà, per lo meno ad altitudini inferiori agli 800 m (7). Nemmeno le stime sui danni provocati dalle gelate nel periodo compreso tra il 1950 e il 2017 non mostrano un trend in crescita (8).

Poiché l'acqua disponibile sarà meno e aumenterà l'evaporazione, diventerà sempre più importante ricorrere a sistemi di irrigazione efficienti e calibrati per le effettive esigenze.

Il rischio di danni provocati da insetti e funghi crescerà ulteriormente. Non solo, per effetto delle temperature più elevate e del crescente traffico globale di merci, dobbiamo mettere in conto anche l'arrivo di nuovi organismi nocivi.

In foraggicoltura le temperature elevate e i periodi di siccità incideranno sempre più sia sulla qualità sia sulla quantità del foraggio. Questo impatto sarà più evidente nelle zone, come la val Pusteria e generalmente i campi ad alta quota, dove finora non è stato necessario irrigare.

MISURE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

- Sul piano della riduzione delle emissioni bisogna agire su due fronti. Da un lato attraverso un **maggiore sviluppo di attrezzature azionate elettricamente** – ancora molto inferiore a quello delle auto elettriche, a eccezione dei ponti ele-



Le sempre più numerose reti antigrandine proteggono dai chicchi di ghiaccio, ma anche dalle insolazioni.

vatori; dall'altro con una **commercializzazione più regionale**, ottenendo così nel contempo anche una creazione di valore locale più elevata.

- Lo **spostamento** e la **conversione delle colture** sono due opzioni percorribili che lanciano al contempo nuove sfide. La diffusa traslazione della frutticoltura e della viticoltura a quote più elevate non sarà priva di conflitti causati dalle ripercussioni della coltivazione intensiva. La conversione delle colture, per esempio il passaggio dai vitigni bianchi a quelli rossi, è opportuna visti i presupposti climatici, ma dovrà essere affiancata da nuovi orientamenti sul piano della commercializzazione.
- A bassa quota e nelle zone più aride la resistenza al caldo e alla siccità diventeranno criteri decisivi per la **selezione mirata delle sementi**.
- L'acqua a disposizione sarà sempre meno. Allo stesso tempo, coltivazioni sempre più intensive e sempre più estese richiederanno sempre più irrigazione. Per **ottimizzare l'approvvigionamento idrico** dovremo migliorare sia gli aspetti organizzativi, a cominciare dall'**abbandono dell'irrigazione a turni a favore di un sistema più flessibile e orientato alle necessità**, sia gli aspetti tecnologici, per esempio con una migliore manutenzione della rete di distribuzione, con l'espansione dell'irrigazione a goccia, con un'irrigazione adatta al fabbisogno, in prossimità del terreno e delle radici, e con una migliore gestione dei bacini di raccolta.
- Parallelamente i contadini, supportati dagli studiosi, dovranno sviluppare una **migliore conoscenza delle caratteristiche del terreno** nelle aree agricole, per esempio la capacità di ritenzione idrica, tenore di humus, ecc.
- Gli scienziati dovranno compiere ulteriori sforzi per **capire meglio la biologia delle piante utili e degli insetti dannosi** al mutare delle condizioni climatiche.
- Misure di adattamento climatico e di mitigazione dovrebbero essere incentivate da **agevolazioni**.
- In generale, in agricoltura si dovrebbe favorire maggiormente la consapevolezza verso le misure di protezione a favore del clima, che riducono le emissioni di gas serra o riescono addirittura ad arginarle.

Referenze

1. Provincia Autonoma di Bolzano: Relazione agraria e forestale 2016. <http://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/agricoltura/relazione-agraria-forestale.asp>
2. EU (2013): How many people work in agriculture in the European Union? An answer based on Eurostat data sources. Agricultural Economics Briefs, 8, https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/rural-area-economics/briefs/pdf/08_en.pdf
3. Thalheimer, M. (2017): Wasserhaushalt und Bewässerung in Südtirol. Vortrag Expertenforum Berglandwirtschaft 2017 – Beregnung im Grünland, Fachschule Salern, News Laimburg 22.02.2017, http://www.laimburg.it/de/news.asp?aktuelles_action=4&aktuelles_article_id=576521&news_action=4&news_article_id=579915
4. Provincia Autonoma di Bolzano (2017): Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche. <http://ambiente.provincia.bz.it/acqua/piano-generale-utilizzazione-acque-pubbliche.asp>
5. Stainer, R. (2014): Klimawandel: Hype oder Herausforderung für den Obstbau Südtirols. Versuchszentrum Laimburg, Präsentation Interpoma 11/2014, http://www.fierabolzano.it/interpoma/mod_moduli_files/Reinhold%20Stainer.pdf
6. Niedrist, G., Tasser, E., Bertoldi, G., Della Chiesa, S., Obojes, N., Egarter Vigl, L., Tappeiner U. (2016): Down to future: Transplanted mountain meadows react with increasing phytomass or shifting species composition. Flora, 224, pp 172-182, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253016301153>
7. Vitasse, Y., Schneider, L., Rixen, C., Christen, D., Rebetez, M. (2018): Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frost at higher elevations in Switzerland over the last four decades. Agriculture and Forest Meteorology, 248, pp 60-69, <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:15119>
8. Christanell, B. (2017): Spätfröste erwischen uns kalt. Obstbau*Weinbau, 7(8), pp 17-18
9. Chmielewski, F.-M., Müller, A., Küchler, W. (2004): Mögliche Auswirkungen Klimatischer Veränderungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen. Abschlussbericht, Humboldt-Universität zu Berlin. https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/agrar/met/research/fp/abschluss_kliveg.pdf
10. Streifeneder, T. (2016). Die Entwicklung der Landwirtschaft im Alpenraum. In: Memorandum Berglandwirtschaft (Hrsg. Südtiroler Bauernbund), Bozen, S. 10-18.

Selvicoltura

**CHRISTIAN HOFFMANN, GEORG NIEDRIST,
NIKOLAUS OBOJES, HELENA GÖTSCH,
STEFANO MINERBI, GÜNTHER UNTERTHINER**



SITUAZIONE GENERALE

Circa il 45,5% della superficie dell'Alto Adige, 336.689 ettari, è ricoperto da bosco. Le specie arboree principali in Alto Adige sono l'abete rosso (61%), il larice (19%) e il pino (10%); le latifoglie rappresentano solo circa il 2% del patrimonio boschivo. In Alto Adige la superficie coperta da boschi è superiore alla media europea, pari al 42% (2), e tende ad aumentare perché il bosco sta riconquistando pascoli e alpeggi abbandonati oltre il limite più alto del bosco.

Attualmente l'Alto Adige dispone di circa 105,2 milioni di metri cubi di alberi in piedi alti alme-

no 1,30 metri; con questa unità di misura, che i tecnici chiamano anche "provvigione", si descrive il capitale legnoso di un bosco. Questo legno immagazzina 27,6 milioni di carbonio, pari a 82 tonnellate di carbonio per ettaro (1). Ogni ettaro di bosco altoatesino sottrae all'atmosfera in media 1,15 tonnellate di carbonio ogni anno (3) (→ Il bosco come deposito di carbonio, p. 82).

Tre quarti del legno dei boschi dell'Alto Adige viene lavorato in loco e impiegato come legname da costruzione. In un metro cubo di legno sono immagazzinate 0,9 tonnellate di CO₂. Se usiamo il legno al posto di altri materiali da costruzione, risparmiamo 1,1 tonnellate di emissioni al metro cubo.

Lo stato di salute del patrimonio boschivo dipende in larga misura dalle condizioni meteorologiche. Inverni poveri di neve, gelate tardive, primavere troppo umide, estati secche, danni causati da temporali, grandinate e altri fenomeni estremi hanno spesso ripercussioni per molti anni (4). Anche a distanza di tempo possono manifestarsi problemi che danneggiano l'attività di fotosintesi delle piante: parassiti e micosi, oppure aghi e foglie che si scoloriscono vistosamente.

IMPATTI ATTUALI

In determinati habitat situati a specifiche altitudini osserviamo già oggi i primi segnali degli impatti che l'aumento delle temperature e il conseguente



.....
📷 A Novacella, nel 2003, un bosco di pini si è letteralmente seccato a causa della siccità.

cambiamento del bilancio idrico possono avere sull'ecosistema boschivo.

Quello che maggiormente salta all'occhio è il cambiamento delle fasi di sviluppo stagionali degli alberi. Pur con tutte le differenze di habitat e specie arborea, gli esperti affermano che nell'area alpina le conifere oggi iniziano a germogliare da una a tre settimane prima di quanto accadeva appena 60 anni fa (5).

Le temperature più alte e i periodi vegetativi più lunghi contribuiscono anche alla già citata riconquista dei pascoli di montagna abbandonati (6). Alcune specie arboree soffrono più di altre degli effetti dei cambiamenti climatici. Abete rosso, larice e pino, molto diffusi anche per motivi economici, sono spinti dallo stress da siccità verso il limite ecologico di diffusione. Le cause di questo stress sono l'aumento delle temperature e lunghi periodi di siccità con isolate precipitazioni molto intense (7). Le latifoglie invece sopportano con maggiore facilità le alte temperature. Alle altitudini collinari più basse, tra i 400 e i 700 metri, già oggi l'abete rosso viene sostituito con specie più tolleranti quali il carpino nero, l'orniello (*fraxinus ornus*), il rovere o la roverella (8). Allo stesso tempo in questi habitat compaiono sempre più spesso specie invasive come la robinia e l'ailanto, in particolare nei boschi ripariali e nelle zone collinari (9). L'amministrazione forestale dedica sempre più attenzione alle piante erbacee invasive, quali la fallopia japonica o la balsamina ghiandolosa che soppiantano le erbacee autoctone, influenzano il bilancio dei nutrienti nel suolo e pregiudicano così il ringiovanimento dei boschi (10, → Flora e fauna, p. 50). Il pino, più tollerante alle alte temperature e all'aridità, si diffonde negli habitat che un tempo erano degli abeti rossi alle quote collinari più alte fino alle quote submontane, tra i 700 e i 1200m (8). Anche i larici sono meno sensibili dell'abete rosso allo stress da temperatura e siccità: se è vero che alle quote più basse crescono meno, è vero anche che al limite boschivo superiore questa specie approfitta dell'aumento delle temperature e si espande rapidamente insieme all'ontano verde (11 & 12).

Gli alberi indeboliti fisiologicamente a causa della siccità sono meno resistenti ai parassiti. Per contro, i funghi e gli insetti nocivi come bostri-co, processionaria del pino o limantria trovano condizioni ideali di riproduzione e diffusione, per cui infestano gli esemplari finora non colpiti. Grazie alle temperature medie più alte i parassiti si espandono in nuovi territori. Per esempio, la processionaria del pino si sta spingendo ad altitudini più elevate: in val Venosta la si può già incontrare nella zona dell'Abbazia di Monte Maria (Figura 31). Con l'aumento di eventi estremi come temporali



Se la siccità fiacca le piante, i parassiti ne approfittano. La processionaria del pino o limantria si spinge sempre più in quota.

e piogge molto intense aumentano anche i danni abiotici – cioè di origine non animale, come gli incendi (5) o gli schianti da vento o da neve (4). Va detto però che in genere questi danni sono frutto di una gestione non ottimale dei boschi, per esempio quando non vengono eliminati gli alberi più vecchi, quelli che i forestali definiscono "alberi stramaturi" (Figura 32).

L'amministrazione forestale cerca di far fronte ai cambiamenti attraverso misure di selvicoltura adatte alle esigenze locali, tuttavia queste strategie possono avere degli effetti collaterali. Per esempio, sul Monte Sole in val Venosta, i forestali hanno riforestato con il pino nero, più resistente alla siccità, ma questo ha creato problemi perché i pini si decompongono a fatica e sono stati attaccati massicciamente dalla processionaria (14).

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Gli ecosistemi boschivi in Alto Adige ancora oggi immagazzinano più carbonio di quanto ne rilasciano: circa 1,15 tonnellate di carbonio per ettaro all'anno (3). Se la temperatura annua media aumenta, il bosco conquisterà anche quote più alte e, grazie a queste ulteriori superfici, immagazzinerà

ancora più carbonio nella biomassa del soprassuolo. D'altra parte però aumenterà anche l'attività di respirazione dei microrganismi che vivono nel terreno (13), cosa che potrebbe trasformare i boschi addirittura in una fonte di carbonio.

A causa dell'aumento della temperatura media annua, delle estati aride e degli inverni ricchi di precipitazioni, si modificherà la composizione delle specie arboree alle varie altitudini (7). L'incremento delle temperature medie e i cicli vegetativi più lunghi miglioreranno le condizioni di riproduzione e le dinamiche delle popolazioni di alberi, ma favoriranno anche gli attacchi dei parassiti. Se le varie specie arboree non si adegueranno abbastanza rapidamente dal punto di vista fisiologico le conseguenze potrebbero essere calamitose (7). Per esempio, il ciclo di riproduzione del bostrico potrà ridursi, alle quote più basse, da 80 a 45-35 giorni, e alla seconda generazione di bostrici potrà aggiungersene anche una terza nel corso dello stesso periodo vegetativo, con il rischio di danni da bostrici anche alle quote superiori ai 1200 m (15). Gli attacchi della ruggine della corteccia nei pini silvestri (*cenangium*, *sphaeropsis*), del bostrico del pino o da limantria (*lymantria monacha*) negli abeti rossi, e del bombice dispari (*lymantria dispar*) nei boschi cedui di latifoglie saranno più estesi e frequenti (16).

Insieme a una maggiore frequenza di precipitazioni intense, temporali e gelate tardive, anche gli errori e le omissioni nella gestione forestale avranno conseguenze sempre più gravi; ne consegue che i danni dovuti a incendi boschivi, schianti da vento o da neve aumenteranno (4).

MISURE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

- Poiché il bosco ha ritmi di adattamento molto lenti, è necessario agire in maniera preventiva nei confronti dei cambiamenti climatici, scegliendo **specie arboree adatte** e mettendo in atto **una adeguata pianificazione selvicolturale**. In futuro i boschi delle regioni di montagna dovrebbero essere caratterizzati da latifoglie maggiormente resilienti alle temperature e da composizioni di specie stabili e di età diverse che bene si abbinino alle attuali specie cosiddette *climax*, cioè quegli alberi che si sono ambientati al meglio. Queste soluzioni avranno un effetto positivo anche sulla funzione del bosco come serbatoio di carbonio (7).
- **Incentivi finanziari potrebbero convincere i proprietari dei boschi a sostituire le aghifoglie, generalmente favorite per motivi economici, con latifoglie o con soluzioni miste;** questi alberi infatti proteggono il terreno dall'erosione

e svolgono funzione di serbatoio e distributore d'acqua. Allo stesso tempo, i proprietari andrebbero consapevolizzati sui gravi danni economici che si dovranno aspettare con il progressivo aumento degli eventi estremi, se non adatteranno la loro strategia di gestione del bosco alla situazione locale. Già nel 2003, a Bressanone, un bosco di pini è andato distrutto per siccità (5).

- Per sfruttare in modo ottimale il potenziale degli ecosistemi forestali come bacini di assorbimento del carbonio, **il legname tondo destinato al taglio dovrebbe essere spinto alla quota più alta possibile**. Se il legno, che assorbe carbonio per lungo tempo, sostituirà altri materiali più dannosi per il clima, per esempio nelle costruzioni edili, potremo ridurre infatti le emissioni di CO₂ (→ Cambiamenti climatici, p. 17). Al contempo aumenterà anche la redditività della selvicoltura.
- La "Charta del Legno" (2015) dovrebbe essere utilizzata come strumento per **promuovere l'utilizzo del legno nella costruzione dei mobili e degli edifici a più piani**, e anche lo **sfruttamento dei sottoprodotti della lavorazione del legno per produrre energia** nelle centrali di teleriscaldamento.
- Al fine di individuare tempestivamente i cambiamenti ambientali, in futuro **la fenologia dovrebbe essere utilizzata come bioindicatore**. Andrebbero introdotti o potenziati sistemi di monitoraggio come la rete di bioindicatori su superfici di osservazione permanenti, stazioni di misurazione climatiche e di CO₂ e il servizio di monitoraggio forestale, che si occupa tra l'altro della segnalazione dei danni boschivi e del monitoraggio di specie nuove e/o invasive. Anche le immagini satellitari e le misurazioni aeree con impulsi laser (LiDar) possono dare il loro contributo nello studio dei parametri rilevanti dal punto di vista territoriale e forestale.

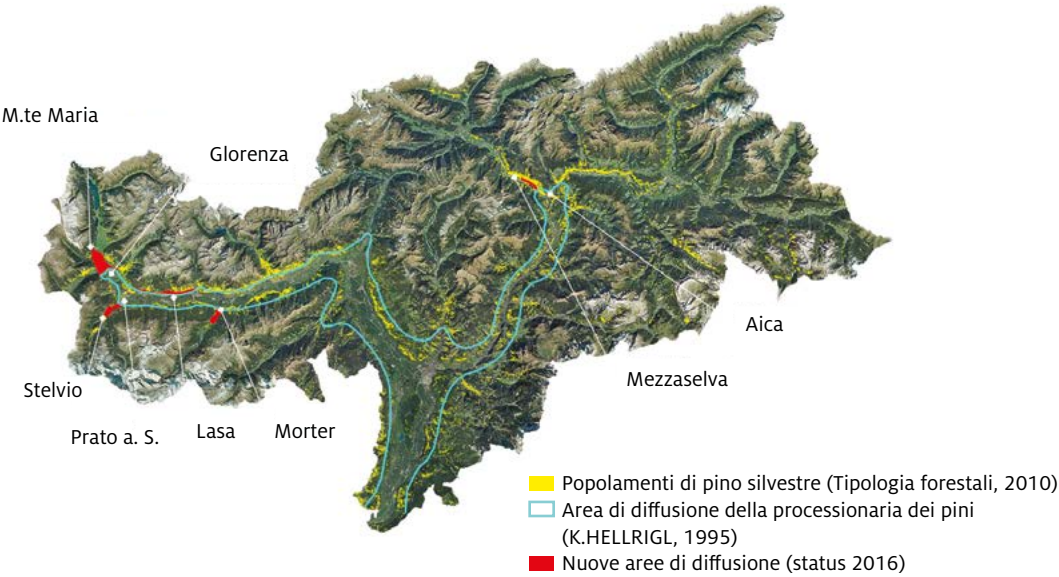


FIG. 31: Aumento del territorio di diffusione della processionaria dei pini. (Dati: Minerbi, 2017)

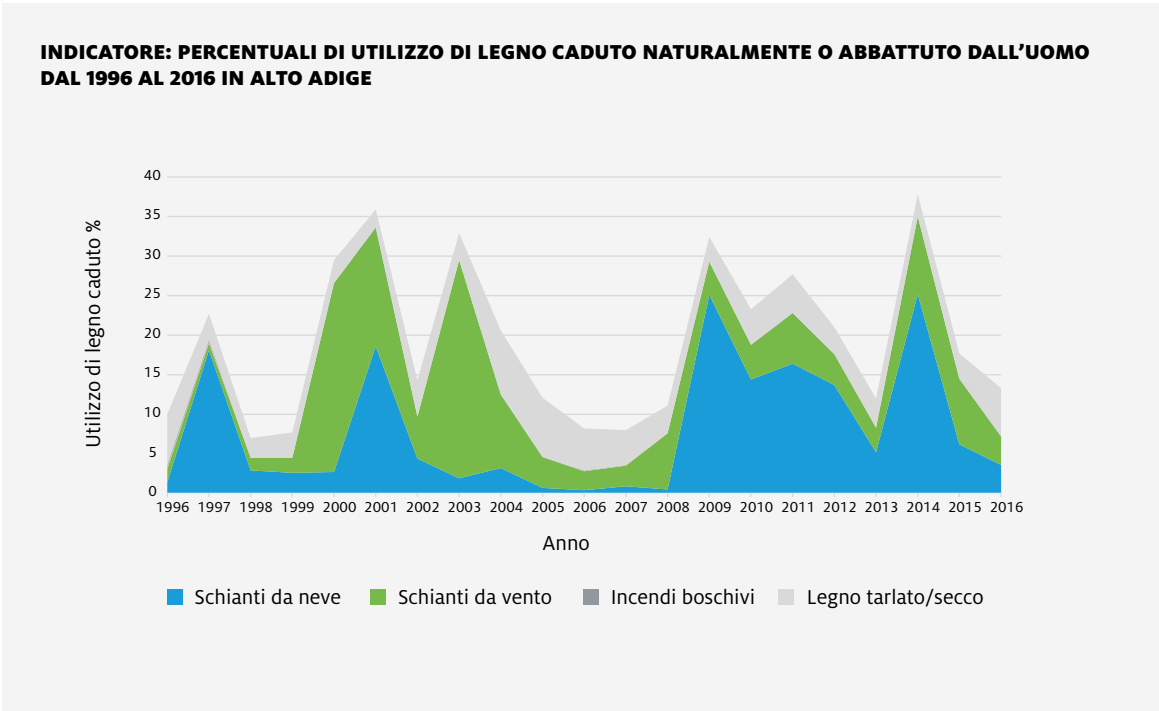


FIG. 32: Percentuali di utilizzo di legno caduto naturalmente o abbattuto dall’uomo dal 1996 al 2016 in Alto Adige. (Dati: Ufficio pianificazione forestale, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

Referenze

1. Provincia Autonoma di Bolzano (2013): Relazione agraria e forestale 2012. <http://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/agricoltura/relazione-agraria-forestale.asp>
2. Eurostat (2008): Eurostat Pressemitteilung 20. Oktober 2008. http://europa.eu/rapid/press-release_STAT-08-146_en.pdf
3. Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali (2009): Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC) - Caratteri quantitativi.
4. Autonome Provinz Bozen - Südtirol (2014): Abteilung Forstwirtschaft, Jahresbericht 2014. Forstschutz-Überwachungsdienst.
5. Minerbi, S., Cescatti, A., Cherubini, P., Hellrigl, K., Markart, G., Saurer, M., Mutinelli, C. (2006): Scots Pine dieback in the Isarco Valley due to severe drought in the summer of 2003. *forest observer*, 2-3, pp 89-144. Autonome Provinz Bozen - Südtirol Abteilung Forstwirtschaft, http://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/servizio-forestale-forestali/pubblicazioni.asp?publ_action=4&publ_article_id=93545
6. Wolf, A. (2008): Die Kohlenstoff-Senkenkapazität des Schweizer Waldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 159(9), pp 273-280, <http://www.szf-jfs.org/doi/pdf/10.3188/szf.2008.0273?code=swis-site>
7. Walter, A. und Gratzki, A. (2015): Klima-Report Bayern 2015, Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, www.klima.bayern.de.
8. Autonome Provinz Bozen - Südtirol (2010): Walddtypisierung Südtirol, Band 1 & 2. Abteilung 32, Forstwirtschaft.
9. Provincia Autonoma di Bolzano (2016): Relazione agraria e forestale 2015.
10. Streckfuß, M. (2009): Dossier Invasive Arten. www.waldwissen.net.
11. Lévesque, M., Saurer, M., Siegwolf, R., (2013): Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of Norway spruce and European larch. *Global Change Biology*, 19(10), S. 3184–99, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23712589>
12. Oberhuber, W., Gruber, A., Kofler, W., Swidrak, I. (2014): Radial stem growth in response to microclimate and soil moisture in a drought-prone mixed coniferous forest at an inner Alpine site. *European Journal of Forest Research*, 133(3), pp 467–479, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-013-0777-z>
13. 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 forest soil, *Ecology*. 91(2), pp 370–376, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/09-0478.1/full>
14. Aimi, A., Zocca, A., Minerbi, S., Hellrigl, K., Gatto, P., Battisti, A., (2006): The outbreak of the pine processionary moth in Venosta/Vinschgau: ecological and economic aspects. *forest observer* 2/3, pp 69–80, https://www.researchgate.net/publication/267830613_The_outbreak_of_the_pine_processionary_moth_in_VenostaVinschgau_ecological_and_economic_aspects
15. Tomiczek, C. und Pfister, A. (2008): Was bedeutet der Klimawandel für die Borkenkäfer? BFW- Praxisinformation 17, 23, https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/bfw_klimawandel_borkenkaefer/index_DE
16. Provincia Autonoma di Bolzano (2013): Relazione agraria e forestale 2013.

Insediamenti

**STEFAN SCHNEIDERBAUER, PETER LANER,
KATHRIN RENNER**

CON LA COLLABORAZIONE DI **VIRNA BUSSADORI**



SITUAZIONE GENERALE

La superficie del territorio insediativo in Alto Adige è esigua: circa 40.000 ettari, pari a poco più del 5% dell'intera superficie provinciale. Tutti gli insediamenti abitati e produttivi più estesi e le maggiori infrastrutture di trasporto si concentrano nei fondovalle dei fiumi più grandi, spesso fiancheggiati da ripidi pendii montuosi che impediscono l'espansione territoriale. La crescita demografica si traduce quindi nell'aumento della densità abitativa. Per esempio, nel quartiere di Bolzano Europa-Novacella, vivono oltre 190 persone per ettaro, corrispondenti a una densità di 19.000 abitanti per km². Il comune d'Italia che registra la più alta densità di popolazione, cioè Napoli Portici, ha una

concentrazione di circa 12.000 abitanti per km², mentre nei quartieri più popolati delle grandi città europee questo valore si attesta su circa 15.000 persone per km².

A causa dei cambiamenti demografici e sociali, in Alto Adige, come quasi ovunque in Europa, l'età media della popolazione e il numero di nuclei monofamiliari stanno aumentando. Secondo i dati dell'Istituto provinciale di statistica ASTAT, il numero delle persone anziane in Alto Adige è passato da 43.500 unità nel 1975 a 100.000 unità nel 2015, innalzando così sensibilmente il rischio di decessi durante le ondate di caldo.

Sui fondovalle, stretti ma più favorevoli agli insediamenti, gravano le esigenze di agricoltura, traffico, industrie ed edilizia abitativa. Il risultato è un affollamento di infrastrutture e costruzioni che ricoprono il suolo rendendolo impermeabile: l'acqua piovana non riesce a filtrare se non con grande fatica e lo scambio di gas tra suolo e atmosfera viene ridotto. Questo fenomeno, che i tecnici chiamano "impermeabilizzazione del suolo", ha ripercussioni dirette sul bilancio idrico e sul clima locale. Un'eccessiva impermeabilizzazione del terreno diventa un fattore determinante per l'insorgere di isole di calore nei territori insediati e aumenta, in caso di forti precipitazioni, il rischio di alluvione. Il modo in cui gli insediamenti vengono configurati esercita un'enorme influenza sul microclima urbano. Vista in un'altra ottica, gli insediamenti potrebbero svolgere un importante ruolo nella tutela del clima. Se è vero che il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici consuma molta energia,



sprigionando gas serra, è vero anche che riducendo il fabbisogno energetico con ristrutturazioni adeguate si abbatterebbero i consumi. Anche il sistema viario all'interno degli insediamenti riveste particolare importanza per il consumo di energia (→ Infrastrutture di trasporto, p. 96).

IMPATTI ATTUALI

Nelle aree edificate dell'Alto Adige osserviamo, come in tutte le città, un forte aumento delle temperature rispetto alle regioni limitrofe (1). In particolare, sono le temperature notturne più elevate (→ Cambiamenti climatici, p. 17) a pregiudicare il benessere dell'uomo. Per il caldo e le alluvioni negli insediamenti è responsabile in prima linea l'impermeabilizzazione del suolo, che amplifica gli impatti dei cambiamenti climatici.

Le temperature in aumento hanno già determinato un cambiamento nella fauna e nella flora delle città più grandi del territorio, per esempio attraverso l'arrivo di nuove specie. Dal 2013/2014 la zanzara tigre è diventata di casa in Alto Adige e la sua popolazione è in aumento (→ Insetti vettori, p. 102). La diffusione della zanzara tigre sul territorio alpino dipende anche, ma non solo, dai cambiamenti climatici (3). A causa delle zanzare i parchi d'estate sono meno frequentati e la loro funzione quali aree di relax si restringe di conseguenza.

Strettamente collegati con la temperatura e soprattutto con i fenomeni di pioggia torrenziale sono le frane, gli smottamenti, le cadute di massi e le alluvioni, sia a scala localizzata, cioè scatenate dalle piogge, sia di bacino, cioè causate dal fiume. Il potenziale di danno di questi eventi a carico di persone, edifici e infrastrutture di comunicazione è molto alto (→ Pericoli naturali, p. 58, e → Infrastrutture di trasporto, p. 96).

Negli ultimi anni si sono moltiplicati in Alto Adige fenomeni di pioggia molto localizzata e intensa per i quali la rete fognaria esistente non è opportunamente configurata. Ne sono conseguite inondazioni di strade, piani sotterranei di edifici e scantinati. Le piogge torrenziali che si sono registrate nella notte tra il 13 e il 14 luglio 2017 a Bolzano, quando in brevissimo tempo sono caduti oltre 50 litri di acqua per metro quadro, hanno provocato per esempio numerosi allagamenti e frane. Molti garage si sono allagati e le auto all'interno si sono danneggiate. Singole abitazioni sono rimaste isolate e la funivia del Colle ha sospeso temporaneamente il servizio. Per registrare questi eventi con maggior precisione, nel 2010 è stata introdotta la categoria di "alluvione urbana" nel sistema di monitoraggio della Provincia autonoma di Bolzano.

Nei territori a quota più alta i paesi e i singoli edifici sono minacciati dal rischio valanghe.



.....
 📷 A Bolzano, a causa della pioggia intensa, nella notte tra il 13 e il 14 luglio 2017 molti garage e scantinati si sono allagati.

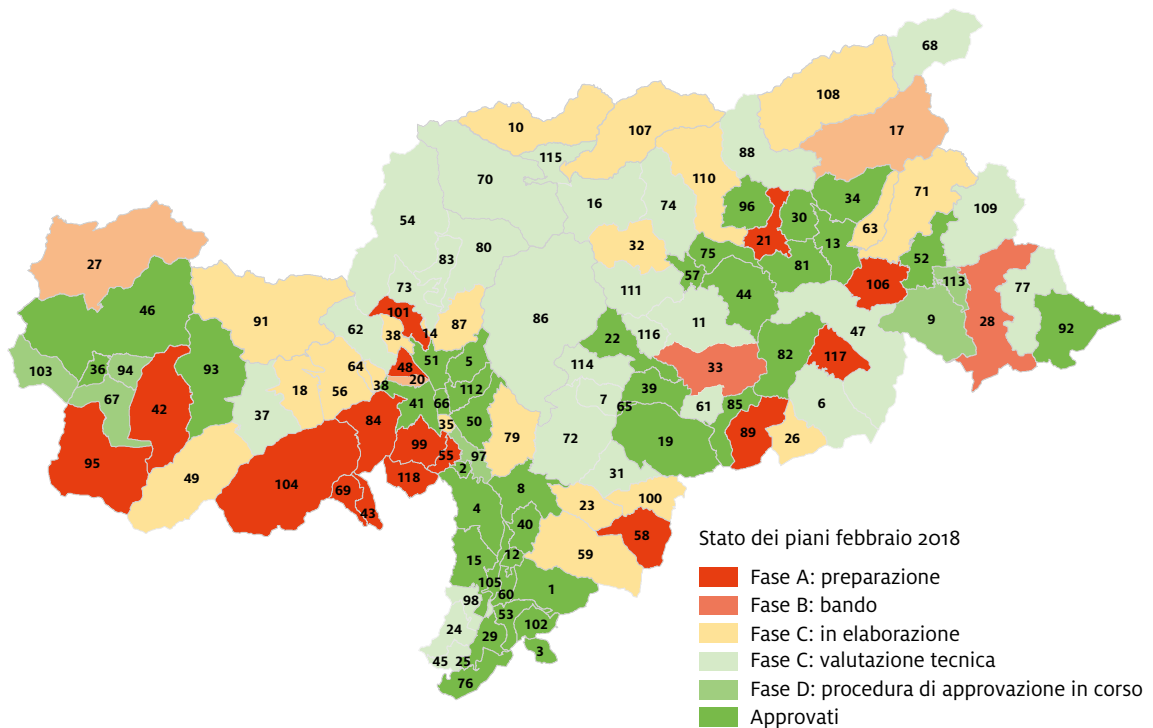


FIG. 33: Stato dei piani delle zone di pericolo in Alto Adige, febbraio 2018. (Dati: Ripartizione natura, paesaggio e sviluppo del Territorio, Provincia autonoma di Bolzano. Rappresentazione: Eurac Research)

1 Aldino, 2 Andriano, 3 Anterivo, 4 Appiano s.s.d.v., 5 Avelengo, 6 Badia, 7 Barbiano, 8 Bolzano, 9 Braies, 10 Brennero, 11 Bressanone, 12 Bronzolo, 13 Brunico, 14 Caines, 15 Caldaro s.s.d.v., 16 Campo di Trens, 17 Campo Tures, 18 Castelbello-Ciardes, 19 Castelrotto, 20 Cermes, 21 Chienes, 22 Chiusa, 23 Cornedo all'Isarco, 24 Cortaccia s.s.d.v., 25 Cortina s.s.d.v., 26 Corvara in Badia, 27 Curon Venosta, 28 Dobbiaco, 29 Egna, 30 Falzes, 31 Fie' allo Sciliar, 32 Fortezza, 33 Funes, 34 Gais, 35 Gargazzone, 36 Glorenza, 37 Laces, 38 Lagundo, 39 Laion, 40 Laives, 41 Lana, 42 Lasa, 43 Lauregno, 44 Luson, 45 Magre' s.s.d.v., 46 Malles Venosta, 47 Marebbe, 48 Marlen- go, 49 Martello, 50 Meltina, 51 Merano, 52 Mongueifo, 53 Montagna, 54 Moso in Passiria, 55 Nalles, 56 Naturno, 57 Naz-Sciaves, 58 Nova Levante, 59 Nova Ponente, 60 Ora, 61

Ortisei, 62 Parcines, 63 Perca, 64 Plaus, 65 Ponte Gardena, 66 Postal, 67 Prato allo Stelvio, 68 Predoi, 69 Proves, 70 Racines, 71 Rasun Anterselva, 72 Renon, 73 Rifiano, 74 Rio di Pusteria, 75 Rodengo, 76 Salorno, 77 S.Candido, 79 S.Genesio Atesino, 80 S.Leonardo in Passiria, 81 S.Lorenzo di Sebato, 82 S.Martino in Badia, 83 S.Martino in Passiria, 84 S.Pancrazio, 85 S.Cristina Valgardena, 86 Sarentino, 87 Scena, 88 Selva dei Molini, 89 Selva di Val Gardena, 91 Senales, 92 Sesto, 93 Silandro, 94 Sluderno, 95 Stelvio, 96 Terento, 97 Terlano, 98 Termeno s.s.d.v., 99 Tesimo, 100 Tires, 101 Tirolo, 102 Trodena, 103 Tubre, 104 Ultimo, 105 Vadena, 106 Valdaora, 107 Val di Vizze, 108 Valle Aurina, 109 Valle di Casies, 110 Vandoies, 111 Varna, 112 Verano, 113 Villabassa, 114 Villandro, 115 Vipiteno, 116 Velturmo, 117 La Valle, 118 Senale-S.Felice


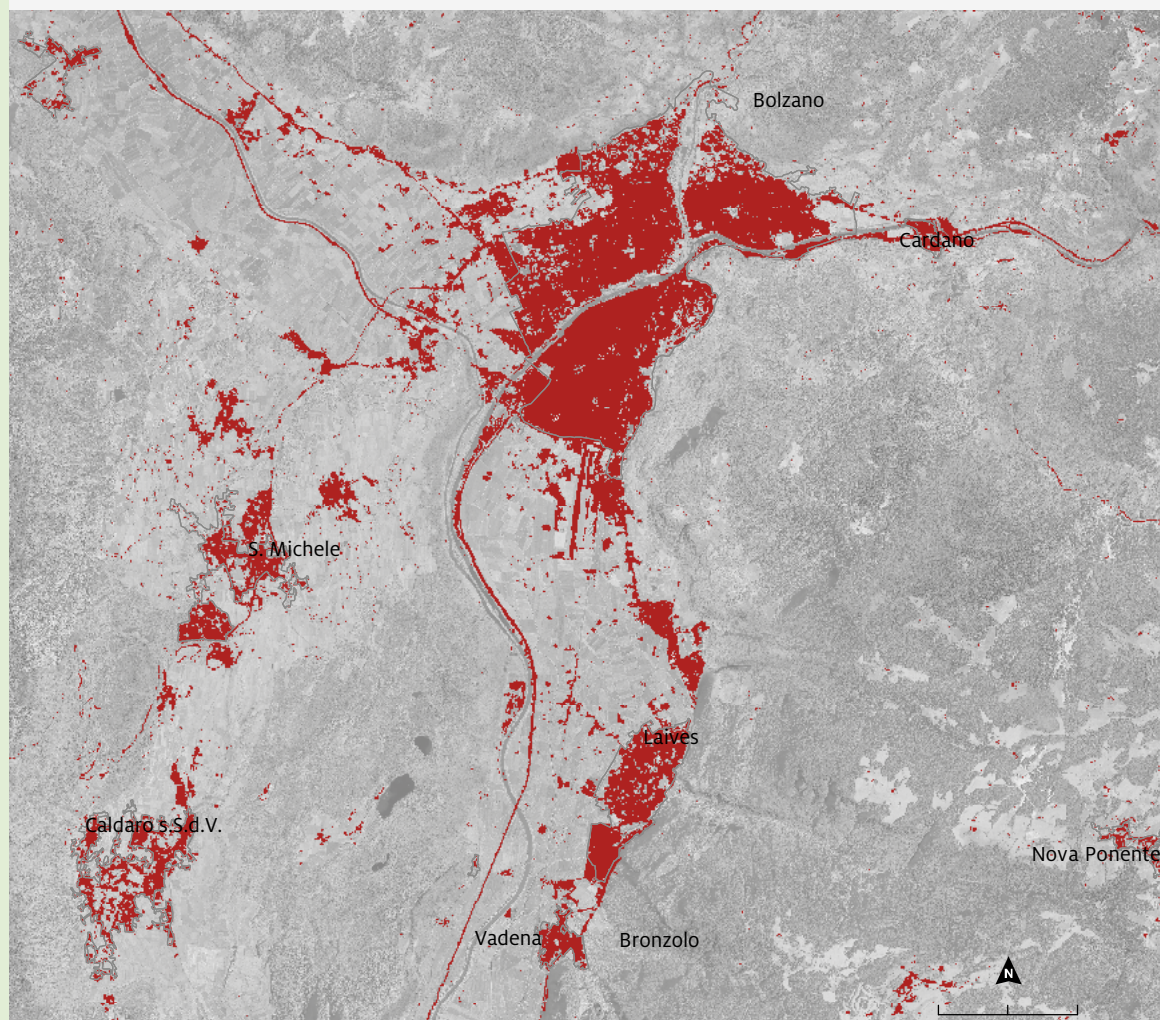
INDICATORE: SUPERFICIE IMPERMEABILIZZATA
 Superficie impermeabilizzata


FIG. 34: Impermeabilizzazione del terreno nel comune di Bolzano e dintorni, 2012. La mappatura si basa su dati satellitari ad alta risoluzione. (Dati: Agenzia europea dell'ambiente EEA. Rappresentazione: Eurac Research)

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO

Il fenomeno dell'impermeabilizzazione del suolo è monitorato in vari modi. Tutte le serie di dati disponibili sull'Alto Adige mostrano una tendenza all'aumento. L'Istituto provinciale di statistica ha constatato per il periodo compreso tra il 2007 e il 2012 un incremento di 1016 ettari (4). L'Agenzia europea dell'ambiente EEA misura l'impermeabilizzazione del terreno ogni tre anni. Per l'Alto Adige nel 2012 sono stati indicati 9090 ettari di superfici impermeabili. La relativa mappa per l'anno 2015 è ancora in fase di elaborazione.

Il "Centro comune di ricerca" della Commissione europea produce dal 1975 una serie di dati tempo-

rali a scala globale delle superfici su cui sono stati costruiti degli edifici. Sulla base di tali dati è possibile stabilire, per l'Alto Adige, che dal 1975 al 1990 sono stati aggiunti 1703 ettari di superfici edificate – pari al 4,2% del territorio disponibile. Dal 1990 al 2000 sono stati edificati altri 597 ettari – cioè l'1,5% del territorio disponibile, e dal 2000 al 2014 altri 737 ettari ancora – cioè l'1,8% del territorio disponibile. Questi calcoli si riferiscono tuttavia alla superficie *edificata* e non a quella impermeabile: altri usi del suolo che ne comportano la impermeabilizzazione, per esempio le strade, non sono considerate in questo rilevamento.

Agosto 2012, l'alluvione in val di Vize ebbe esiti drammatici: due anziane persero la vita, i danni materiali furono ingenti.



POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Intensificandosi ulteriormente il cambiamento climatico, anche gli impatti sugli insediamenti che osserviamo già oggi diventeranno più gravosi. Ciò vale in particolare per le conseguenze climatiche determinate dalla temperatura in aumento. Per esempio, nei centri abitati e nei centri produttivi si riscalderà meno in inverno, ma si consumerà molto di più per raffreddare gli ambienti nelle stagioni calde.

Se in futuro si dovessero registrare periodi più frequenti privi o poveri di precipitazioni – e a tal proposito regna una grande incertezza, questo potrebbe pregiudicare la qualità dell'aria, perché nei periodi di siccità le polveri sottili presenti nell'aria aumentano. Inoltre temperature più elevate possono peggiorare l'inquinamento da ozono, specie in combinazione con le emissioni prodotte dal traffico.

Nella stima dei rischi futuri legati ai cambiamenti climatici giocano un ruolo decisivo anche gli sviluppi e i processi sociali, per esempio il fenomeno del trasferimento dalla campagna alla città, il diffondersi di insediamenti in territori minacciati da pericoli naturali, oppure i cambiamenti nelle abitudini di vita e l'invecchiamento della popolazione. La vulnerabilità alle ondate di calore non è proporzionale all'età: una forte rete sociale può fare una grossa differenza, così come l'accesso ai mezzi di trasporto pubblici o la possibilità di sottrarsi al caldo acquistando un climatizzatore o soggiornando in montagna (→ Come affrontare

le ondate di calore, p. 101). In generale, tuttavia, le persone anziane vanno sicuramente catalogate come gruppo a rischio, così come i bambini, le persone con problemi di salute, i disabili e le fasce economiche più deboli. Per questi gruppi i cambiamenti climatici possono essere particolarmente problematici.

Un ulteriore aspetto importante è rappresentato dall'impermeabilizzazione del terreno. Secondo quanto affermato da Virna Bussadori, direttrice dell'Ufficio pianificazione territoriale della ripartizione Natura, paesaggio e sviluppo del territorio della Provincia autonoma di Bolzano, l'amministrazione si sta occupando di un monitoraggio sempre più preciso delle superfici impermeabili.

MISURE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

- **Rielaborare rapidamente i piani delle zone di pericolo.** Dal 2008 i comuni altoatesini sono obbligati a redigere quale base per la pianificazione urbanistica dei “piani delle zone di pericolo”, che valutano per ogni zona il rischio di eventi naturali come frane o alluvioni e vincolano di conseguenza le concessioni edilizie. A febbraio 2018 però solo un terzo circa di questi comuni ha adottato un piano delle zone di pericolo valido (Figura 33).
- **Tenere conto, nelle zone di pericolo, delle possibili mutazioni dovute ai cambiamenti climatici.** Nel redigere i piani delle zone di pericolo

i comuni finora non hanno controllato in che modo i rischi possano variare in funzione dei cambiamenti climatici. Alla luce degli impatti che già si apprezzano, è tuttavia un punto di centrale importanza per impedire il verificarsi di danni futuri.

- **Promuovere soluzioni che sfruttino le interconnessioni dei vari servizi ecosistemici** (→ Servizi ecosistemici, p. 65, e → Cosa possiamo fare?, p. 105). Per esempio, dove i terreni sono permeabili, l'acqua piovana può filtrare, alleggerendo così le reti fognarie e prevenendo le inondazioni. Il comune di Bolzano ha inserito nel regolamento edilizio l'“Indice di riduzione dell'impatto edilizio”, cioè una norma che obbliga i proprietari di fondi, in caso di nuova costruzione, a mantenere una porzione della superficie libera da pavimentazioni impermeabili all'acqua. Anche gli altri comuni dovrebbero adottare questa prassi.
- **Tener conto del “Piano Clima Energia-Alto Adige-2050” nella pianificazione urbanistica:** questo piano contiene numerosi spunti per un'urbanizzazione di città e paesi rispettosa

del clima. Le nuove costruzioni, per esempio, dovrebbero sorgere solo nel bacino d'utenza dei mezzi di trasporto pubblici, così da incentivare l'uso di veicoli ecologici. La prescrizione di aggiungere a tutte le nuove costruzioni anche dei parcheggi porta a un numero sempre più elevato di superfici impermeabili e favorisce l'utilizzo delle automobili.

- **Considerare con maggiore attenzione i gruppi a rischio nella pianificazione locale e urbana** e adottare misure di adattamento adeguate: includere elementi verdi e blu nella pianificazione urbanistica, sfruttare le caratteristiche climatiche locali come le gallerie del vento e i vortici d'aria per raffrescare e depurare meglio l'aria in città; creare vie di collegamento brevi tra gli edifici e le aree verdi, favorire uno sfruttamento misto delle superfici, che ostacoli la crescita smisurata delle periferie, tramutare le superfici inutilizzate in parchi urbani e orti sociali favorendo così l'aggregazione, risanare le rive dei fiumi, rinverdirle e renderle accessibili ai cittadini.

Referenze

1. Heini, M., Hammerle, A., Tappeiner, U., Leitinger, G. (2015): Determinants of urban-rural land surface temperature differences – A landscape scale perspective. *Landscape and Urban Planning*, 134, pp 33-42, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614002357>
2. Austrian Panel on Climate Change (APCC) (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, ISBN 978-3-7001-7699-2
3. Cassina, F., Valorzi, C., Kohlmayer, R., Bucher, E. (2014): Die Tigermücke. Biologisches Labor, Landesagentur für Umwelt, <http://umwelt.provinz.bz.it/umwelt-gesundheit/tigermuecke-erhebung.asp> (Ultimo accesso: maggio 2017)
4. Monitoraggio di *Aedes albopictus* in Vallagarina Relazione finale, 2016 sulle attività di ricerca e monitoraggio della diffusione di *Aedes albopictus* nei Comuni di Rovereto, Ala, Aldeno, Avio, Besenello, Calliano, Isera, Mori, Villa Lagarina e Volano (aprile - ottobre 2016)
5. Provincia Autonoma di Bolzano (2012): Territorio insediativo in provincia di Bolzano.

Migranti climatici

**MARIACHIARA ALBERTON,
ISIDORO DE BORTOLI**



Nel 2015, violente inondazioni hanno sommerso la città di Chennai, nel Sud dell'India. Tragico il bilancio: oltre 300 morti e due milioni di sfollati finiti nella conta mondiale dei migranti per cause climatiche. Secondo i calcoli degli esperti dell'Unep, alla fine dello stesso anno erano quasi 20 milioni le persone, soprattutto in India e Cina, costrette a trasferirsi a causa di calamità naturali. Gli stessi studiosi prevedono che entro il 2060 questa cifra potrebbe raggiungere i 250 milioni, di cui 50 nella sola Africa.

Il problema dei migranti climatici è stato sollevato per la prima volta a metà degli anni settanta dall'ambientalista americano Lester Brown e da allora il dibattito è acceso sia nei circoli accademici che tra gli attivisti. Unep aggiorna con regolarità le sue stime e la Commissione europea ha pubblicato tre rapporti. Eppure, non esiste una definizione giuridicamente riconosciuta a livello internazionale, né tanto meno un quadro normativo che stabilisca universalmente lo status di "rifugiato ambientale".

Il problema è globale e drammatico, ma i legislatori si arenano quando devono descrivere il nesso tra i cambiamenti climatici e la fuga. Un tale riconoscimento comporterebbe l'ammissione del problema ed è emblematico che non si giunga a ciò. Se nel caso dei disastri, come alluvioni e terremoti, il legame è più evidente, la questione si complica per i cambiamenti progressivi, come la desertificazione o l'erosione di terreno per l'innalzamento dei mari. Questi fenomeni causano carestie che sfociano in depressioni economiche, tensioni sociali e spesso guerre, al punto di rendere la "fame" un vero e proprio status di persecuzione. La Siria è un esempio emblematico: in un paese dalle poche risorse e dunque vulnerabile, quattro anni consecutivi di siccità avrebbero spinto un milione

e mezzo di contadini impoveriti verso la costa, dominata dalla minoranza alauita favorevole a Bashar al-Assad. Da lì, il passo agli scontri armati è stato relativamente breve. Altrove, per esempio in Cina, agricoltori e industrie si contendono lo sfruttamento dell'acqua.

In Alto Adige un conflitto per la spartizione delle risorse naturali è per fortuna una eventualità molto remota. Il loro impoverimento non è ancora emergenziale e, soprattutto, il benessere economico ci dà più strumenti per adattarci, per esempio riconvertendo le colture. Tuttavia, quello dei migranti climatici è un problema che deve interessarci per almeno due ragioni. Prima di tutto perché i migranti climatici già arrivano in provincia. Non ci sono dati, ma possiamo legittimamente stimare che una quota dei circa 1300 richiedenti asilo presenti in Alto Adige e provenienti dalla Siria o dall'Africa subsahariana abbia patito in modo estremo gli effetti dei cambiamenti climatici. Non solo, dobbiamo prevedere che a lungo termine anche l'Alto Adige sarà alle prese con risorse naturali sempre meno generose e allo stesso tempo la pressione dei migranti sarà ancora più forte. La via per evitare sul lungo periodo scenari più foschi passa per la riduzione dei consumi, ma anche per una seria politica di inclusione e coesione sociale.

Turismo

ANNA SCUTTARI



SITUAZIONE GENERALE

Con un totale di oltre 7 milioni di arrivi e 31 milioni di presenze nel 2016 e un peso complessivo sul valore aggiunto pari al 16,2%, il turismo ha una cruciale importanza per l'economia dell'Alto Adige. Al tempo stesso, questo importante settore genera emissioni climalteranti legate al trasporto, alle attività in loco e ai consumi energetici all'interno delle strutture ricettive (→ Le emissioni di gas serra, p. 29). L'Alto Adige, se confrontato con le

regioni alpine confinanti, è il territorio con la più alta densità ricettiva per chilometro quadrato e ha un'elevata intensità turistica (1). Nel 2016, su 10 turisti, 4 erano italiani, 4 tedeschi e 1 austriaco o svizzero. Questi mercati implicano una dipendenza relativamente bassa dal trasporto aereo – 2,4% di arrivi in inverno e 5,9% in estate (2), ma un'alta dipendenza dal trasporto in automobile – 85,5% degli arrivi in estate e 83% in inverno, con effetti significativi sulla produzione di gas serra (→ Le emissioni di gas serra, p. 29).

Prevale il turismo estivo con il 63% delle presenze tra maggio e settembre, ma anche le attività invernali sulla neve hanno forte importanza. Alcuni prodotti turistici sono più tradizionali e vulnerabili ai cambiamenti climatici, per esempio lo sci e gli altri sport invernali o le attività sportive outdoor a piedi o in bicicletta. Altre offerte sono più innovative e meno dipendenti dal clima, come il turismo legato all'architettura locale e alle tecnologie alpine. L'interrelazione tra turismo e cambiamenti climatici risulta quindi complessa, sia in termini di mitigazione che di adattamento, e si interseca con ulteriori dinamiche globali: dall'apertura ai nuovi mercati asiatici alla possibile contrazione dei flussi legata a fenomeni terroristici.

INDICATORE: GIORNI CON TEMPERATURA MINIMA SOTTO AGLI 0° C

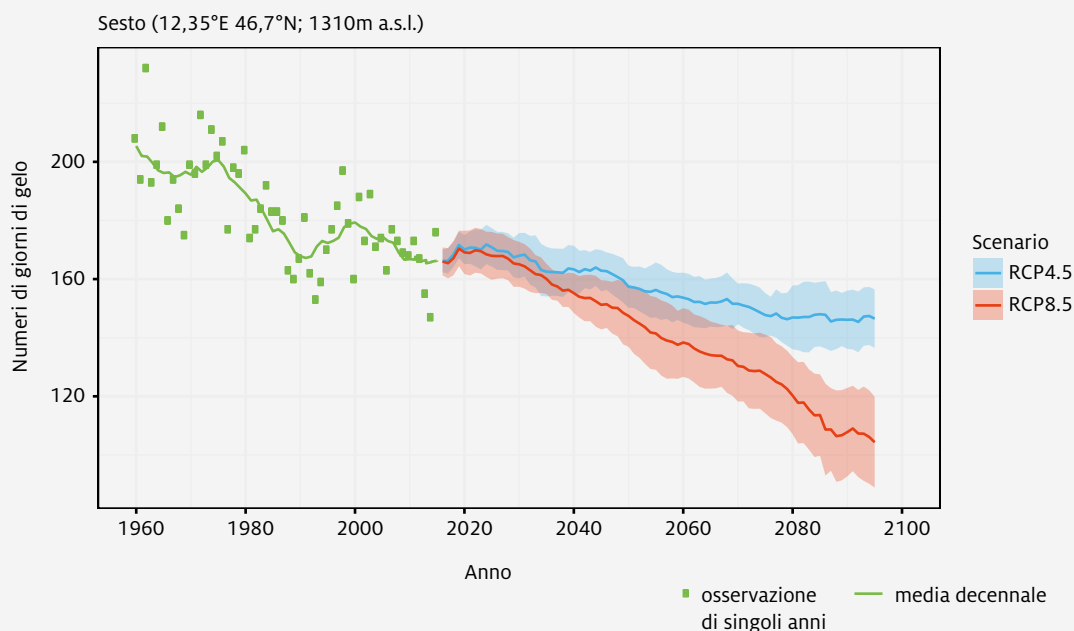


FIG. 35: Giorni con temperatura minima sotto agli 0° a Sesto. (Dati: Euro-Cordex e Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

IMPATTI ATTUALI

Attualmente, gli impatti più riconosciuti e percepibili dei cambiamenti climatici sul turismo a livello regionale sono relativi alla stagione invernale. In generale, l'Alto Adige ha sempre sofferto di uno svantaggio rispetto alle regioni a nord della catena alpina: sul versante sud nevica meno e la neve si scioglie prima. A questo si aggiunge che, a causa delle temperature più alte, le precipitazioni nevose stanno diminuendo ulteriormente (→ Neve e ghiacciai, p. 38).

Se manca la neve naturale viene progressivamente meno il caratteristico "paesaggio invernale" e a temperature più elevate diventa sempre più difficile anche produrre neve artificiale. Un indicatore a questo proposito è il numero di giornate con temperatura minima inferiore allo zero. A Sesto, questo indicatore è sceso da 200 a 160 giorni tra il 1960 e oggi e il numero di giornate potrebbe addirittura scendere di ulteriori 20 unità entro il 2050. Nello stesso periodo i giorni trascorsi completamente sotto zero sono scesi da 50 a 30 e potrebbero crollare sotto i 10 entro il 2070.

Per far fronte a questa tendenza i cannoni operativi in Alto Adige per l'innervamento artificiale sono più che quintuplicati dal 1995 al 2015 (5) e il con-

sumo di acqua è passato da 5 a 7 milioni di metri cubi tra il 2007 e il 2015 (3). L'aumento di consumi di acqua va naturalmente di pari passo con costi sempre maggiori per le imprese funiviarie e con l'incremento di utilizzo di energia elettrica: +77% nel 2015 rispetto al 2005.

Nonostante gli sforzi, in alcuni casi, i gestori dei comprensori hanno dovuto posticipare l'apertura degli impianti di risalita per mancanza di neve, come nel caso del consorzio Dolomiti Superski nel 2014 (4).

In generale, il numero di persone trasportate sugli impianti a fune in inverno è in lieve calo (5): nel 2009/2010 i passeggeri erano quasi 130 mila, nel 2015/2016 poco più di 126 mila. Per il momento, però, anche se ci sono meno sciatori, non ci sono meno turisti invernali - né in termini assoluti, né in termini relativi. Negli ultimi 20 anni le presenze hanno avuto un trend positivo e sono rimaste distribuite in modo costante tra estate e inverno, secondo uno schema 60-40%.

Per il turismo estivo studiosi e operatori intravedono nuovi orizzonti positivi, influenzati anche dai cambiamenti del clima. Le temperature più alte invogliano i turisti a trascorrere le vacanze estive in quota e a praticare sport e attività ricrea-

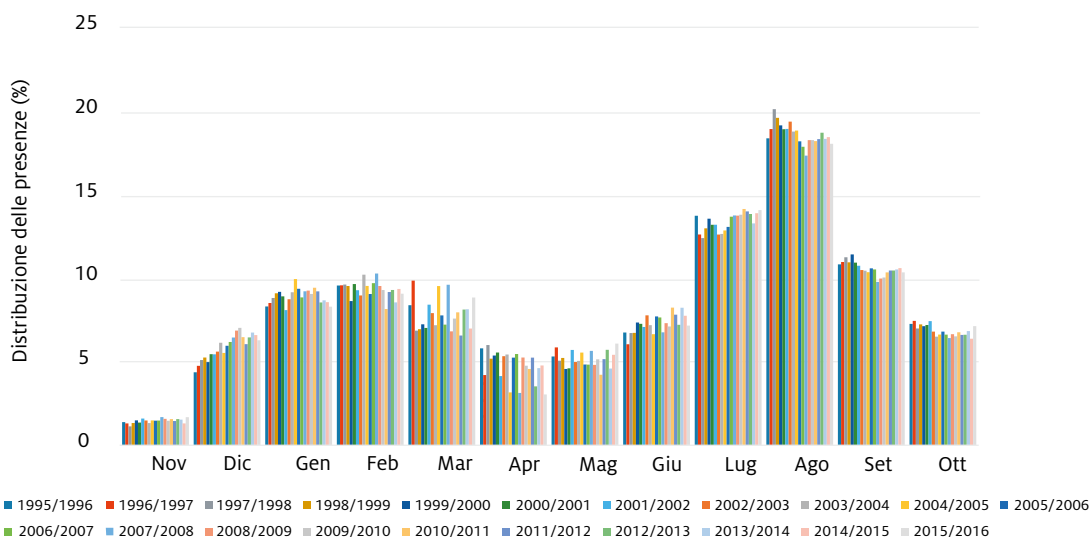


FIG. 36: Distribuzione delle presenze per mese nel ventennio 1995/96-2015/16. Le curve relative ai vari anni sono quasi sovrapposte; questo mostra come, malgrado siano cambiate le attività - meno sci e più wellness - le presenze negli ultimi vent'anni sono rimaste comunque distribuite in modo costante nei mesi dell'anno, a testimonianza che l'accorciamento della stagione invernale in favore di un allungamento della stagione estiva non si è ancora verificato in Alto Adige.



.....
📷 Fotografia e immagine satellitare della zona di Plan de Corones (11 dicembre 2015). Fino alla fine di gennaio le piste sono potute rimanere aperte solo grazie all'innevamento artificiale.



tive ad altitudini maggiori. Questo dato, integrato dal forte potenziale del turismo in bicicletta (anche elettrica) con l'ausilio di impianti a fune, potrebbe addirittura garantire la sostenibilità economica degli impianti a fune in caso di maggiore scarsità di neve. Il trend crescente nell'utilizzo estivo degli impianti a fune è testimoniato dall'incremento del numero di pedoni trasportati: da 3,7 milioni nel 1996 a 7,8 milioni nell'estate 2015. Queste prospettive di sviluppo devono inoltre tener conto della maggiore possibilità di frane, valanghe e cadute massi collegate ai cambiamenti climatici. Questi eventi, che colpiscono sia le aree di escursione in montagna sia la rete dei trasporti fondamentale per l'accessibilità turistica e la mobilità in loco (→ Infrastrutture di trasporto, p. 97), comportano problemi di sicurezza e un aumento

dei costi di manutenzione del territorio e delle infrastrutture turistiche come rifugi e impianti.

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Per il futuro, gli studiosi e gli operatori prevedono che le conseguenze di temperature più alte, già oggi percepibili, si inaspriranno. Per quanto riguarda il turismo invernale Martin Beniston e il suo gruppo di lavoro all'Università di Ginevra hanno analizzato le difficoltà cui andranno incontro le aree sciistiche: aumenteranno i costi dell'innevamento e si potrebbero verificare conflitti con altri settori per l'utilizzo dell'acqua (6).

In Alto Adige ci aspettiamo che la stagione turistica invernale si contragga ancora di più, a favore di un'ulteriore espansione del turismo estivo. Due

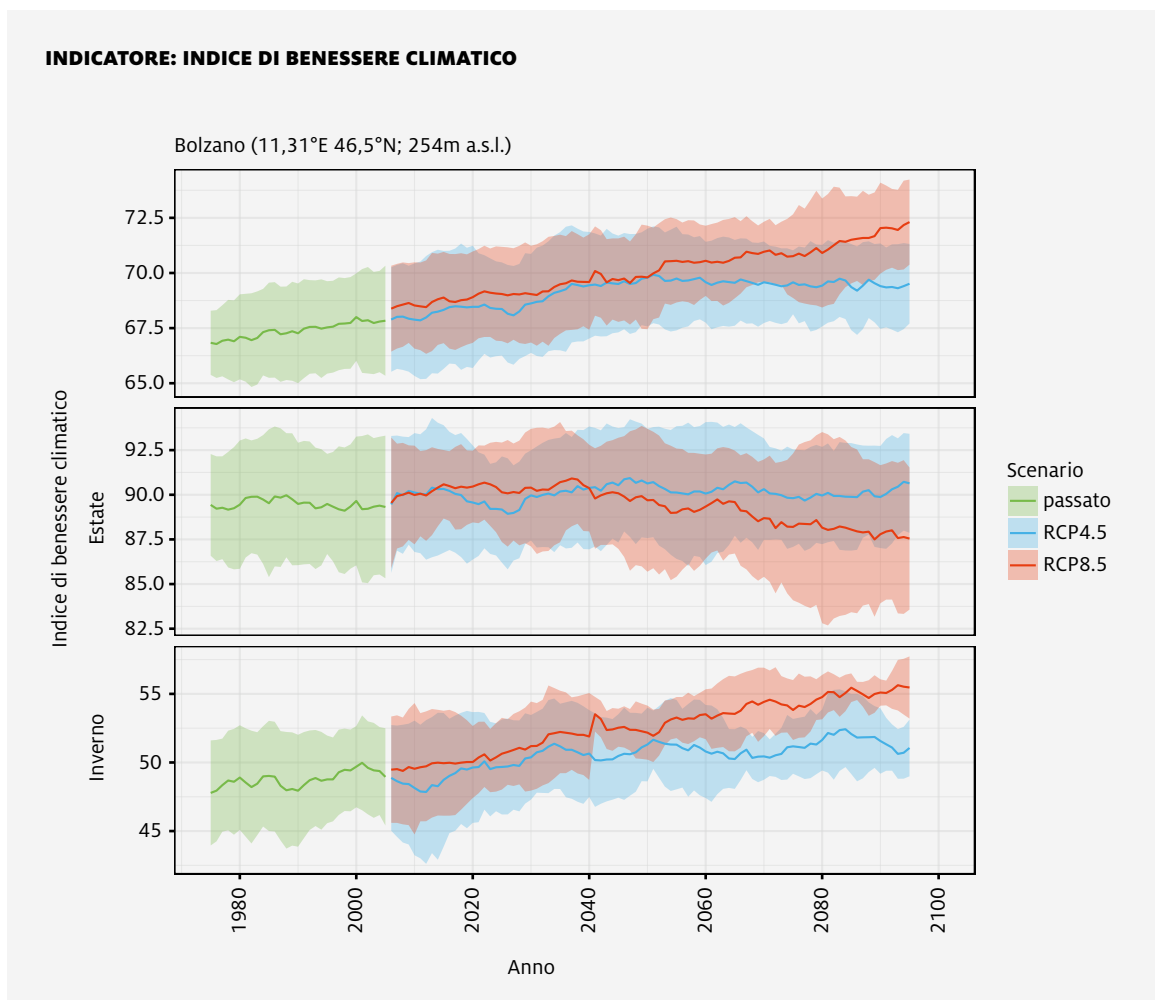


FIG. 37: Indice di benessere climatico (TCI) per la città di Bolzano. (Dati: Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research su indice di Mieczkowski)

studi confermano queste stime: il primo mette in relazione gli impatti dei cambiamenti climatici con il benessere climatico percepito dai turisti; il secondo stima i flussi di arrivo tenendo conto anche dello sviluppo sociale ed economico dei paesi di provenienza dei turisti.

Per studiare le condizioni climatiche in relazione al turismo, gli studiosi fanno abitualmente ricorso al Tourism Climate Index (TCI), un indicatore che permette di valutare il “benessere climatico” complessivo dei turisti (7). Il TCI considera temperatura, umidità, precipitazioni, irradiazione e ventilazione in relazione all'attività turistica outdoor. Valori compresi tra 40 e 80 indicano un benessere climatico accettabile, valori superiori a 80 una situazione climaticamente confortevole. Il TCI per l'Alto Adige illustra come l'area già abbastanza calda del comune di Bolzano andrà incontro a una situazione ancora accettabile dal punto di vista climatico in estate: nel 2080 si prevedono valori sempre sopra 80 anche nello scenario peggiore (Figura 37). Altre destinazioni a una maggiore altitudine potranno offrire un maggiore benessere

climatico rispetto ad oggi, proprio per l'innalzamento delle temperature.

Un ulteriore studio sull'Alto Adige (8) permette di mettere in relazione l'andamento del clima con le dinamiche di sviluppo di arrivi e presenze. Il modello WEDDA-RDM (Weather Driven Demand Analysis Regional Distribution Model) (9) tiene conto delle variabili del TCI e considera anche l'andamento socio-economico nei principali mercati turistici altoatesini. I risultati di questo studio propongono due scenari di sviluppo: uno con un andamento economico “convenzionale” (RCP8.5/SSP5), l'altro con una situazione di sviluppo più moderato e non equo tra paesi (RCP4.5/SSP4). In entrambi gli scenari notiamo una crescita generalizzata dei pernottamenti, ma nello scenario *business-as-usual* i pernottamenti diminuiranno in modo significativo in inverno e aumenteranno in estate e nelle mezze stagioni. Nel 2080, la stagionalità inverno-estate, negli ultimi 20 anni stabile sul 40/60%, potrà quindi sbilanciarsi verso l'estate, addirittura fino a un rapporto 23/77%. Un simile aumento del turismo estivo implicherà

INDICATORE: ANDAMENTO DELLA DOMANDA SU BASE STAGIONALE

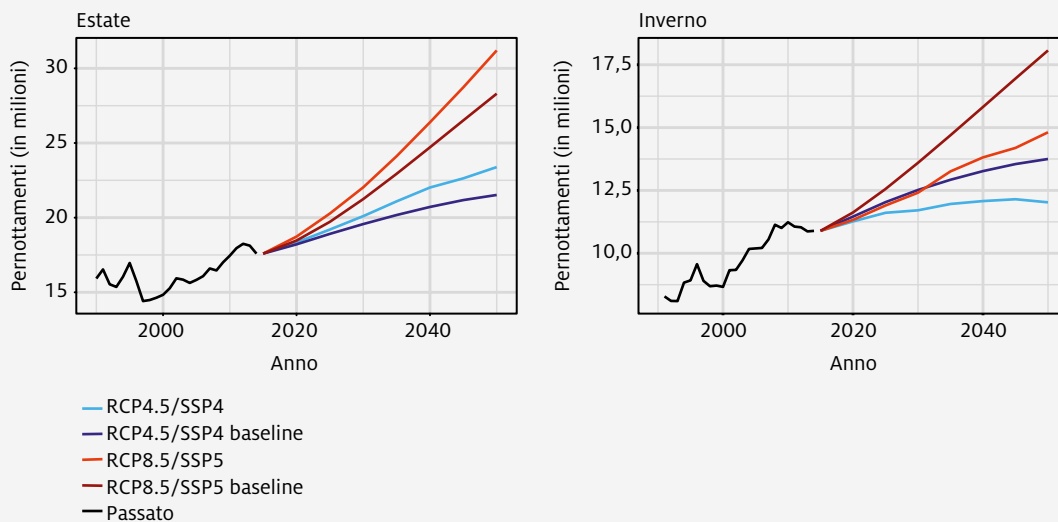


FIG. 38: Andamento della domanda su base stagionale. Lo scenario RCP8.5/SSP5 corrisponde a un andamento economico “convenzionale”. Lo scenario 4.5/SSP4 corrisponde a una situazione di sviluppo più moderato e non equo tra paesi. Gli scenari “baseline” sono al netto dei cambiamenti climatici. (Dati: Istituto provinciale di statistica ASTAT e Eurac Research. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

maggiore traffico veicolare, anche perché la mobilità in vacanza d'estate è maggiore che d'inverno. Una stima in base al modello WEDDA-RDM illustra che nel mese di agosto i picchi giornalieri di traffico potrebbero addirittura raddoppiare rispetto a oggi. In mancanza di politiche di gestione, si potrebbero quindi raggiungere i limiti di capacità della rete viaria, creando congestione, rumore e consumo di spazio per i parcheggi.

I rischi legati al dissesto geologico saranno sempre più intensi e frequenti, sia sulle reti di trasporto, sia sui percorsi outdoor e questo potrà compromettere agibilità di questi ultimi. L'agibilità di questi ultimi potrà essere compromessa da eventi meteorologici estremi sempre più frequenti.

MISURE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

Nell'ambito del progetto europeo Alpine Space ClimAlpTour abbiamo definito insieme ai nostri partner diverse misure di mitigazione e adattamento nel turismo, tutte molto correlate tra loro (10). In sintesi:

- ❑ **strategie “normative” rivolte alla tutela della natura, del paesaggio e dell'ambiente che si inseriscono in un quadro *business-as-usual*.** Per esempio, in Alto Adige le direttive per le utenze di innevamento programmato, “Delibera della Giunta provinciale n. 2691 del 25/07/2005”;
- ❑ **strategie “di orientamento basate sul mercato” che agiscono attraverso **incentivi finanziari per mitigare i cambiamenti climatici**, per esempio gli incentivi per la riqualificazione energetica delle piccole imprese nel settore alberghiero o i contributi erogati per l'effettuazione di audit energetici nelle aziende;**
- ❑ **strategie di “incentivazione volontaria”, che stimolano gli attori turistici a modificare volontariamente il proprio comportamento per mitigare gli effetti dell'attività turistica sul clima, per esempio la certificazione volontaria KlimaHotel o l'offerta gratuita delle carte per il trasporto pubblico durante le vacanze;**
- ❑ **strategie “innovative orientate al mercato”, che interpretano in maniera proattiva il cambiamento e sviluppano innovazione, per esempio la promozione della ski-area DolomitiSuperski in estate, con il marchio Dolomiti SuperSummer o la diversificazione dei prodotti turistici.**

Referenze

1. Istituto Provinciale di Statistica, Il turismo in alcune regioni alpine – 2014, Notiziario N. 09/2015 scaricabile alla pagina: http://astat.provincia.bz.it/news-pubblicazioni.asp?news_action=4&news_article_id=513053
2. Istituto Provinciale di Statistica e Eurac Research (Progetto Barometro turistico)
3. Agenzia provinciale per l'ambiente: <http://ambiente.provincia.bz.it/acqua/innevamento-programmato.asp> (Ultimo accesso: febbraio 2018)
4. <http://altoadige.gelocal.it/bolzano/cronaca/2014/12/05/news/plan-de-corones-apre-soltanto-una-pista-1.10442092?ref=search>, <http://altoadige.gelocal.it/bolzano/cronaca/2014/11/28/news/le-piste-da-sci-rinviano-il-debutto-1.10398149?ref=search>
5. Istituto Provinciale di Statistica (ASTAT) (2016): Impianti a fune in Alto Adige. Collana 204. Provincia Autonoma di Bolzano: Bolzano, scaricabile alla pagina: http://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=4&news_article_id=589814
6. Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacona, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J., Magnusson, J., Marty, C., Moran-Tejeda, E., Morin, S., Naaim, M., Provenzale, A., Rabatel, A., Six, D., Stötter, J., Strasser, U., Terzago, S. and Vincent, C. (2017): The European mountain cryosphere: A review of past, current and future issues. The Cryosphere, <https://doi.org/10.5194/tc-2016-290>
7. Mieczkowski, Z. (1985): The Tourism Climate Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. The Canadian Geographer, 29 (3), <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x/abstract>
8. Cavallaro, F., Ciari, F., Nocera, S., Prettenhaler, F., Scuttari, A. (2017): The impact of climate change on tourist mobility in mountain areas. Journal of Sustainable Tourism, 25 (8), <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669582.2016.1253092?journalCode=rsus20>
9. Prettenhaler, F. und Kortschak, D. (2015): The effects of climate change on Alpine skiing tourism a European approach (The Economics of Weather and Climate Risks Working Paper Series No. 2/2015). Graz: Joanneum Research.
10. http://www.alpine-space.org/2007-2013/projects/projects/detail/ClimAlpTour/show/index.html#project_outputs (Ultimo accesso: febbraio 2018)
11. Istituto provinciale di statistica, Report "Impatto economico del turismo. L'utilizzo del Conto Satellite del Turismo", Notiziario Nr. 15/2012 http://astat.provincia.bz.it/news-pubblicazioni.asp?news_action=4&news_article_id=389255

Infrastrutture di trasporto

FEDERICO CAVALLARO



SITUAZIONE GENERALE

Il sistema di infrastrutture di trasporto dell'Alto Adige è composto da strade, ferrovie, un aeroporto civile e una limitata rete fluviale e lacustre utilizzata per finalità ricreative.

L'andamento delle infrastrutture è condizionato dalla conformazione del territorio, di natura prevalentemente montuosa. La viabilità principale segue l'andamento delle valli, spesso ricorrendo a gallerie, ponti o viadotti laddove le caratteristiche morfologiche non consentono alternative. Il numero di queste cosiddette "opere maggiori", cioè opere che richiedono costi elevati sia per la costruzione sia per la manutenzione, è significativo. Il Servizio strade della Provincia autonoma di Bolzano gestisce 1662 ponti, in media uno ogni 1,2 km di strada, e 206 gallerie, per circa 61 km di lunghezza. Tali opere sono particolarmente sensibili agli effetti dei cambiamenti climatici. Anche le infrastrutture legate ai valichi alpini, che costituiscono un importante elemento di collegamento internazionale e (inter)regionale, sono

elementi sensibili a causa delle altitudini elevate e delle variazioni di temperatura che usurano più velocemente l'asfalto. Tra questi il Brennero, con la sua quota relativamente bassa e la pendenza limitata, costituisce indubbiamente l'asse più importante per numero di veicoli, numero di passeggeri e quantità di merci. Nel 2016 sono transitati circa 33,5 milioni di tonnellate di merci lungo l'autostrada, facendone il valico più frequentato in assoluto dell'intero arco alpino. Anche per quanto riguarda la mobilità dei passeggeri il Brennero presenta i valori più elevati dell'arco alpino, con una media di più di 23.500 transiti giornalieri (1).

IMPATTI ATTUALI

Le infrastrutture di trasporto sono resilienti alla variazione delle condizioni esterne, specialmente quando si verificano in maniera graduale. L'Alto Adige non fa eccezione: allo stato attuale non si segnalano particolari problematiche dovute ai cambiamenti progressivi come l'aumento delle temperature medie o la riduzione delle precipitazioni. Tuttavia gli eventi estremi associati ai cambiamenti climatici, per esempio frane, esondazioni di torrenti, slavine e precipitazioni eccezionali, rendono il sistema maggiormente vulnerabile.

L'effetto più evidente sono le interruzioni della circolazione. I casi più importanti sono noti dalla cronaca, ma non esiste al momento un registro analitico che riporti numero, durate e costi di queste interruzioni.

La ferrovia è la modalità di trasporto più colpita a causa della ridotta flessibilità della rete. A differenza delle strade, essa non permette di adottare percorsi alternativi in caso di eventi straordinari. Per esempio, il 24 giugno 2017 una frana causata dalle copiose precipitazioni ha invaso la linea del Brennero nei pressi della val di Fleres e la linea è stata parzialmente chiusa. Nella tarda serata del 5

Strade	Ferrovia	Aeroporto
116 km Autostrada Modena-Brennero (A22)	289 km complessivi, di cui:	Bolzano
815 km strade statali	- 277 km a scartamento normale (1435 mm):	0 voli di linea
1321 km strade provinciali	• 120 km Brennero (Brennero-Salorno)	Voli charter tra maggio e agosto
2823 km strade comunali	• 32 km Bolzano-Merano,	
1988 km strade poderali e forestali	• 60 km val Venosta (Merano-Malles)	
	• 65 km val Pusteria (Fortezza-San Candido)	
	- 12 km a scartamento ridotto:	
	• ferrovia del Renon	

agosto 2017 un violento temporale in val Pusteria ha provocato allagamenti e una frana che ha bloccato a 4 chilometri da Valdaora un treno regionale diretto a San Candido con 80 persone a bordo; la linea è rimasta chiusa fino al giorno successivo. Per quanto riguarda le strade, i rischi dovuti agli eventi estremi sono analoghi alla ferrovia: frane e massi possono invadere la carreggiata ostacolando la circolazione. In aggiunta a questo, a causa delle molte curve che riducono la visibilità, aumenta il rischio che i guidatori impattino contro tali ostacoli. La capillarità della rete infrastrutturale e la difficoltà nel prevedere se e dove si verificheranno gli eventi fa sì che il Servizio strade possa adottare solo misure adattative puntuali. Gli addetti installano pareti protettive o reti di sicurezza in prossimità di specifici punti dove il rischio di caduta massi viene considerato più elevato. Solo in casi di estrema criticità gli operatori optano per un più radicale ripensamento del sistema, costruendo nuove infrastrutture più sicure. È il caso della strada statale 12 a nord di Campodazzo, oggetto in passato di diversi fenomeni di caduta massi (2). Per prevenire tale eventualità, è stato deciso di costruire una galleria artificiale su un nuovo tracciato.

Impatti significativi sono generati anche dalla piena dei fiumi e dei torrenti. Per esempio, l'11 luglio 2016 il rio Pedross ha completamente allagato la strada provinciale 49 e il ponte a Vallelunga, in alta val Venosta. Il Servizio strade ha costruito un nuovo muro arginale per evitare future alluvioni (3).

Le precipitazioni intense danneggiano in particolare le strade non pavimentate: le piogge dilavano il fondo e spesso le rendono impraticabili. Poiché queste strade sono numerose in territorio altoatesino ma presentano flussi ridotti di traffico, si pone un problema di valutazione costo-opportunità degli interventi da intraprendere per una loro messa in sicurezza.

POSSIBILI IMPATTI FUTURI

Gli impatti attesi sulle infrastrutture varieranno in funzione della stagione considerata.

Da un lato inverni sempre più caldi porteranno alla diminuzione dei costi per la manutenzione. Tra questi, quelli per il sale usato per prevenire la formazione di ghiaccio lungo le strade. Inoltre circolare sarà più sicuro perché ci saranno meno neve e ghiaccio lungo le strade. Diminuiranno

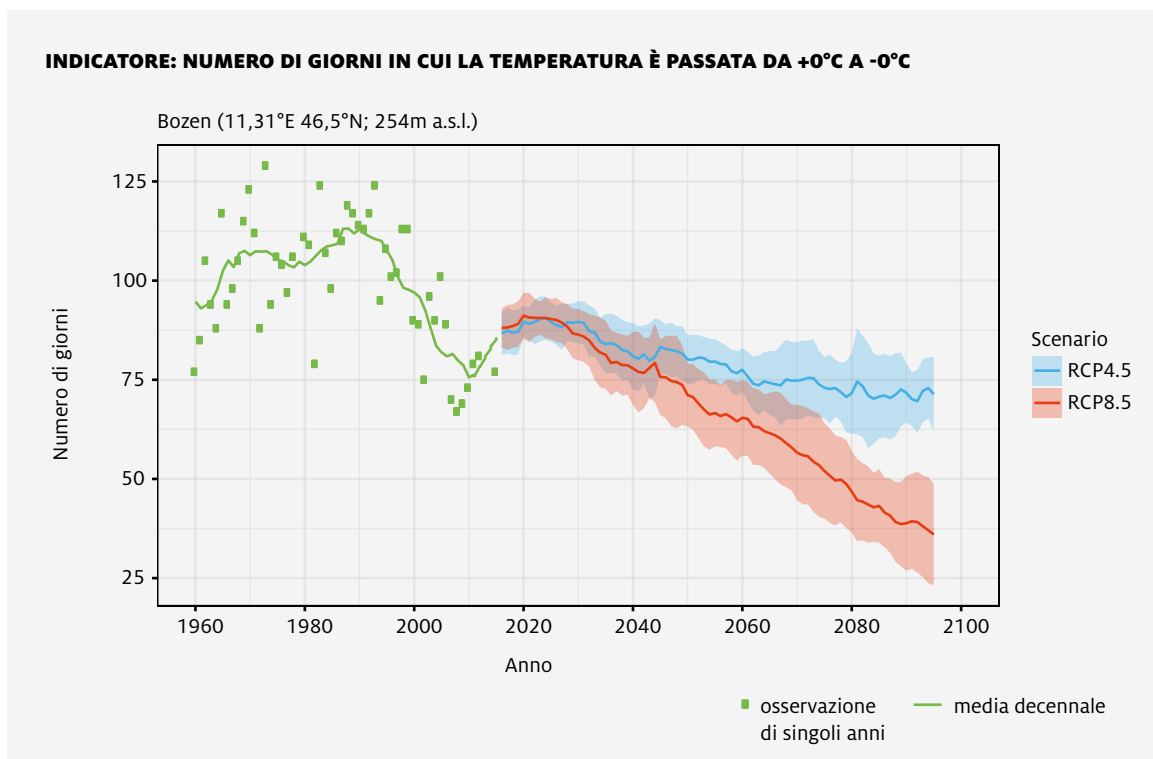


FIG. 39: Numero di giorni in cui la temperatura è passata da +0°C a -0°C. (Dati: Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)



.....
 Sopra: Agosto 2017, strada statale 51 Alemagna tra Dobbiaco e Carbonin chiusa per una serie di frane

Sotto: 9 gennaio 2018, ferrovia della val Venosta interrotta per una frana a Covelano, nei pressi di Silandro.



anche i cicli di gelo-disgelo, che causano il deterioramento delle superfici pavimentate, specialmente per infrastrutture che si trovano a quote limitate. Se consideriamo uno scenario *business-as-usual* con un aumento invariato delle emissioni (RCP8.5), entro il 2100 il numero di giorni in cui la colonnina di mercurio varcherà la soglia degli 0 gradi scenderà sotto i 50, a fronte dei quasi 80 di oggi (Figura 39).

Nelle stagioni intermedie le temperature più elevate causeranno una crescita più veloce della vegetazione lungo le infrastrutture, con costi più elevati per mantenerle percorribili. Inoltre aumenterà la temperatura media dell'asfalto. Per

stimarla abbiamo messo in relazione la temperatura ambientale con quella a terra: il risultato è che prendendo il 1971 come anno di riferimento e considerando i giorni più caldi dell'anno, nella seconda parte del secolo dovremmo registrare i valori massimi (Figura 40).

È tuttavia l'estate la stagione in cui sono attese le conseguenze più rilevanti, specie se collegate al verificarsi sempre più frequente di eventi estremi. Le ondate di calore potranno determinare problemi alla circolazione dei treni. I mezzi non progettati per queste temperature di esercizio potrebbero guastarsi più spesso. Inoltre, le ondate di calore potrebbero danneggiare anche le opere

infrastrutturali più delicate, per esempio provocando una dilatazione anomala dei giunti sui viadotti.

Nel trasporto ferroviario i binari potrebbero spostarsi lateralmente o disallinearsi: questo comporterà una riduzione delle velocità per evitare il deragliament.

A livello energetico, l'aumento della temperatura, combinato a un numero maggiore di persone e merci in movimento, causerà consumi più elevati di carburante e di elettricità: useremo di più l'aria condizionata e i veicoli consumeranno di più per mantenere le stesse prestazioni. Un caldo eccessivo infatti peggiora la performance degli pneumatici, che a contatto con l'asfalto fanno maggior resistenza nella marcia.

Il tendenziale aumento della siccità nel periodo estivo accrescerà il rischio di incendi che causeranno problemi di circolazione o imporranno la chiusura temporanea delle infrastrutture.

Le piogge intense e concentrate in limitati periodi dell'anno provocheranno disagi simili (→ Inseguimenti, p. 82) a causa delle difficoltà di drenaggio

del terreno. Inoltre il deposito di più detriti su strade e ferrovie causerà interruzioni più frequenti alla circolazione.

Da ultimo, a seguito degli eventi estremi, il trasporto aereo potrà subire un aumento dei ritardi e della cancellazione di voli. Attualmente, tale aspetto riguarda solo in misura parziale il territorio altoatesino perché l'aeroporto di Bolzano accoglie solo voli charter nel periodo estivo. Tuttavia non si esclude che in futuro possa verificarsi una modifica rispetto al piano attuale dei voli.

MISURE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

Le misure tecniche di adattamento al cambiamento climatico possono riguardare tre differenti fasi: la progettazione e la realizzazione di nuove opere, l'intervento su infrastrutture esistenti e gli interventi ex-post. Ciascuna di queste presuppone un orizzonte temporale in tre fasi: l'immediato, come nel caso di interventi per ripristinare un'infrastruttura a seguito di un evento estremo, il medio

INDICATORE: VARIAZIONE MEDIA DELLA TEMPERATURA DELL'ASFALTO IN % NEI 7 GIORNI PIÙ CALDI DELL'ANNO (1971-2000 = 100%)

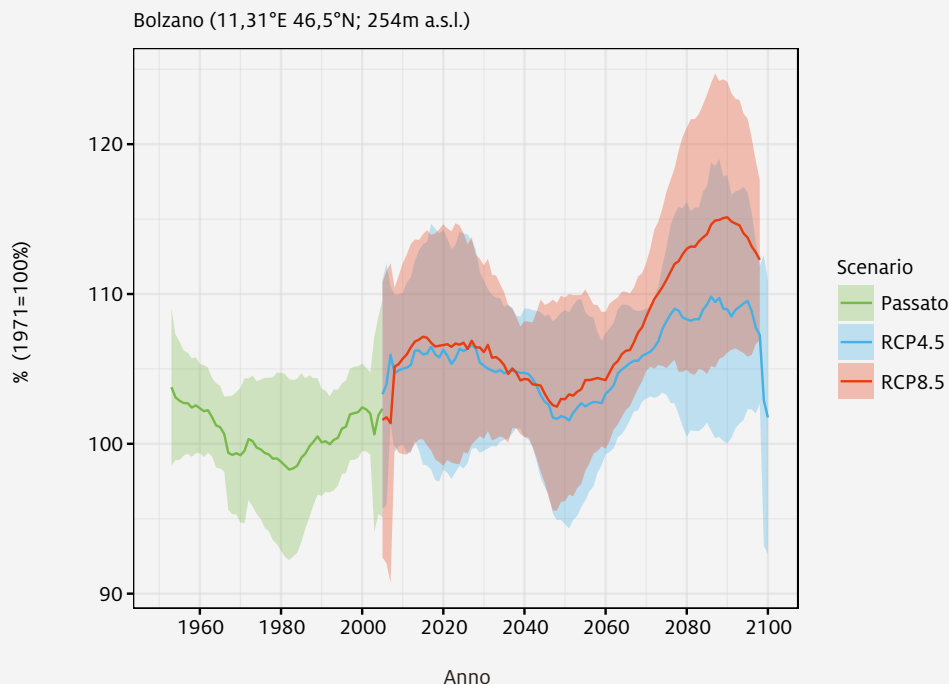


FIG. 40: Variazione media della temperatura dell'asfalto in % nei 7 giorni più caldi dell'anno (1971-2000 = 100%). (Dati: Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano. Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research)

periodo con la scelta di un orizzonte temporale per i piani di manutenzione e il lungo periodo, vale a dire la scelta di un tracciato riguardante nuove opere in fase di progettazione.

Alcune misure in grado di migliorare le performance delle infrastrutture per adattarsi ai cambiamenti climatici:

- per l'infrastruttura stradale, **utilizzo di asfalti maggiormente resistenti alle alte temperature;**
- per l'infrastruttura ferroviaria, **saldatura delle rotaie in barra continua**, per compensare in maniera più efficace deformazioni o disallineamenti dovuti alla variazione di temperatura del materiale;
- introduzione di **sistemi più efficienti di raffreddamento delle componenti elettriche;**
- **intervalli più brevi di manutenzione** delle infrastrutture e del parco veicolare circolante;
- **velocità di percorrenza più ridotte** lungo le infrastrutture e limiti di carico più bassi;
- adozione di **piani di rischio**, in grado di valutare ex-ante le parti di infrastruttura maggiormente soggette a rischio in caso di eventi estremi, nonché le misure necessarie per ripristinare una condizione di funzionalità della rete.

Tuttavia, **le sole soluzioni tecniche hanno un potere limitato** nel contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici. Per affrontare la problematica in modo più strategico occorre intervenire sulle **strategie di riduzione delle emissioni legate ai trasporti**, e quindi modificare il paradigma di mobilità, agendo sulle abitudini e sul comportamento degli utenti.

Referenze

1. Lückge, H., Heldstab, J., Cavallaro, F., Vivier, S., Kistler, R., Joos-Widmer N. (2018): iMONITRAF! Annual Report 2017. Political support for Toll Plus & agenda setting for a new phase. <http://www.imonitraf.org/DesktopModules/ViewDocument.aspx?DocumentID=fqk2jWTCaHk=> (Ultimo accesso: febbraio 2018)
2. Provincia autonoma di Bolzano, 2014. Prevista una chiusura di tre settimane per la SS 12 a Campodazzo. Online: http://www.provinz.bz.it/news/it/news.asp?news_action=4&news_article_id=450477 (Ultimo accesso: febbraio 2018)
3. Provincia autonoma di Bolzano, 2016. Valledlunga: strada messa in sicurezza dopo il maltempo. Online: http://www.provincia.bz.it/aeroporto/news.asp?news_action=4&news_article_id=553505 [04.06.17]

Salute



COME AFFRONTARE LE ONDATE DI CALORE

INTERVISTA A MATTEO VISCHI, DELL'AGENZIA PER LA PROTEZIONE CIVILE DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO.

Già da anni gli addetti ai lavori si confrontano con le ripercussioni sulla salute umana delle ondate di calore. Sul fronte dell'informazione, ogni anno il Ministero della salute lancia campagne sulle precauzioni da adottare. Sul fronte del monitoraggio, dal 2004 la Protezione civile nazionale ha avviato un progetto che coinvolge 27 città italiane, tra cui Bolzano. E proprio a Bolzano, ma anche a Laives e Merano, esistono centri anti-caldo per tutelare le fasce più vulnerabili nei periodi a maggior rischio. Inoltre, la Protezione civile e la Provincia stanno lavorando a un sistema di monitoraggio locale.

Già tutto sotto controllo?

Le singole istituzioni fanno un ottimo lavoro. Certamente, possiamo ancora migliorare. La cosa più importante è uscire dalla logica dell'emergenza. Nell'immaginario collettivo regna ancora l'idea che quando si annuncia un'ondata di caldo la Protezione civile dovrebbe attivarsi, magari distribuire bottigliette di acqua per strada. In realtà, quando fa caldo, ognuno di noi dovrebbe già avere con sé una bottiglietta in borsa. Ma per arrivare a questo occorre lavorare di più sulla prevenzione.

Come, concretamente?

Rendendo più organica l'informazione che arriva da diverse fonti, coordinando al meglio le campagne di informazione di Ministero della salute, Comuni, e Protezione civile. Raggiungendo tutte le persone con canali appositi, per esempio gli anziani per lettera e i turisti tramite gli alberghi, senza dimenticare le potenzialità delle nuove tecnologie. Ripensando a cosa e soprattutto come si comunica alla popolazione.

La Tv e i giornali ci hanno abituati ai bollini rossi di allerta. Non funzionano?

Il bollino rosso è nato come indicatore operativo: lo usano gli addetti al monitoraggio innanzitutto per comunicare con i Comuni. Il Centro di competenza nazionale per le ondate di caldo che si trova a Roma riceve anno dopo anno dalle località campione dati come temperatura, umidità, decessi e accessi al pronto soccorso con specifici sintomi. Un algoritmo processa questi dati, elabora dei modelli di previsione e classifica le situazioni di potenziale rischio attribuendo dei bollini colorati. Il bollino rosso indica la necessità di una maggiore attenzione, perché si preannunciano condizioni critiche nella zona. Spesso, purtroppo, sui media assume un valore emotivo, allarmistico. E finisce che le persone si affannano solo a controllare se i termometri raggiungono le temperature record di cui parlano i Tg invece di adottare semplici ma estremamente utili misure preventive.

Come si smantella questo fenomeno?

Dovremmo fornire più valutazioni che dati. 38 gradi di per sé non sono un problema, piuttosto sono le combinazioni di più fattori come giornate e notti con medie molto alte ad aumentare il rischio per i più vulnerabili. Convivere con il caldo dovrebbe diventare una cosa "normale" in estate.

Per esempio frequentando i centri anti-caldo, come quelli dell'iniziativa "Estate da brivido" a Bolzano?

Le dirò di più: le strutture che favoriscono l'aggregazione sociale sono essenziali, perché spesso le persone più vulnerabili sono soprattutto sole. In questo senso, trovo dovremmo investire ancora di più in strutture "protettive" che diventino punti di riferimento per tutto l'anno, magari erogando servizi diversificati. Le relazioni che nascono in questi contesti portano benefici anche al di fuori delle strutture.



INSETTI VETTORI

**INTERVISTA AD ALBERTA STENICO,
DIRETTRICE DEL LABORATORIO BIOLOGICO
DELL'AGENZIA PER L'AMBIENTE DELLA
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO.**

Quali sono i principali effetti dei cambiamenti climatici sulla salute delle persone?

Dal mio osservatorio registro una crescente diffusione di insetti vettori di infezioni virali. Al primo posto ci sono le zanzare tigre che possono trasmettere febbri anche mortali come dengue o chikungunya. In Alto Adige le abbiamo scoperte per la prima volta nel 2010 e ora sono presenti in modo stabile anche a 4-500 metri di quota. A fine stagione 2017 nei 143 punti di prelievo abbiamo contato oltre 220.000 uova; nel 2016 erano meno di 150.000 e nel 2014 poco più di 60.000. Siamo sorpresi dalla rapidità con cui questa specie si propaga, anche sfruttando il fatto che le persone si muovono di più rispetto al passato e trasportano con sé larve e zanzare.

In che modo il maggior numero di zanzare tigre è legato ai cambiamenti climatici?

Le larve sopravvivono grazie agli inverni più miti. Nel 2017, più freddo rispetto al precedente, le gelate non si sono protratte per un tempo abbastanza lungo. In generale, le temperature in aumento favoriscono la diffusione a quote più alte. E, soprattutto, le zanzare tigre si adattano in modo sorprendente, per esempio sopravvivono anche 24 ore a -11° . Dal Trentino è arrivata la zanzara coreana e in Friuli Venezia Giulia si sta diffondendo una terza specie altrettanto aggressiva. Abbiamo ragione di credere che arriverà anche in Alto Adige.

Come viene monitorata la correlazione tra il numero di zanzare e le infezioni?

Le zanzare fungono da vettori per diverse malattie esotiche e studi internazionali hanno dimostrato la correlazione tra numero di zanzare e probabilità di contrarre queste malattie. Un tempo il pericolo era solo nei paesi esotici. Nel 2007, si è verificata la prima epidemia di febbre chikungunya in Italia: in un paese del ravennate, circa il 10% dei residenti si è ammalato. Una persona è morta. In Alto Adige i malati confermati sono stati infettati all'estero.

Cosa si può fare?

Interrompere, con buoni risultati, il ciclo vitale delle zanzare: eliminare tutti i piccoli ristagni di acqua, e quando non è possibile trattarli con larvicidi

appositi. È indispensabile che istituzioni e cittadini collaborino. I comuni eseguono la prevenzione nei luoghi pubblici, per esempio distribuendo larvicidi nei tombini. Ogni singolo cittadino invece deve sorvegliare il proprio giardino, balcone e condominio e eliminare o trattare con larvicida ogni ristagno d'acqua, per esempio nei sottovasi.

Oltre alle zanzare tigre ci sono altri vettori significativi?

Le zecche sono vecchie conoscenze. Il monitoraggio non è così semplice, ma oggi non è raro trovarle fino a 1600 metri, mentre qualche anno fa non superavano gli 800. In Alto Adige, dal 2000 i medici hanno registrato ogni anno uno o due casi di TBE, la meningoencefalite da zecca. Nel 2016 i casi sono stati 14. Non possiamo intervenire sul ciclo riproduttivo, ma vale la profilassi: indumenti barriera, spray e vaccini.

I cianobatteri, noti come alghe azzurre, sono un problema per i bagnanti?

Sono presenti in tutti i laghi balneabili, ma al momento non raggiungono le soglie di guardia. Si moltiplicano quando la temperatura dell'acqua è elevata, oltre i 28°C e in presenza di concentrazioni elevate di fosfati. Per contenere la concentrazione dei cianobatteri, gli operatori dei comuni e del Laboratorio biologico dell'Agenzia per l'Ambiente si occupano della manutenzione dei laghi, per esempio con lo sfalcio e l'asporto delle piante. In questo modo mantengono bassa la concentrazione di fosfati e riducono la proliferazione dei cianobatteri.





📷 Sopra: Larve di zanzare tigre

Sotto: Ovitrappe per il monitoraggio della zanzara tigre. I contenitori sono riempiti di acqua (con larvicida) e collocati in aree ombreggiate; lì le femmine depongono le uova. Le ovitrappe, varie decine sparse in diversi comuni, vengono campionate ogni due settimane circa, da maggio a ottobre.



Cosa possiamo fare? Mitigare i cambiamenti e adattarsi

THOMAS STREIFENEDER
MIRIAM L. WEIß

5

Cosa fa l'Alto Adige per la tutela del clima? Cosa si potrebbe migliorare in questo ambito? La nostra provincia è preparata alle conseguenze dei cambiamenti climatici? Quali interventi di adattamento sono già stati attuati, quali sarebbe opportuno realizzare? Come può, ciascuno di noi, contribuire alla tutela del clima?

Per dare risposta a queste domande, in questo capitolo esaminiamo le strategie e le leggi esistenti, analizziamo le questioni chiave che interessano più settori – per esempio la gestione dell'acqua – presentiamo esempi positivi messi in atto in altre regioni e forniamo infine raccomandazioni concrete.

COSA FANNO E COSA POTREBBERO FARE LA POLITICA E LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE?

STRATEGIE, PIANI, PROGETTI

L'Alto Adige, che si definisce “KlimaLand” e “Green Region”, pone in massimo risalto **la tutela del clima**, alla quale è dedicato il documento strategicamente più importante pubblicato nel 2011: il “Piano Clima Energia-Alto Adige-2050” per l'attuazione a livello regionale della Strategia energetica nazionale (SEN). Il Piano Clima si prefigge obiettivi ambiziosi: la riduzione entro il 2050 delle emissioni di CO₂ di circa due terzi, cioè entro le 1,5 tonnellate pro capite all'anno, e la copertura del fabbisogno energetico per oltre il 90% con fonti rinnovabili – attualmente sono circa il 70%. A questi obiettivi si aggiunge quello di limitare la potenza continua annua a meno di 2200 watt pro capite all'anno; attualmente siamo sui 2700 watt circa,

come se 27 lampadine da 100 watt fossero costantemente accese per ciascun abitante. Raggiungere l'obiettivo prefissato vorrebbe dire scendere a circa 22 lampadine.

A livello locale le città di Bolzano, Merano e Bressanone, oltre alla val Passiria e all'Alta val Pusteria hanno collaborato con Eurac Research nell'ambito del “Patto europeo dei sindaci” per approvare una serie di piani d'azione finalizzati alla sostenibilità energetica: i piani PAES (Piani d'azione per l'energia sostenibile) e PAECS (Piani d'azione per l'energia sostenibile e il clima) (1).

Anche a livello comunale e circondariale esistono alcuni piani di mobilità che puntano all'uso di mezzi di trasporto ecologici o che stanno mettendo a punto tali strategie, per esempio il NaMoBu (Mobilità sostenibile Burggraviato) o il PUM (Piano urbano della mobilità 2020) a Bolzano.

A livello regionale il pacchetto di misure Green Mobility intende trasformare l'Alto Adige in una regione modello per la mobilità alpina sostenibile e prevede, fra l'altro, una serie di sovvenzioni per l'acquisto di nuove autovetture ibride “plug-in” (2000 euro) ed elettriche (4000 euro). Entro la fine del 2018 le stazioni di rifornimento per veicoli elettrici dovrebbero aumentare dalle attuali 50 a 70; secondo Alperia in futuro potrebbero aggiungersi altre 50-80 stazioni.

Da ricordare inoltre i sistemi di certificazione ComuneClima, ClimaFactory e ClimaHotel, che valutano l'efficienza energetica e la gestione eco-sostenibile nei comuni, nelle aziende e nelle strutture ricettive.

Le iniziative intraprese per adattarsi ai cambiamenti climatici sono decisamente meno numerose. Singoli piani e progetti d'importanza strategica come i progetti internazionali C3-Alps, CLISP,

COME RAGGIUNGERE GLI OBIETTIVI DEL PIANO CLIMA? MOBILITÀ VERDE E RISTRUTTURAZIONI

Per fornire spunti agli amministratori vincolati al “Piano Clima-Energia Alto Adige-2050”, nell'ambito del progetto Regenmod, in Eurac Research abbiamo messo a punto un modello informatico con il quale abbiamo simulato oltre 25.000 scenari energetici per il futuro. Il nostro modello ha calcolato l'interazione tra domanda, produzione, gestione e distribuzione di energia in Alto Adige, ora per ora, per un intero anno: il 2050.

Tra le migliaia di opzioni possibili, abbiamo individuato quelle più sostenibili dal punto di vista

ambientale e allo stesso tempo più economiche. Per rientrare negli obiettivi del Piano Clima, la mobilità a zero emissioni dovrà superare il 50% dei trasporti totali. Inoltre, l'efficientamento energetico dovrà essere più intenso, in modo da abbattere fino a oltre il 60% del consumo di energia termica. Secondo le nostre simulazioni, la somma annuale che la società spende in energia scenderebbe di oltre 20% (secondo dati del 2014). Nello scenario più vantaggioso, oltre 400 milioni di euro attualmente spesi ogni anno per diverse fonti fossili verrebbero convertiti in investimenti nel sistema energetico e in misure di efficientamento energetico del parco edilizio in Alto Adige.

.....
 📍 A Bolzano, in piazza Vittoria, si trova uno dei 50 punti di rifornimento per veicoli elettrici dell'Alto Adige.



AdaptAlp e PermaNET hanno analizzato gli impatti dei cambiamenti climatici sulle Alpi e hanno proposto varie opzioni anche per l'Alto Adige. Manca tuttavia una strategia di **adattamento** che contempli tutti gli ambiti economici e sociali, come raccomandato alle regioni dalla Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC) del 2014 (2); ne è provvista invece per esempio la Lombardia (3).

Un ulteriore importante strumento potrebbe essere un sistema di indicatori con cui registrare e monitorare non solo le emissioni e gli impatti dei cambiamenti climatici ma anche le misure di mitigazione e adattamento. Un sistema del genere è già in uso in Germania: "Strategia tedesca di adattamento ai cambiamenti climatici" (DAS – Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel) (4) e relativi Sistema di indicatori DAS (5) e Rapporto di monitoraggio sul DAS (6). In Italia è in fase di realizzazione un sistema analogo, che manca invece del tutto in Alto Adige. Con questo rapporto, che include una selezione di indicatori, vogliamo dare il nostro contributo per stimolare la nascita di questo strumento.

Raccomandazioni

- ❑ Elaborare una **strategia globale di adattamento ai cambiamenti climatici**, tenere conto dei cambiamenti climatici in tutti i settori e definire misure di mitigazione e adattamento. Questo approccio organico che prevede l'integrazione di più agende alla luce della stessa causa è noto a livello internazionale come *Mainstreaming Climate Change*.

- ❑ Sviluppare un **sistema di indicatori e di monitoraggio** che registri le cause e le conseguenze dei cambiamenti climatici, così come gli effetti delle misure di mitigazione e adattamento.
- ❑ Tradurre l'**Accordo di Parigi** (→ Cambiamenti climatici, p. 17) in **strumenti concreti a livello regionale**, verificare la corrispondenza con il "Piano Clima Energia-Alto Adige-2050" ed eventualmente adeguarlo.
- ❑ **Sfruttare** a livello comunale e tra i diversi comuni **le competenze e le sinergie esistenti**, per esempio nei settori energia, riciclo, acqua potabile. Un esempio positivo? La collaborazione tra i comuni di Rio di Pusteria, Naz-Sciaves, Varna e Bressanone volta a garantire l'approvvigionamento di acqua potabile.
- ❑ **Integrare nei PAES** (Piani d'azione per l'energia sostenibile) **le componenti di adattamento** ai cambiamenti climatici ed **elaborare i PAECS** (Piani d'azione per l'energia sostenibile e il clima).
- ❑ **Attuare a livello politico i risultati ottenuti dall'attività di ricerca.**
- ❑ **Informare l'opinione pubblica** sui cambiamenti climatici, le loro conseguenze e i loro rischi, **evidenziando le responsabilità di ogni singolo cittadino**. Tra le iniziative da prendere a esempio la "Klimawoche" (la settimana del clima) in Baviera, con un migliaio di manifestazioni, oppure le molteplici iniziative con cui il comune austriaco di Lustenau (7) ha sensibilizzato i cittadini sul crescente rischio d'inondazione.

SERVIZIO DI COORDINAMENTO PER I CAMBIAMENTI CLIMATICI?

Gli sforzi compiuti dall'Alto Adige per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici devono essere pianificati a livello politico sul lungo periodo e con un approccio trasversale ai diversi ambiti di competenza. Su questo concordano gli esperti che su nostro invito hanno partecipato a un workshop per la preparazione di questo rapporto. La proposta emersa dall'incontro? Creare la figura di un "incaricato per la sostenibilità" che coordini le misure nei diversi settori, affianchi i responsabili durante la fase attuativa e supervisioni i risultati.



LEGGI E DIRETTIVE

Nella maggior parte degli ambiti le normative in Alto Adige non si riferiscono espressamente ai cambiamenti climatici, ma più generalmente alla tutela delle risorse naturali. Ciò riguarda, per esempio, le disposizioni sulla gestione dell'acqua e l'edilizia, la pianificazione territoriale, la selvicoltura e l'agricoltura, i trasporti e il turismo. Principi quali l'uso parsimonioso delle risorse, la produzione di energia da fonti rinnovabili o lo sfruttamento sostenibile del terreno vengono citati, ma spesso solo nell'introduzione al testo o nelle definizioni concettuali. A livello di articoli o paragrafi non vi è quasi traccia di misure concrete per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, malgrado l'Unione europea chieda tramite i suoi documenti strategici di tradurle in leggi. Le misure sulla riduzione dell'uso di terreni a rischio sotto il profilo idrogeologico e le limitazioni poste alla riconversione delle superfici boschive sono eccezioni lodevoli.

A occuparsi espressamente di cambiamenti climatici sono i decreti legge sugli incentivi finanziari per gli interventi a favore della protezione del clima in diversi ambiti, come nella selvicoltura, nella consulenza alle aziende agricole o nell'ottimizzazione dell'efficienza energetica degli edifici.

L'Alto Adige applica con coerenza la legislazione europea sul risparmio e l'efficienza energetica: per quel che attiene il risparmio energetico, lo standard CasaClima è un modello esemplare in Italia introdotto nel 2002 e obbligatorio per legge dal 2005.

Raccomandazioni

- Integrare le misure per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici nelle leggi e

nei piani specifici (*Mainstreaming Climate Change*). Per l'adattamento facciamo riferimento soprattutto alla legge provinciale sul territorio e il paesaggio, al piano d'utilizzazione delle acque, al piano delle zone a rischio e al piano forestale.

- **Promuovere una condotta eco-consapevole** verso il clima e l'energia, **facendo leva anche su implicazioni di tipo economico**. Per esempio in Germania la tassa sui veicoli viene calcolata anche in base alle emissioni di CO₂: chi produce meno emissioni paga di meno. Sempre in Germania lo stato sovvenziona l'acquisto di impianti che consumano meno energia elettrica e riscaldamento attraverso un programma nazionale per il consumo sostenibile.

MISURE INTERSETTORIALI

Nel capitolo "Cambiamenti climatici e attività dell'uomo", p. 17, abbiamo analizzato gli impatti sui singoli settori. In realtà molti di questi sono collegati fra loro. Gli interventi di mitigazione e adattamento devono pertanto essere approcciati in un'ottica intersettoriale. Di seguito presentiamo una serie di opportunità d'azione per alcune questioni cruciali come la gestione delle risorse idriche, l'uso del suolo e il paesaggio, l'agricoltura, la selvicoltura, il turismo e i trasporti. Questi ambiti di intervento sono di fondamentale importanza per il notevole effetto leva che potrebbero avere; allo stesso tempo vedono in gioco così tanti attori con esigenze così diverse da rendere molto ambizioso il raggiungimento di equilibrio accettato da tutti tra le varie misure. Gruppi di lavoro e reti intersettoriali possono svolgere in questo senso un ruolo di estrema importanza.

UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE

La gestione dell'acqua tocca numerosi campi d'azione che hanno esigenze d'uso e perseguono obiettivi estremamente diversi: produzione di energia, agricoltura, conservazione degli ecosistemi, protezione contro i rischi naturali, turismo e altri rami economici nonché attività industriali che richiedono acqua.

In Alto Adige il diritto di sfruttare l'acqua come risorsa naturale, in quale misura e a quali condizioni, è stabilito dal "Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche" e in parte dai piani di rischio idrogeologico e di tutela delle acque. Come specificato nella parte dedicata alla "Gestione dell'acqua", p. 68, questi piani contengono anche indicazioni da seguire in caso di conflitti d'uso, tanto più frequenti quanto minore è la disponibilità d'acqua. La legislazione sull'impiego delle risorse idriche non menziona però in modo esplicito i cambiamenti climatici, il loro impatto e le possibilità di adattamento.

Raccomandazioni

- ❑ **Tenere conto di scenari di cambiamento climatico** anche **negli aggiornamenti futuri degli strumenti normativi**, per esempio tenendo in considerazione i possibili cambiamenti futuri del regime stagionale dei fiumi nel "Piano di gestione delle acque pubbliche", oppure ridefinendo le aree sensibili nel "Piano di tutela delle acque" e le aree a rischio nel "Piano di gestione del rischio alluvioni" in base agli scenari futuri.
- ❑ **Completare e proseguire** con sempre maggior cura **il rilevamento di serie di dati sui bilanci idrologici e sui consumi**, specialmente quelli irrigui. Entrambi gli aspetti sono indispensabili

per comprendere meglio gli attuali cambiamenti e per poterli comparare alle serie storiche e a quanto previsto per il futuro. Disposizioni a riguardo sono date dal decreto ministeriale "Linee guida regolamentazione modalità quantificazione volumi idrici uso irriguo" del 31 luglio 2015.

- ❑ **Sviluppare sistemi previsionali integrati** a scala stagionale e **sistemi di allerta in tempo reale** che coinvolgano in maniera attiva la popolazione: così è possibile reagire meglio a situazioni critiche sia di piena che di carenza idrica e contenere anche costosi interventi strutturali.
- ❑ **Rafforzare il coordinamento tra enti**. In caso di situazioni estreme definire chiaramente le priorità di uso per prevenire situazioni conflittuali.
- ❑ **Fornire agli utenti informazioni dettagliate sull'uso dell'acqua nelle case**, per esempio quanta acqua fredda e quanta acqua calda sono state utilizzate, dove sono i potenziali di risparmio e come si può risparmiare davvero. Pittogrammi e semplici rappresentazioni grafiche possono aiutare in questo senso.

UTILIZZO DEL SUOLO

Tra utilizzo del suolo e cambiamenti climatici esistono numerose correlazioni. A seconda di come viene gestito, il suolo può ridurre la concentrazione dei gas serra nell'atmosfera mitigando così i cambiamenti climatici – per esempio i boschi che catturano CO₂ –, ma può anche provocare l'emissione di gas serra. Viceversa, anche i cambiamenti climatici influenzano l'utilizzo del suolo: in Alto Adige ciò avviene in modo visibile per esempio nell'espansione della frutticoltura alle quote più



Il bilancio idrico viene stilato tenendo conto dei dati raccolti alla stazione di rilevamento sul fiume Adige a Bronzolo.



Le “soluzioni verdi”, come il ripristino delle aree naturali lungo i fiumi, coniugano protezione dell’ambiente e vantaggi per la società.

alte. L'utilizzo del suolo dovrebbe essere considerato in una strategia di adattamento poiché le scelte in questo frangente possono potenziare o depotenziare i fenomeni naturali. Per esempio, in caso di piogge estreme i terreni impermeabilizzati possono incrementare il rischio di alluvione. In materia di utilizzo del suolo l'Alto Adige si doterà a breve di un nuovo fondamento giuridico: la legge “Territorio e paesaggio”, al momento in fase di proposta di legge, ma che verrà approvata a breve. L'attuale legge urbanistica del 1997 (in vigore a gennaio 2018) prevede solo indirettamente misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, e le relative direttive, per esempio nel piano urbanistico comunale, sono state spesso messe in atto in modo non coerente. Nell'ambito della pianificazione delle zone residenziali spesso non è stato considerato né il loro collegamento ai mezzi di trasporto pubblici, né la possibilità di ridurre l'occupazione del suolo grazie a una maggiore compattezza. Il nuovo progetto di legge include anche obiettivi che contribuiscono alla protezione del clima; nell'articolo 2 cita: “la limitazione del consumo di suolo ed energia e la promozione dell'uso di energia da fonti rinnovabili”. La proposta fa riferimento anche al quadro normativo relativo al risparmio e all'efficienza energetica. Tuttavia anche la nuova legge, pur così importante per l'Alto Adige, non pone degli obiettivi che si riferiscano in maniera diretta alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici: il concetto di cambiamenti climatici non viene citato in nessun punto dell'attuale progetto di legge. Nemmeno questioni come il collegamento con mezzi pubblici dei nuovi insediamenti vengono affrontate concretamente.

La nuova legge non pone limiti chiari al consumo di suolo annuo. Vengono invece definite le densità minime per le nuove zone miste, ovvero le aree edificabili che prevedono la costruzione di edifici residenziali, commerciali e produttivi uno accanto all'altro. In questi casi la densità edificabile non può essere inferiore a 1,50 m³ in superficie per ogni metro quadrato di terreno edificabile, per cui, per esempio, la case a schiera vanno preferite alle villette unifamiliari. La proposta favorisce insediamenti più compatti anche attraverso un'altra disposizione: prima di assegnare nuove zone edificabili, andranno sfruttati eventuali edifici già esistenti ma non utilizzati. Questa concentrazione può ridurre il consumo energetico per riscaldamento e mobilità, dovrebbe però venir compensata in maniera adeguata attraverso un rinverdimento e un alleggerimento delle aree urbane. Queste misure non sono purtroppo previste nell'attuale progetto di legge.

Raccomandazioni

- ❑ Prevedere più “soluzioni verdi” che sfruttino le molteplici funzioni degli ecosistemi e abbiano effetti positivi sia a livello sociale sia a livello di biodiversità (→ Servizi ecosistemici, p. 65). Per esempio si potrebbero ripristinare le aree di ritenzione naturali lungo i corsi d'acqua come golene o banchine fluviali che servono da protezione contro le inondazioni. Si potrebbero creare negli insediamenti dei corridoi verdi che forniscono aria fresca e mantenere in generale dei paesaggi naturali che contribuiscano alla protezione del clima in quanto serbatoio di CO₂ e proteggano le zone edificate e le infrastrutture dai pericoli naturali.

- ❑ **Includere nella pianificazione territoriale le misure di mitigazione e adattamento** ai cambiamenti climatici. Un buon esempio è la legge della Baviera sulla pianificazione del suolo (8) e la legge sulla pianificazione territoriale dei Länder austriaci Tirolo (9) e Bassa Austria (10).
- ❑ **Fissare obiettivi annuali di consumo del suolo.** Per esempio il governo federale tedesco si è ripromesso di ridurre il consumo del suolo dai 69 ettari al giorno del 2014 a 30 ettari al giorno entro il 2020 (11).
- ❑ **Raccogliere informazioni sugli edifici inutilizzati e sui possibili impieghi.**
- ❑ **Nei piani delle zone di pericolo prendere in considerazione il modo in cui i rischi mutano in conseguenza dei cambiamenti climatici** (→ Insedimenti, p. 83).
- ❑ **Ridurre le superfici impermeabilizzate.** Sono buoni esempi il Comune di Bolzano con il suo indice di impermeabilizzazione del terreno (→ Insedimenti, p. 83) e la città di Dresda in Germania, che intende limitare a lungo termine l'urbanizzazione al 40% della superficie cittadina e che per questo ha introdotto nel 2002 un "conto di compensazione del suolo". Da allora le superfici non sfruttate possono essere edificate soltanto se ciò viene compensato da una adeguata "de-impermeabilizzazione" o dal rinverdimento di una altra area.
- ❑ **Sviluppare indicatori regionali per un'agricoltura a basso impatto ambientale,** da tenere sotto controllo all'interno di un progetto di monitoraggio.
- ❑ **Sensibilizzare gli agricoltori con consulenze e campagne di informazione.** In questo ambito le cooperative, così come i portatori di interesse, svolgono un ruolo importante.
- ❑ **Promuovere attivamente misure di mitigazione e adattamento tramite le cooperative,** per esempio la conversione all'agricoltura biologica o una più attenta selezione di sementi e specie.
- ❑ **Implementare attivamente sia le innovazioni tecnologiche come i trattori elettrici, sia quelle imprenditoriali** come le strategie di diversificazione per mitigare i rischi.
- ❑ **Utilizzare l'acqua in maniera più efficiente.** A tale scopo è necessario migliorare sia gli aspetti tecnologici, come i sistemi di irrigazione a goccia, sia le forme organizzative, per esempio con modalità di irrigazione flessibile, orientata al fabbisogno della specifica tipologia di terreno anziché ai turni (→ Agricoltura, p. 73).
- ❑ **Proseguire con coerenza il percorso verso composizioni arboree adeguate ai siti** (→ Selvicoltura, p. 78).
- ❑ **Mantenere e ampliare quei boschi che possono proteggere persone e infrastrutture dai pericoli naturali che si intensificheranno a causa dei cambiamenti climatici.** Un buon esempio di riferimento è il programma di tutela del "bosco di protezione" di Schlosswald, sopra il paese di Tirolo, che nel 2013 ha vinto il premio Alpiner Schutzwaldpreis.
- ❑ **Creare ulteriori incentivi per favorire la diffusione dei boschi di latifoglie** al posto di quelli di aghifoglie.

AGRICOLTURA E SELVICOLTURA

L'agricoltura contribuisce ai cambiamenti climatici con le emissioni di metano, i macchinari, i fertilizzanti e i prodotti fitosanitari. D'altro canto, l'agricoltura e la selvicoltura altoatesine hanno già iniziato ad adattarsi alle mutate condizioni climatiche, per esempio con studi sull'adeguatezza dei siti dedicati ai vari tipi di vitigni (progetto REBECKA), e a proteggersi dagli effetti negativi, per esempio tutelando i boschi come serbatoi di CO₂. Amministratori, agricoltori e studiosi sono generalmente consapevoli dei rischi legati ai cambiamenti climatici e conoscono le misure di mitigazione e adattamento più consone. Tuttavia questa consapevolezza non si è ancora tradotta in provvedimenti strategici; al momento le decisioni sembrano guidate quasi esclusivamente da logiche economiche e di mercato.

Raccomandazioni

- ❑ **Elaborare per il settore agricolo una visione che abbia al centro elementi di mitigazione e adattamento;** definire obiettivi di sviluppo a medio e lungo termine in direzione di un utilizzo del suolo sostenibile per la natura e rispettoso dell'ambiente.

TURISMO

Il turismo costituisce per l'Alto Adige un importante fattore economico con il suo 18% di valore aggiunto (12) e influisce in modo significativo su settori come trasporti, fabbisogno energetico, agricoltura e tutela ambientale. Le lunghe code sull'autostrada A22 e il traffico sui passi delle Dolomiti ai limiti della loro portata massima sono solo alcuni dei segnali di queste interconnessioni.

Finora nel settore turistico il tema dei cambiamenti climatici è stato associato solo a una questione: la neve sempre meno scontata potrebbe avere effetti negativi sul turismo invernale. In realtà, come dimostra lo studio che abbiamo svolto per l'Istituto di ricerca economica della Camera di commercio di Bolzano dal titolo "Il futuro del turismo in Alto Adige 2030", e come abbiamo spiegato nel paragrafo "Turismo", p. 90, le mutazioni del clima

potrebbero offrire nuove occasioni. Per esempio in futuro il clima in montagna potrebbe essere più piacevole che sulle coste e in Alto Adige potrebbe diffondersi un turismo alla ricerca del fresco e del benessere.

Per il settore turistico non esistono ad oggi né una strategia di adattamento né normative di legge in merito alla tutela del clima. In generale, sono rare le occasioni di confronto critico con questi temi. A tutela del clima si potrebbero porre limiti più stringenti all'espansione del settore ricettivo, per esempio imponendo un tetto al numero di posti letto per comune o regione.

Raccomandazioni

- ❑ **Sviluppare una ampia strategia** per affrontare la sfida dei cambiamenti climatici.
- ❑ Affrontare e discutere in modo più profondo temi come la sostenibilità, la neutralità climatica, il risparmio delle risorse e la tutela dell'ambiente.
- ❑ Promuovere pratiche compatibili con il clima e favorire **forme di turismo sostenibile e vicino alla natura, come per esempio l'agriturismo e il turismo a basso impatto sui trasporti** sul modello dei comuni Alpine Pearls (13) o dei Bergsteigerdörfer (14). Tra i cosiddetti "Villaggi degli alpinisti", iniziativa del Club alpino austriaco sostenuta tra gli altri dalla Convenzione delle Alpi, figurano anche due paesi altoatesini: Mazia nel comune di Malles e Longiarù nel comune di San Martino in Badia.
- ❑ Investire in **progetti di mobilità alternativi**, i cui aspetti centrali sono: arrivo e partenza con mezzi di trasporto pubblici, collegamenti efficienti e affidabili con gli aeroporti fuori provincia, soluzioni sostenibili per il cosiddetto "ultimo miglio" fino all'hotel/appartamento, disponibilità di e-bike o auto elettriche a noleggio. Tra le iniziative in questa direzione ricordiamo l'Alpe di Siusi con la sua mobilità dolce, #Dolomitesvives per la limitazione del traffico sui passi dolomitici e il progetto austriaco Easy Travel (15).
- ❑ **Per quanto riguarda le decisioni strategiche sul turismo invernale e sui sistemi di finanziamento degli impianti di risalita tenere in considerazione gli scenari climatici, soprattutto alle quote più basse**, cioè sotto i 1500 metri dove le piste da sci sono poco sostenibili. Progettare e sostenere piani di sviluppo alternativi per le economie locali.
- ❑ Promuovere i **ClimaHotel** e i **BioHotel**.
- ❑ **Nella classificazione degli esercizi alberghieri e di ristorazione tenere in maggiore considerazione, differenziandoli, i criteri di sostenibilità e di basso impatto ambientale:** materiali naturali, prodotti biologici e regionali, attrezzature e veicoli a maggior efficienza energetica, fonti di energia rinnovabili, gestione volta al risparmio delle risorse, mezzi di trasporto collettivi, e così via. Chi raggiungesse questi traguardi dovrebbe essere premiato con l'assegnazione delle stelle, per esempio con le certificazioni Stella Verde, Green Globe, Earthcheck.



TRASPORTI E TRAFFICO

L'Alto Adige dispone di una vasta rete di piste ciclabili e di un sistema integrato per il trasporto pubblico locale: l'Alto Adige Pass. Sia la bicicletta sia i mezzi di trasporto pubblico vengono utilizzati più spesso rispetto alla media italiana, anche se il numero di automobili per 1000 abitanti è uno dei più alti d'Italia. Alcune strade, come la Bolzano-Oltradige-Bassa Atesina, sono congestionate in modo cronico dal traffico di pendolari. Il parco rotabile del Trasporto pubblico locale (TPL) in generale è obsoleto e i collegamenti con mezzi di trasporto pubblici verso le province vicine non sono sempre ottimali.

Il traffico lungo l'asse del Brennero si concentra principalmente su gomma – per esempio il 71% delle merci viene trasportato via camion – e questo forte squilibrio va necessariamente corretto. Al momento il numero di stazioni di rifornimento per le auto elettriche o a idrogeno è ancora limitato. Le infrastrutture turistiche come le funivie sono spesso molto costose e non sono quindi competitive.

Come anche sottolineato dagli esperti che abbiamo riunito in fase di preparazione di questo Rapporto, il traffico è il principale campo d'azione per ridurre in maniera sostanziale le emissioni in Alto Adige. Qui infatti c'è il maggior potenziale di riduzione di CO₂. Non solo, meno pendolarismo, più telelavoro, orari di lavoro flessibili, gestione della mobilità aziendale e car pooling vorrebbero dire anche una migliore qualità della vita.

Raccomandazioni

- **Rafforzare il trasporto pubblico locale** ampliando l'offerta, armonizzando gli orari, promuovendo la multimodalità, migliorando l'affidabilità e la qualità del servizio.
- Parallelamente, **rendere meno attrattivo l'utilizzo delle auto private attraverso la riduzione dei parcheggi e l'introduzione di tariffe più elevate** per il parcheggio.
- Puntare su **forme di mobilità alternative**, creare ulteriori spazi e infrastrutture per i pedoni e le biciclette.
- Nei piani di mobilità urbana valutare le forme di trasporto anche in base al loro contributo ai cambiamenti climatici.
- **Promuovere maggiormente il passaggio ad automobili elettriche, ibride o a idrogeno** con incentivi finanziari, agevolazioni fiscali e l'esenzione dai divieti di circolazione; ampliare la rete di stazioni di rifornimento per questi veicoli.
- **Calcolare i pedaggi e i prezzi dei biglietti in modo da addebitare** in maniera corretta i **costi ambientali** e sociali causati dal traffico.

COSA POTREMMO FARE NOI TUTTI?

La tutela del clima non è soltanto una questione di disposizioni di legge, soluzioni tecniche o incentivi giusti. Ridurre le emissioni di gas serra è un compito che spetta all'intera comunità, ripensando le nostre abitudini e il nostro stile di vita.



☞ Sinistra: Inaugurato nel settembre del 2017, il Kunter Bistrò è la mensa sita nella sede secondaria del Wfo Kunter ma aperta a tutte le superiori che offre agli studenti menu a chilometro zero.

Al centro: Estate 2017, passo Sella è rimasto chiuso per nove mercoledì nella cornice di un progetto pilota di mobilità dolce.

Destra: Ad ora sono poco più di una ventina i ClimaHotel certificati in Alto Adige. I cambiamenti climatici offrono l'occasione per investire in forme di turismo più ecocompatibile.

Cittadini, aziende, scuola, ricerca – tutti possono dare il loro contributo. Ecco alcuni suggerimenti.

CITTADINI

- ❑ Stare **più attenti al proprio consumo** energetico. Possono essere d'aiuto il calcolatore di CO₂ dell'Agenzia CasaClima: http://casaclima.CO2-rechner.de/it_IT/ o il progetto "100max" <http://100max.org/it>. Entrambi gli strumenti mostrano anche i potenziali di risparmio energetico.
- ❑ **Sostenere le iniziative dotate di grande effetto leva**, per esempio i progetti che arginano lo sfruttamento abusivo delle foreste vergini.
- ❑ Impegnarsi attivamente a favore delle misure di protezione del clima.
- ❑ **Prediligere sempre l'uso di mezzi di trasporto pubblici** e bicicletta, ridurre i viaggi aerei.
- ❑ Dare la preferenza a prodotti regionali, stagionali e biologici.

AZIENDE, DATORI DI LAVORO

- ❑ **Riconoscere il vantaggio economico** della protezione del clima: ridurre le emissioni può anche voler dire spendere meno. Il programma di consulenza ambientale EcoProfit può dare le giuste dritte.
- ❑ Sensibilizzare i collaboratori per esempio con iniziative come "Alto Adige pedala" e **ridurre il**

trasporto individuale: favorire il car pooling, ridurre i parcheggi per le automobili, introdurre tariffe nei parcheggi aziendali, mettere a disposizione e-bike ed auto elettriche aziendali e sovvenzionare l'utilizzo dei mezzi di trasporto pubblici in un piano di mobilità aziendale.

- ❑ Puntare a ottenere **certificazioni ambientali** come ClimaFactory, ClimaHotel, Alleanza per la neutralità climatica.
- ❑ Creare un **bilancio del bene comune**: questa procedura di valutazione di aziende e istituzioni consente di analizzare la misura in cui esse contribuiscono al bene comune.
- ❑ Ambire a certificazioni internazionalmente riconosciute, per esempio la ISO 14001 Environmental Management o la ISO 50001 Energy Management.
- ❑ **Nelle mense favorire l'utilizzo di prodotti regionali, stagionali e, se possibile, biologici.**

ASILI INFANTILI E SCUOLE

- ❑ Favorire un **confronto precoce** con la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici in stretta collaborazione con istituzioni che già forniscono attività specifiche per i ragazzi, come l'Ecoistituto, l'Agenzia provinciale per l'ambiente o Eurac Research.
- ❑ Potenziare **l'educazione ambientale** nelle scuole elementari, medie, superiori e professionali, dedicando la stessa attenzione alla mitigazione



e all'adattamento ai cambiamenti climatici.

- Promuovere idee di progetti ecologici attraverso **concorsi di ricerca**, come per esempio il concorso “Jugend forscht/Giovani ricercatori cercasi”.
- Ampliare l'offerta di **corsi di pedagogia forestale** e di asili infantili forestali, come l'iniziativa Green Care Wald del Centro di ricerca federale austriaco sulle foreste.

RICERCA

- Raccogliere con costanza informazioni e dati scientifici sugli effetti dei cambiamenti climatici, analizzarli e renderli disponibili in forma di indicatori. Ciò consente un **monitoraggio a lungo termine** e può essere utile per i politici e chi si trova a dover prendere decisioni.
- Elaborare **scenari** di cambiamento climatico a livello regionale.
- Lavorare a più stretto contatto con le aziende e le istituzioni pubbliche, per esempio per sviluppare strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.
- Analizzare i possibili **rischi per la salute** dei cittadini e sensibilizzare l'opinione pubblica.
- Collaborare in modo interdisciplinare, per non perdere di vista le interazioni tra i vari settori.

Referenze

1. http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_en.html (Letzter Zugang: Februar 2018)
2. Castellari S., Venturini S., Ballarin Denti A., Bigano A., Bindi M., Bosello F., Carrera L., Chiriaco M.V., Danovaro R., Desiato F., Filpa A., Gatto M., Gaudio D., Giovanardi O., Giupponi C., Gualdi S., Guzzetti F., Lapi M., Luise A., Marino G., Mysiak J., Montanari A., Ricchiuti A., Rudari R., Sabbioni C., Sciortino M., Sinisi L., Valentini R., Viaroli P., Vurro M., Zavarelli M. (a cura di.) (2014): Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_rapporto_stato_conoscenze.pdf
3. <http://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/cittadini/tutela-ambientale/qualita-dell-aria/adattamento-al-cambiamento-climatico-verso-una-strategia-regionale/adattamento-al-cambiamento-climatico-la-strategia-regionale> (Letzter Zugang: Februar 2018)
4. Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Letzter Zugang: Februar 2018)
5. Schönthaler, K., Von Andrian-Werburg, S., Nickel, D., Pieck, S., Tröltzsch, J., Küchenhoff, H., Rubenbauer, S. (2011): Entwicklung eines Indikatorensystems für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4230.pdf> (Letzter Zugang: Februar 2018)
6. Schönthaler, K., Von Andrian-Werburg, S., Van Rühl, P., Hempen, S. (2015): Monitoringbericht 2015 – zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2015> (Letzter Zugang: Februar 2018)
7. <https://www.lustenau.at/de/buergerservice/service/polizei-sicherheit/hochwasserschutz> (Letzter Zugang: Februar 2018)
8. <http://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayLpIG/true?AspxAutoDetectCookieSupport=1> (Letzter Zugang: Februar 2018)
9. https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/bauen-wohnen/bauordnung/downloads/TROG_2016_Fassung_vom_03.04.2017.pdf (Letzter Zugang: Februar 2018)
10. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrNO&Gesetzesnummer=20001080> (Letzter Zugang: Februar 2018)
11. Die Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. https://www.bundesregierung.de/Content/Infomaterial/BPA/Bestellservice/Deutsche_Nachhaltigkeitsstrategie_Neuaufgabe_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (Letzter Zugang: Februar 2018)
12. http://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=4&news_article_id=389254 (Letzter Zugang: Februar 2018)
13. <https://www.alpine-pearls.com/it/> (Letzter Zugang: Februar 2018)
14. <http://www.bergsteigerdoerfer.at/> (Letzter Zugang: Februar 2018)
15. <https://www.uibk.ac.at/verkehrssysteme/forschung/easy-travel-.html> (Letzter Zugang: Februar 2018)

Indicatori

Tipologia	Ambito tematico	Nome	Descrizione
Emissioni di gas serra	Emissioni di gas serra per settori	Emissioni pro capite di gas serra in Alto Adige e in Italia per settori principali	Tonnellate di CO ₂ eq pro capite emesse in Alto Adige e in Italia per settori principali nel 2013
Cambiamenti climatici	Temperatura	Temperatura media annua e temperature massime e minime	Temperatura in corrispondenza della stazione di Bolzano: osservazione di singoli anni dal 1960 e possibile andamento della temperatura per uno scenario <i>business-as-usual</i> (RCP8.5) e per uno scenario ottimistico con rapida riduzione delle emissioni di gas serra (RCP4.5)
Cambiamenti climatici	Temperatura	Notti tropicali	Numero di giorni con temperature minime superiori a 20°C a Bolzano (corrisponde circa al numero di notti tropicali): osservazione di singoli anni dal 1960 e possibile andamento delle temperature per uno scenario <i>business-as-usual</i> (RCP8.5) e per uno scenario ottimistico con rapida riduzione delle emissioni di gas serra (RCP4.5)
Cambiamenti climatici	Temperatura	Giorni con temperatura minima sotto agli 0° C	Giorni all'anno con temperatura minima inferiore agli 0° C alla stazione di Sesto
Cambiamenti climatici	Temperatura	Numero di giorni in cui la temperatura è passata da +0°C a -0°C	Numero di giorni in cui la temperatura è passata da +0°C a -0°C
Cambiamenti climatici	Precipitazioni	Precipitazioni per stagione	Variazione delle precipitazioni per stagione nella stazione di Bolzano: osservazione di singoli anni dal 1960 e possibile andamento delle temperature per uno scenario <i>business-as-usual</i> (RCP8.5) e per uno scenario ottimistico con rapida riduzione delle emissioni di gas serra (RCP4.5)
Cambiamenti climatici	Temporal	Numero di fulmini all'anno	Numero di fulmini all'anno. Indicatore per il numero di temporal, spesso accompagnati da piogge intense e da conseguenti pericoli naturali

Fonte dei dati	Intervallo	Unità di misura	Pagina
<i>Dati:</i> Ufficio aria e rumore, Provincia autonoma di Bolzano, 2017 <i>Rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017	2013	t	31
<i>Dati:</i> Euro-Cordex, 2017 Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017	1960 - 2100	°C	23
<i>Dati:</i> Euro-Cordex, 2017 Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017	1960 - 2100	Giorni	25
<i>Dati:</i> Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017	1960 - 2100	Numero di giorni di gelo	90
<i>Dati:</i> Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017	1960 - 2100	Giorni	97
<i>Dati:</i> Euro-Cordex, 2017. Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017	1960 - 2100	mm	25
<i>Dati:</i> Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, 2017 <i>Rappresentazione:</i> Eurac Research 2017	2007 - 2017	Fulmini	26

Tipologia	Ambito tematico	Nome	Descrizione
Cambiamenti climatici	Siccità, umidità	Numero di mesi con valori di umidità e siccità estremi nell'arco di 30 anni – Stazione di Bolzano	L'indice di siccità SPEI ₁₂ evidenzia per Bolzano un futuro caratterizzato da un forte incremento di mesi estremamente secchi e umidi, scenario RCP8.5
Impatti sulla natura	Neve/ Ghiacciai	Innevamento	Superficie coperta da neve in Alto Adige e nelle Alpi nei mesi di dicembre e gennaio
Impatti sulla natura	Neve/ Ghiacciai	Variazione di lunghezza dei ghiacciai	Variazione di lunghezza cumulata dei ghiacciai dell'Alto Adige
Impatti sulla natura	Acqua	Portata media del fiume Adige	Andamento della portata media mensile del fiume Adige misurata a Bronzolo
Impatti sulla natura	Acqua	Trend stagionali della portata media mensile del fiume Adige a Bronzolo	Trend stagionali della portata media mensile del fiume Adige a Bronzolo
Impatti sulla natura	Acqua	Temperatura dell'acqua del lago di Caldaro	Temperatura dell'acqua di un lago nel corso del tempo (esempio del lago di Caldaro)
Impatti sulla natura	Flora e fauna	Inizio della stagione pollinica	Giorno di inizio della stagione pollinica negli anni passati, per specie e stazione di misurazione
Impatti sulla natura	Suolo	Umidità del suolo alla stazione di Montacini (Malles) sul versante soleggiato della val Venosta	Umidità del suolo negli anni passati, per stagione
Impatti sulla natura	Pericoli naturali	Movimenti gravitativi	Decorso stagionale di processi pericolosi selezionati in Alto Adige rispetto al parametro climatico „Numero di giorni con precipitazioni superiori a 30 mm“ per le stazioni di misura di Bolzano e Vipiteno, per gli anni passati
Impatti sulla natura	Gestione dell'acqua	Prelievi idrici	Bilancio idrico della provincia di Bolzano, così come previsto dal “Piano generale di gestione delle acque pubbliche” della Provincia autonoma di Bolzano. Per bilancio idrico si intende il bilancio fra le risorse idriche disponibili in una determinata area di riferimento e i fabbisogni per i diversi usi esistenti o previsti per il futuro, determinati con l'ausilio osservazioni storiche e di un modello idrologico

Fonte dei dati	Intervallo	Unità di misura	Pagina
Dati: Euro-Cordex, 2017. Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research, 2017	1950 - 2100	Mesi	26
Dati: ESA, 2017 Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research, 2017	2003 - 2017	%	38
Dati: Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, 2017 Rappresentazione: Eurac Research 2017	1924 - 2015	mm	40
Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, 2017. Rappresentazione: Eurac Research, 2017	1957 - 2016	m ³ /s	44
Dati: Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano, 2017 Rappresentazione: Eurac Research, 2017	1957 - 2016	m ³ /s	45
Dati: Laboratorio biologico della provincia autonoma di Bolzano Rappresentazione: Eurac Research, 2017	2008- 2017	°C	49
Dati: Agenzia provinciale per l'ambiente, Provincia autonoma di Bolzano, 2017 Rappresentazione: Eurac Research, 2017	1994 - 2017	Giorni di calendario	52
Dati: Eurac Research, 2017 Elaborazione e rappresentazione: Eurac Research, 2017	2014 - 2017	m ³ / m ³	56
Dati: Ufficio idrografico, Ufficio geologia e prove materiali, Agenzia per la protezione civile, Provincia autonoma di Bolzano, 2017 Rappresentazione: Eurac Research, 2017	1989 - 2015	Numero di eventi pericolosi, numero di giorni con precipitazioni superiori a 30 mm	60
Dati: Piano generale di gestione delle acque pubbliche dell'Agenzia per l'ambiente, Provincia autonoma di Bolzano, 2017 Rappresentazione: Eurac Research, 2017	Presente 2017 - 2047	m ³ /s	69

Tipologia	Ambito tematico	Nome	Descrizione
Impatti sulla natura	Agricoltura	Fioritura del melo	Inizio della fioritura dei meli a Bolzano, dal 1960. Il calcolo si basa su somme delle temperature secondo Chmielewski, F.-M., Müller, A., Kückler, W. (2004): Mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen. Abschlussbericht, Humboldt-Universität zu Berlin
Impatti sulla società	Agricoltura	Frutteti e vigne colpiti da grandine	Stime riguardanti la superficie colpita dalla grandine nel settore della frutticoltura e della viticoltura
Impatti sulla natura	Selvicoltura	Percentuali di utilizzo di legno caduto per cause naturali o abbattuto dall'uomo	Percentuali di utilizzo di legno caduto per cause naturali o abbattuto dall'uomo
Impatti sulla società	Insediamenti	Superficie impermeabilizzata	Impermeabilizzazione del terreno in Alto Adige
Impatti sulla società	Turismo	Indice di benessere climatico	Indice di benessere climatico, con modelli riferiti al passato e al futuro
Impatti sulla società	Turismo	Andamento della domanda su base stagionale	Pernottamenti in estate e in inverno, per anno, dati riferiti al passato e al futuro
Impatti sulla società	Infrastrutture di trasporto	Variazione media della temperatura dell'asfalto in % nei sette giorni più caldi dell'anno	Variazione media della temperatura dell'asfalto in % nei 7 giorni più caldi dell'anno (1971-2000 = 100%)

Fonte dei dati	Intervallo	Unità di misura	Pagina
<p><i>Dati:</i> Euro-Cordex, 2017 Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017</p>	1960 - 2100	Giorni di calendario	74
<p><i>Dati:</i> Consorzio provinciale per la difesa delle colture agrarie dalle avversità atmosferiche in Bolzano <i>Rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017</p>	1981 - 2017	ha	75
<p><i>Dati:</i> Ufficio pianificazione forestale, Provincia autonoma di Bolzano, 2017 <i>Rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017</p>	1996 - 2016	%	81
<p><i>Dati:</i> Agenzia europea dell'ambiente – EEA, 2016 <i>Rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017</p>	2012	Superficie impermeabilizzata	86
<p><i>Dati:</i> Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017 Indice di Mieczkowski, Z. (1985): The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. Canadian Geographer / Le Géographe canadien, 29: 220–233. doi:10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x</p>	1960 - 2100	Indice di benessere climatico	93
<p><i>Dati (1993-2016):</i> Istituto provinciale di statistica (ASTAT), Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione dati (2016-2080):</i> Cavallaro, F., Ciari, F., Nocera, S., Prettenthaler, F., Scuttari, A. (2017): The impact of climate change on tourist mobility in mountain areas, Journal of Sustainable Tourism, 25 (8), pp. 1063 – 1083 , DOI: 10.1080/09669582.2016.1253092 <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017</p>	1993 - 2080	Pernottamenti	94
<p><i>Dati:</i> Dati della stazione (fino al 2015): Bancadati WISKI, Provincia autonoma di Bolzano <i>Elaborazione e rappresentazione:</i> Eurac Research, 2017, S. R. Arangi, R.K. Jain, Review paper on pavement temperature prediction model for indian climatic condition, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163 Issue 8, Volume 2 (August 2015)</p>	1960 - 2100	%	99

Gli autori di questo report



Marc Zebisch
Geoecologo

👍 Viaggia in bici e treno, mangia poca carne, compra prodotti regionali e biologici

🗣️ Gira volentieri per il mondo (con emissioni di CO₂ compensate)



Roberto Vaccaro
Scienziato ambientale

👍 In città, solo in bicicletta e con i mezzi pubblici

🗣️ Un po' pigro con la raccolta differenziata



Giacomo Bertoldi
Ingegnere ambientale,
eco-idrologo

👍 Ama camminare in montagna e sciare senza prendere impianti

🗣️ Fa molti chilometri in macchina per andare a camminare e sciare



Nikolaus Obojes
Ecologo

👍 Consuma solo prodotti locali

🗣️ Nel suo tempo libero c'è un po' troppa auto



Georg Niedrist
Ecologo

👍 Guida un'auto a basse emissioni

🗣️ Guida troppo



Julia Seeber
Biologa

👍 Solo prodotti regionali di stagione e poca automobile (comunque a metano)

🗣️ Ha un debole per caffè e cioccolato



Stefan Scheiderbauer
Geografo

👍 Auto bandita (o quasi). In Alto Adige usa la bici anche su lunghe distanze; in Europa i treni, specie i treni-notte

🗨️ Un furgoncino Volkswagen a diesel con cui ogni anno trascorre le vacanze in famiglia



Romy Schlögel
Geologa

👍 Niente carne, per favore!

🗨️ Ama guardare la Terra dal cielo...



Christian Kofler
Ricercatore ambientale

👍 Al lavoro sempre e solo in treno

🗨️ Non resiste senza latticini e senza carne



Lukas Egarter Vigl
Geoecologo

👍 Vive in una CasaClima

🗨️ Tende a lasciare gli apparecchi elettronici in modalità stand-by



Miriam L. Weiß
Ricercatrice in scienze sociali e culturali

👍 Si muove quasi solo con mezzi di trasporto pubblici, bici o a piedi. Compra prodotti regionali, bio e senza imballaggi

🗨️ Ama volare lontano per conoscere nuove culture e mangia volentieri la carne



Thomas Streifeneder
Geografo e studioso di sviluppo regionale

👍 Per lavoro si muove solo con i mezzi pubblici. Mangia bio e regionale

🗨️ Motociclista



Christian Hoffmann
Studiolo di scienze forestali

👍 Pendolare: ogni anno 2000 km e 350 ore in treno. Il suo motto: "in auto perdo due ore, in treno ne guadagno tre"

🗨️ Lo stile di vita occidentale, che ci costringe a troppi compromessi



Helena Götsch
Pianificatrice territoriale

👍 Compra abiti di seconda mano e ama viaggiare in treno

🗨️ Fa docce troppo lunghe e troppo calde



Stefano Minerbi
Forestale
(Provincia autonoma di Bolzano)

👍 Niente oggetti e cibi importati

🗨️ Usa troppa carta



Günther Unterthiner
Forestale
(Provincia autonoma di Bolzano)

👍 Pendolare (rigorosamente in treno) da 25 anni

🗨️ I voli intercontinentali



Peter Laner
Pianificatore territoriale

👍 Cerca di usare poco l'auto

🗨️ Pendola per lavoro tra Cornaiano e Bolzano



Kathrin Renner
Geografa

👍 Preferisce i cibi non impacchettati, mangia poca carne, viaggia molto in bici e in treno, vive in una CasaClima

🗨️ Troppi voli ogni anno



Mariachiara Alberton
Giurista ambientale

👍 Si sposta solo con mezzi pubblici ed è fan del risparmio energetico

🗨️ Preferisce i libri di carta a quelli elettronici



Isidoro De Bortoli
Giurista ambientale

👍 In casa sua, il riscaldamento è sempre al minimo

🗨️ Appassionato di sci, non rinuncia alla neve anche se artificiale



Anna Scuttari
Economista del turismo e dell'ambiente

👍 Predilige prodotti alimentari regionali

🗨️ Motociclista



Federico Cavallaro
Pianificatore ambientale

👍 Fa spesa solo a km zero (o quasi)

🗨️ Adora il cioccolato fondente del centro America



Ulrike Tappeiner
Ecologa

👍 Consuma cibi regionali e stagionali

🗨️ Viaggia tanto con la sua auto

Grazie per i dati e la preziosa collaborazione a:

Sonja Abrate, Christian Brida, Edith Bucher, Virna Bussadori, Stefano Dal Savio, Roberto Dinale, Marianna Elmi, Jürg Fuhrer, Matthias Gauly, Michaela Hillebrand, Heinrich Huber, Pierpaolo Macconi, Volkmar Mair, Bruno Majone, Klaus Marschall, Michael Matiu, Karl Michaeler, Philipp Nagel, Giovanni Peratoner, Roberta Perneti, Dieter Peterlin, Marcello Petitta, Barbara Raifer, Flavio Ruffini, Ulrich Santa, Ernesto Scarperi, Thomas Senoner, Petra Seppi, Robert Steiger, Reinhold Steiner, Alberta Stenico, Richard Theiner, David Tonidandel, Matteo Vischi, Robert Wiedmer

IMPRESSUM

Citazione consigliata:

Zebisch M., Vaccaro R., Niedrist G., Schneiderbauer S., Streifeneder T., Weiß M., Troi A., Renner K., Pedoth L., Baumgartner B., Bergonzi V. (a cura di), Rapporto sul clima – Alto Adige 2018, Bolzano, Italia: Eurac Research, 2018

Eurac Research
Viale Druso, 1
39100 Bolzano

Responsabile scientifico: Marc Zebisch

Project Management: Kathrin Renner, Lydia Pedoth

Coordinamento editoriale: Valentina Bergonzi

Redazione: Valentina Bergonzi, Barbara Baumgartner, Kathrin Renner, Marc Zebisch

Grafica: Alessandra Stefanut, Silke De Vivo

Illustrazioni: Oscar Diodoro

Redazione immagini: Annelie Bortolotti

Stampa: esperia srl, Trento

Credits Foto

32: IDM/Ivo Corrà

33: L' Adige

34: iStock/Jevtic

47, 73, 107, 108, 110, 114: Eurac Research

52: Andreas Hilpold, Eurac Research

53 (1): Karl Unterfrauner

53 (2): www.koesti.it

55, 103: Julia Seeber

59: Agenzia per la protezione civile, Provincia autonoma di Bolzano

62: Josef Laner, der Vinschger

71 (1), 76 (1) Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau

71 (2): Adobe Stock/terranova_17

76 (2): iStock/redstallion

78, 79: Stefano Minerbi, Ufficio amministrazione forestale

83, 98 (1): www.altoadigeinnovazione.it

84: Agenzia per la protezione civile, Provincia autonoma di Bolzano

87: Ufficio stampa della Provincia autonoma di Bolzano

92 (1), 112 (2): Gerhard Vanzi

98 (2): www.suedtirolnews.it

103: Laboratorio biologico della Provincia autonoma di Bolzano

109: Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano

112 (1): Wirtschaftsfachoberschule H. Kunter

113: Hotel Gitschberg / Florian Berger

