

Analisi dei rischi climatici per la Svizzera

Base per l'adattamento ai cambiamenti climatici



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

Analisi dei rischi climatici per la Svizzera

Base per l'adattamento ai cambiamenti climatici

Nota editoriale

Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Direzione del progetto

Gianna Battaglia, Roland Hohmann (UFAM)

Autori

Myriam Steinemann, Cyril Willmann, Jürg Füssler (INFRAS)

Con il contributo di

Thomas Egli, Claudia Kurzböck (Egli Engineering)

Traduzione

Servizio linguistico italiano, (UFAM)

Progettazione visiva e grafica

Cindy Aebischer (UFAM)

Grafica e impaginazione

Funke Lettershop AG

Foto di copertina

La foto di copertina, scattata il 13 agosto 2022 a Triboltingen (TG), mostra il basso livello delle acque dell'Untersee.

Il livello misura 394,80 metri sul livello del mare, il più basso mai misurato dall'inizio delle registrazioni nel 1886.

Foto: Gian Ehrenzeller / Keystone

Per ordinare la versione stampata e scaricare il PDF

UFCL, Distribuzione pubblicazioni federali, CH-3003 Berna

www.pubblicazionifederali.admin.ch

N. art.: 810.400.158I

www.bafu.admin.ch/uw-2502-i

Stampato su carta riciclata, a impatto zero sul clima e basse emissioni di COV

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese. È disponibile una versione breve in inglese. La lingua originale è il tedesco.

Ringraziamenti

Ringraziamo tutti gli esperti menzionati all'allegato 3 per il contributo tecnico fornito e il prezioso confronto. Vorremmo anche ringraziare tutte le altre persone che, in un modo o nell'altro, hanno contribuito al successo di questo rapporto.

© UFAM 2025

Indice

Abstracts	5	3	Rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero	57
		3.1	Panoramica dei rischi	57
Prefazione	7	3.2	Ripercussioni sull'approvvigionamento alimentare	60
		3.3	Ripercussioni sull'approvvigionamento elettrico	62
Riassunto	8	4	Eventi inattesi e rischi combinati	67
1	Introduzione	5	Conclusioni	71
1.1	Contesto			
1.2	Struttura del rapporto			
1.3	Punti essenziali della metodologia			
1.4	Altre analisi dei rischi della Confederazione			
2	Sfide intersettoriali in Svizzera	Allegato		75
2.1	Crescente stress da calore	A1	Metodologia	75
2.1.1	Effetti del caldo sulla salute e sulle prestazioni delle persone	A2	Elenco completo di tutti i rischi climatici e delle opportunità legate al clima	80
2.1.2	Ripercussioni del caldo sui sistemi infrastrutturali	A3	Elenchi	87
2.1.3	Conseguenze del caldo in agricoltura e nell'economia forestale			
2.2	Aumento della siccità estiva			
2.2.1	Estate poco piovose			
2.2.2	Forte pericolo di incendi boschivi			
2.2.3	Bassi livelli idrometrici			
2.3	Aumento del potenziale di pericolo			
2.3.1	Eventi di piena su aree estese			
2.3.2	Ruscellamento superficiale e inondazioni locali			
2.3.3	Movimenti di versante gravitativi			
2.3.4	Grandine e tempeste			
2.4	Aumento delle temperature medie			
2.4.1	Temperature miti			
2.4.2	Inverni con poca neve			
2.5	Crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie			
2.5.1	Ripercussioni sugli ecosistemi e sui loro servizi			
2.5.2	Maggiore presenza di organismi nocivi			
2.5.3	Immagine del paesaggio modificata			

Abstracts

The present report identifies and assesses climate risks and climate-related opportunities for Switzerland up to the year 2060. The content and methodology of the first climate risk analysis published in 2017 was comprehensively reviewed and updated with the involvement of numerous specialists from the administrative, academic and business fields. The results serve as a basis for the Federal Council's future adaptation strategy and for developing adaptation strategies and action plans in the cantons and regions.

Il presente rapporto identifica e valuta i rischi climatici e le opportunità legate al clima per la Svizzera da qui al 2060. Il contenuto e la metodologia della prima analisi dei rischi climatici del 2017 sono stati completamente rivisti e aggiornati con il coinvolgimento di numerosi esperti dei settori amministrativo, scientifico ed economico. I risultati servono come base per la futura strategia di adattamento del Consiglio federale nonché per lo sviluppo di strategie di adattamento e di piani di misure nei Cantoni e nelle regioni.

Der vorliegende Bericht identifiziert und bewertet Klimarisiken und klimabedingte Opportunitäten für die Schweiz bis ins Jahr 2060. Unter Mitwirkung zahlreicher Expertinnen und Experten aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft wurde die erste «Klima-Risikoanalyse» von 2017 inhaltlich und methodisch umfassend überprüft und aktualisiert. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die künftige Anpassungsstrategie des Bundesrats und für die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Massnahmenplänen in Kantonen und Regionen.

Le présent rapport identifie et évalue les risques climatiques et les opportunités liées au climat pouvant se présenter en Suisse d'ici 2060. Avec le concours de nombreux spécialistes issus de l'administration ainsi que des milieux scientifiques et économiques, la première analyse « Risques et opportunités liés au climat », publiée en 2017, a été entièrement révisée et actualisée au moyen d'une nouvelle méthodologie. Les résultats fournissent une base pour le développement de la future stratégie d'adaptation du Conseil fédéral ainsi que pour l'élaboration des stratégies d'adaptation et des plans de mesures au niveau des cantons et des régions.

Keywords:

Climate change, impacts, risk analysis, risks, opportunities, adaptation

Parole chiave:

cambiamenti climatici, effetti, analisi dei rischi, rischi, opportunità, adattamento

Stichwörter:

Klimawandel, Auswirkungen, Risikoanalyse, Risiken, Opportunitäten, Anpassung

Mots-clés:

changements climatiques, impacts, analyse des risques, risques, opportunités, adaptation

Prefazione

Periodi di canicola ed estati secche, forti precipitazioni e colate detritiche distruttive: gli effetti dei cambiamenti climatici sono sempre più frequenti. I cambiamenti climatici avanzano rapidamente anche in Svizzera, portando con sé rischi crescenti per le persone e le basi naturali della vita, poiché molti degli effetti sono ormai irreversibili. Come società dobbiamo adeguarci alle mutate condizioni. D'altra parte, questa è una delle ragioni per cui l'adattamento ai cambiamenti climatici costituisce uno dei tre obiettivi dell'Accordo di Parigi nonché un importante mandato della legge sul clima e sull'innovazione approvata dall'elettorato svizzero nel 2023.

Qual è l'evoluzione dei rischi legati ai cambiamenti climatici in Svizzera? Questa è la domanda centrale nel quadro dell'attuale aggiornamento dell'analisi dei rischi climatici per la Svizzera, che ha visto la collaborazione di numerosi esperti dei settori amministrativo, scientifico ed economico. Tale analisi traccia un quadro degli effetti dei cambiamenti climatici rilevanti per la Svizzera, oggi e in futuro, e costituisce la base per la strategia di adattamento della Svizzera. Cantoni, regioni e Comuni possono inoltre utilizzare i risultati come guida per le loro strategie di adattamento e i loro piani d'azione.

I rischi sono molteplici, interessano tutti i settori e tutte le regioni, cambiano e si amplificano. È il caso dei rischi associati alla siccità estiva, che oggi vengono valutati più elevati rispetto all'ultima analisi dei rischi climatici del 2017. Fino a poco tempo fa, per molte persone era inimmaginabile che l'acqua potesse scarseggiare anche in Svizzera, conosciuta come il serbatoio d'acqua d'Europa.

Nonostante i grandi rischi legati ai cambiamenti climatici, o proprio a causa di essi, che rendono necessario procedere in modo rapido e mirato nel quadro dell'attuale adattamento, non bisogna dimenticare una cosa: è importante ridurre le emissioni di gas serra a un saldo netto pari a zero entro il 2050. È ciò che facciamo oggi a determinare quella che sarà l'evoluzione dei cambiamenti climatici in futuro.

Reto Burkard, vicedirettore
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

Riassunto

Come base per l'adattamento ai cambiamenti climatici, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ha analizzato per la seconda volta i rischi climatici per la Svizzera dopo il 2017. Partendo dall'analisi del 2017, da un lato ha valutato i rischi nelle condizioni climatiche attuali, dall'altro ha stimato in che misura tali rischi ed eventuali opportunità legate al clima si modificheranno da qui al 2060, ipotizzando forti cambiamenti climatici. Per elaborare l'analisi, l'UFAM ha fatto riferimento alla letteratura scientifica attuale, come pure ha coinvolto numerosi esperti in modo iterativo.

Sfide intersettoriali dei cambiamenti climatici in Svizzera

In Svizzera sono stati identificati, analizzati e valutati 34 rischi climatici e 6 opportunità legate al clima, che si possono classificare in cinque sfide intersettoriali (fig. 1).

Le temperature elevate si ripercuotono già oggi sul benessere, sulla salute e sulle prestazioni delle persone, soprattutto nelle zone situate a bassa quota e densamente edificate della Svizzera. I cambiamenti climatici determinano una maggiore frequenza e intensità dei periodi di canicola e di giorni molto caldi, aumentando così i rischi del **crescente stress da calore**, che a loro volta, a causa dell'invecchiamento della società, coinvolgeranno un numero sempre maggiore di persone vulnerabili, anziane e bisognose di cure. Anche le attività economiche, le infrastrutture, l'agricoltura e l'economia forestale, esposte alla canicola, risentono del calore crescente.

I rischi derivanti dalla siccità estiva sono classificati come significativamente più rilevanti rispetto all'analisi dei rischi climatici del 2017. Le estati secche sono diventate più frequenti negli ultimi anni, con conseguenze di vasta portata sull'agricoltura, sull'economia forestale, sulla navigazione, ma anche sugli ecosistemi. I rischi futuri per l'agricoltura e l'economia forestale dovuti **all'aumento della siccità estiva** sono considerati elevati perché, tra l'altro, si verificano spesso in combinazione con altri rischi, quali

il caldo nonché la comparsa e la diffusione di organismi nocivi che ne aggravano gli effetti. Le variazioni del regime idrico mettono sotto pressione i diversi utilizzi dell'acqua, che appaiono sempre più in concorrenza tra loro.

A causa dei cambiamenti climatici, le forti precipitazioni diventano più frequenti e più intense. Nella regione alpina il riscaldamento provoca il ritiro dei ghiacciai e lo scioglimento del suolo gelato. Aumenta il **potenziale di pericolo**, anche a causa della crescita della popolazione, dell'espansione dello spazio urbano e dell'accumulo di beni materiali in zone esposte. In caso di evento, si hanno danni alle persone e danni materiali nonché costi indiretti dovuti a interruzioni prolungate dell'esercizio. È soprattutto il rischio di ruscellamento superficiale dovuto a forti precipitazioni più frequenti e intense a essere considerato più elevato rispetto all'analisi dei rischi climatici del 2017.

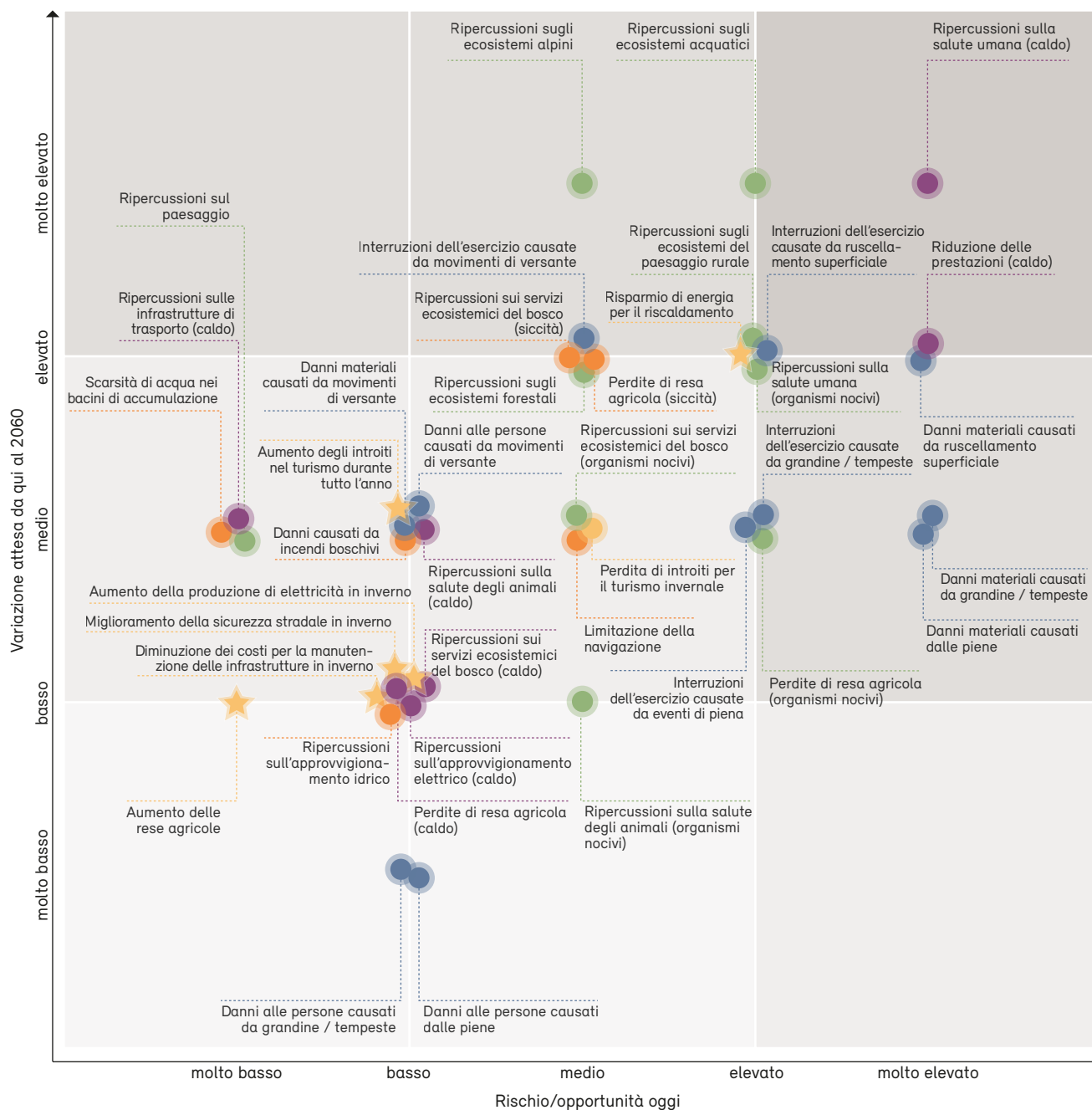
L'aumento delle temperature medie in tutte le stagioni comporta ulteriori rischi climatici. In alcuni casi ciò si traduce anche in opportunità legate al clima, come un periodo vegetativo più lungo per l'agricoltura o condizioni migliori per la produzione di elettricità in inverno. Gli inverni più miti e la riduzione del manto nevoso rappresentano un rischio soprattutto per il turismo invernale nelle regioni di montagna. Le temperature miti portano anche a una maggiore presenza di organismi nocivi e a mutamenti nei processi dei pericoli naturali.

Nel complesso, i cambiamenti climatici determinano un **mutamento degli habitat e della composizione delle specie**. I rischi legati ai cambiamenti climatici che ne conseguono per gli ecosistemi e i loro servizi nonché per la salute umana sono tra quelli più rilevanti in Svizzera. Importanti servizi ecosistemici quali acqua pulita, suoli fertili, stoccaggio del carbonio e impollinazione possono diminuire. Inoltre, organismi nocivi esotici e termofili possono ripercuotersi tanto sulla salute umana quanto sull'agricoltura e sull'economia forestale. Non da ultimo, i cambiamenti climatici stanno modificando anche l'immagine del paesaggio e alcuni importanti elementi caratteristici della Svizzera.

Figura 1

Rappresentazione delle valutazioni dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima in Svizzera nella matrice a 9 campi allo stato attuale (asse delle ascisse) e delle loro variazioni attese da qui al 2060 (asse delle ordinate)

I rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero nonché gli eventi inattesi e i rischi combinati non sono inclusi.



Rischi complessi dei cambiamenti climatici

Oltre alle sfide intersettoriali interne, anche i **crescenti rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero** rappresentano sfide fondamentali per la Svizzera. Essendo la Svizzera un'economia aperta, caratterizzata da numerose interdipendenze di natura economica, politica e sociale sul piano internazionale, tali sfide hanno un forte impatto sul Paese, con ripercussioni sulle catene di fornitura internazionali, sui sistemi infrastrutturali transfrontalieri, sul sistema finanziario globale, sulla sicurezza e sulla stabilità internazionali. Tra questi aspetti, il presente rapporto si concentra sui rischi climatici nei settori dell'approvvigionamento delle derrate alimentari e di quello elettrico.

L'analisi tratta anche gli **eventi inattesi e i rischi combinati**. È difficile stimare la probabilità di tali eventi e combinazioni, le cui conseguenze possono tuttavia essere di vasta portata o addirittura catastrofiche. Vi rientrano combinazioni specifiche di diversi pericoli che si sovrappongono nello spazio o si susseguono nel tempo, eventi estremi diversi da quelli osservati fino a quel momento o il raggiungimento dei cosiddetti punti di non ritorno nel sistema climatico, negli ecosistemi e nella società.

Conclusioni

Gli effetti, le sfide e i rischi legati ai cambiamenti climatici in Svizzera costituiscono un insieme molto variegato. Già oggi 12 dei 34 rischi analizzati sono classificati come elevati o molto elevati, e da qui al 2060 sono attese variazioni importanti o molto importanti per 12 rischi. Questi si manifestano in maniera più o meno marcata nelle diverse regioni della Svizzera, così come coinvolgono diversi gruppi di popolazione in maniera differente. In casi isolati si presentano anche opportunità legate al clima, che però non compensano in alcun modo l'aumento dei rischi.

L'analisi dei rischi climatici funge da base per l'adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici in Svizzera. La riduzione graduale delle emissioni di gas serra verso un saldo netto pari a zero entro il 2050 rimane un obiettivo di primaria importanza al fine di evitare gli effetti più gravi e potenzialmente incontrollabili.



La diffusione dell'invasiva palma di Fortune cinese è favorita dai cambiamenti climatici come pure dai cambiamenti di uso del suolo. Questa pianta danneggia gli ecosistemi formati da boschi golenali e compromette la funzione protettiva del bosco in Ticino, come avviene sul Monte Caslano qui riprodotto. Foto: Vincent Fehr / WSL (24.8.2018)

1 Introduzione

1.1 Contesto

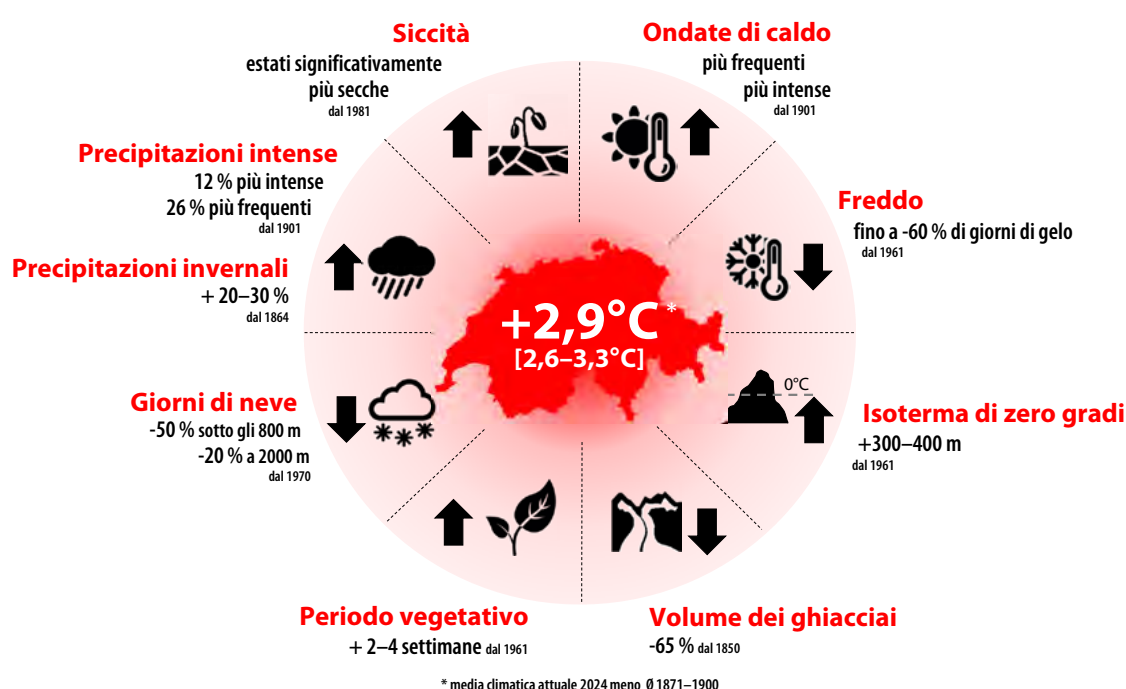
Il clima è già cambiato in modo decisivo in tutto il mondo e la Svizzera non fa eccezione (fig. 2): giorni di canicola che aumentano, giorni di neve che diminuiscono, estati più asciutte, forti precipitazioni più intense. A ciò si aggiungono lo scioglimento dei ghiacciai, il rialzo dell'isoterma di zero gradi e il prolungamento del periodo vegetativo. Si tratta di una situazione che comporta molti rischi per le persone, la coesione sociale, la prosperità e le basi naturali della vita. La Svizzera ha pertanto orientato la propria politica climatica alla riduzione delle emissioni di gas serra verso un saldo netto pari a zero entro il 2050, all'adattamento ai cambiamenti climatici e alla protezione dai loro effetti inevitabili. Per strutturare le strategie e le misure di adattamento nel modo più mirato possibile, occorre riconoscere i rischi rilevanti come pure le eventuali opportunità legate ai cambiamenti climatici, definendo le priorità di conseguenza.

L'adattamento ai cambiamenti climatici costituisce uno dei tre obiettivi dell'Accordo di Parigi nonché un importante mandato della legge sul clima e sull'innovazione, la quale obbliga la Confederazione e i Cantoni a prepararsi e ad adottare misure per proteggersi dalle conseguenze dei cambiamenti climatici. Inoltre, secondo la legge sul CO₂, la Confederazione è responsabile di coordinare le attività di adattamento e di predisporre le basi necessarie a tale scopo.

Nel 2017, basandosi su sette casi di studio regionali, l'UFAM ha pubblicato il primo rapporto di sintesi completo sui rischi e sulle opportunità legati ai cambiamenti climatici in Svizzera. L'analisi dei rischi climatici è stata ora rivista e aggiornata in termini di contenuto e metodologia. Funge da base per la futura strategia di adattamento e per il piano d'azione «Adattamento ai cambiamenti climatici» in Svizzera, la cui revisione sarà completata entro la fine del 2025.

Figura 2

Cambiamenti rilevanti del clima svizzero in base ai dati di osservazione



Fonte: MeteoSvizzera 2025, www.meteosvizzera.admin.ch/clima/1-cambiamenti-climatici.html

Il presente rapporto sintetizza i risultati più importanti. Gli effetti dei cambiamenti climatici descritti consentono di definire gli interventi prioritari della Confederazione e di strutturare in modo mirato l'adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera. Contemporaneamente, l'analisi dei rischi climatici costituisce anche una base per lo sviluppo di strategie di adattamento e piani di misure in Cantoni, regioni e Comuni.

1.2 Struttura del rapporto

Il rapporto sull'analisi dei rischi climatici documenta e descrive i principali cambiamenti legati al clima e i loro effetti sulla Svizzera. Si suddivide in cinque capitoli. A questa **Introduzione** (1) fa seguito il nucleo centrale del rapporto, costituito dal capitolo sulle **Sfide intersettoriali** (2), che descrive cinque cambiamenti legati al clima e i loro effetti in Svizzera:

- crescente stress da calore
- aumento della siccità estiva
- aumento del potenziale di pericolo
- aumento delle temperature medie
- crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie

Le cinque sfide intersettoriali sono suddivise in sottocapitoli tematici, ognuno dei quali illustra una serie di rischi climatici e di opportunità legate al clima. Le spiegazioni si basano sulle tre componenti di rischio «segnale climatico», «esposizione» e «vulnerabilità», per ognuna delle quali vengono descritte la situazione attuale nonché le variazioni attese da qui al 2060.

A completamento di questa analisi di 40 rischi e opportunità seguono due capitoli che approfondiscono alcune sfide particolarmente complesse poste dai cambiamenti climatici. Si tratta di sfide derivanti da interazioni del clima con sistemi di natura sociale, economica ed ecologica a livello sia nazionale sia internazionale. Il capitolo sui **Rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero** (3) descrive i rischi che coinvolgono la Svizzera a seguito di eventi e sviluppi relativi al clima che si verificano all'estero. Il capitolo sugli **Eventi inattesi e rischi combinati** (4) dei cambiamenti climatici descrive effetti di cui è difficile stimare la probabilità di accadimento, ma che tuttavia

presentano un elevato potenziale di danno. Nelle **Conclusioni** (5), infine, vengono formulate alcune considerazioni di carattere generale. **L'Allegato** contiene spiegazioni sulla metodologia, una panoramica di tutti i rischi e le opportunità nonché i nominativi degli esperti coinvolti nell'analisi dei rischi climatici.

1.3 Punti essenziali della metodologia

L'analisi dei rischi climatici esamina e valuta i rischi climatici e le opportunità legate al clima per l'intero territorio svizzero. L'approccio metodologico scelto è descritto nel dettaglio nell'allegato 1 nonché in un rapporto separato in materia¹⁴⁴.

Figura 3

Definizione di rischio secondo l'IPCC

il rischio deriva da una combinazione di «segnale climatico», «esposizione» e «vulnerabilità».

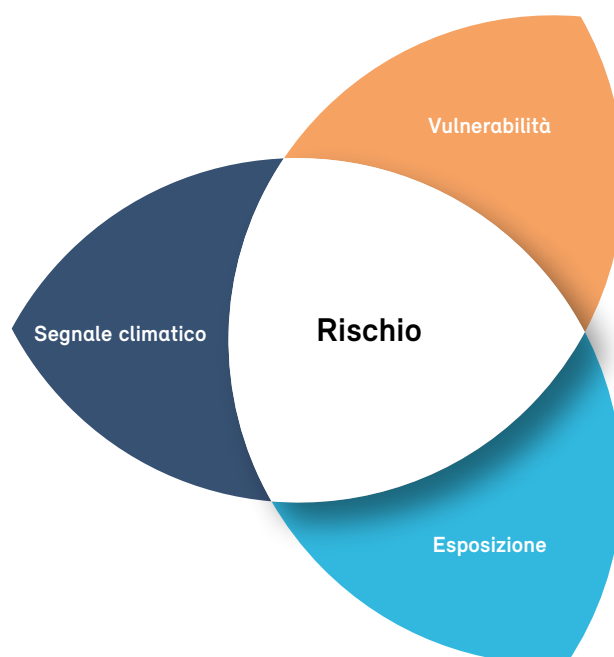


Grafico: illustrazione propria basata su IPCC¹²⁰

Definizione di rischio secondo l'IPCC: segnale climatico, esposizione e vulnerabilità

Nell'analisi dei rischi climatici, il rischio è definito come una combinazione di «segnale climatico» (o pericolo), «esposizione» e «vulnerabilità», in conformità con la definizione di rischio dell'IPCC (v. anche fig. 3).

Il **segnale climatico** descrive l'effetto già presente e i cambiamenti climatici attesi, ad esempio in relazione al numero di giorni di canicola o all'intensità delle forti precipitazioni: tanto più è forte il segnale climatico, quanto maggiore tende a essere il rischio climatico o l'opportunità legata al clima e le relative variazioni attese.

L'**esposizione** descrive la distribuzione spaziale di persone, beni materiali, infrastrutture critiche, superfici agricole ed ecosistemi che potrebbero essere interessati da un segnale climatico: tanto più ampia è l'esposizione, quanto maggiore tende a essere il rischio climatico o l'opportunità legata al clima e le relative variazioni attese. Per effetto di processi quali l'evoluzione demografica, la crescita economica e il cambiamento strutturale, l'esposizione della Svizzera ai rischi climatici e alle opportunità legate al clima subirà delle modifiche da qui al 2060.

La **vulnerabilità** descrive la misura in cui un segnale climatico si traduce in un effetto in presenza di un'esposizione. La vulnerabilità dipende, tra l'altro, dalla sensibilità di un sistema (o, nel caso di opportunità legate al clima, dalle possibilità di sfruttare potenziali vantaggi), ma anche dalle capacità di adattamento: tanto più è elevata la vulnerabilità, quanto maggiore tende a essere il rischio climatico o l'opportunità legata al clima e le relative variazioni attese.

Scenari climatici

L'Ufficio federale di meteorologia e climatologia Meteo-Svizzera fornisce scenari climatici regolarmente aggiornati per la Svizzera. L'ultima edizione degli scenari climatici svizzeri «CH2018» è stata pubblicata nel 2018 ed è attualmente in fase di aggiornamento («CH2025»). Per

aggiornare l'analisi dei rischi climatici, sono stati utilizzati gli scenari «CH2018», integrandoli con una serie di studi scientifici più recenti sugli effetti dei cambiamenti climatici in Svizzera.

In linea con il principio di prevenzione, l'analisi dei rischi climatici si basa sul limite superiore dei futuri scenari di sviluppo delle emissioni, i cosiddetti «scenari ad alte emissioni». La Svizzera deve prepararsi anche all'ipotesi che la protezione globale del clima che non abbia gli esiti auspicati e che i cambiamenti climatici continuino ad avanzare. Utilizzando uno scenario ad alte emissioni nell'ambito di uno stress test, è possibile comprendere un sistema e valutare meglio dove questo è vulnerabile ai cambiamenti climatici. Inoltre, le emissioni di gas serra a livello globale e l'aumento della temperatura misurato a livello regionale si stanno effettivamente sviluppando lungo il limite superiore del ventaglio di scenari. Le ricerche attuali indicano anche che gli scenari climatici regionali esistenti tendono piuttosto a sottostimare determinati cambiamenti climatici¹.

Identificazione e valutazione dei rischi

Basandosi sull'analisi del 2017, sulla letteratura scientifica aggiornata nonché sui contributi degli esperti (v. all. 3), l'analisi dei rischi climatici ha identificato e valutato 40 rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici in Svizzera. L'attenzione si concentra sugli effetti fisici di tali cambiamenti, chiaramente distinguibili gli uni dagli altri, e sulle loro conseguenze dirette. Oltre ai 40 rischi e opportunità, la descrizione comprende anche i rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero, gli eventi inattesi e i rischi combinati. Tali effetti vengono tuttavia registrati con una metodologia diversa e spiegati nei capitoli 3 e 4 solo da un punto di vista qualitativo. I 40 rischi e opportunità sono valutati a livello nazionale, stimandone da un lato la rilevanza attuale, dall'altro la variazione da qui al 2060. Le valutazioni avvengono su scale che vanno da -1 a -5 (rischi o variazioni molto bassi o molto elevati) e da +1 a +5 (opportunità o variazioni molto basse o molto elevate).

1.4 Altre analisi dei rischi della Confederazione

L'analisi dei rischi climatici avviene parallelamente ad altre attività della Confederazione nell'ambito dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Ne è un esempio il programma di ricerca attualmente in corso «Basi decisionali per gestire i cambiamenti climatici in Svizzera: informazioni su tematiche intersettoriali» (NCCS-Impacts²), in cui si elaborano servizi climatici orientati alla pratica per una serie di aspetti intersettoriali. Ove pertinente, la presente analisi dei rischi climatici fa riferimento ai lavori di ricerca in corso. Anche l'analisi nazionale dei rischi «Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera» dell'Ufficio federale della protezione della popolazione (UFPP)³, attualmente in fase di aggiornamento, fa riferimento ai rischi climatici, definendo scenari concreti per un ampio spettro di possibili catastrofi ed emergenze nei prossimi anni. Rispetto all'analisi nazionale dei rischi dell'UFPP, la presente analisi dei rischi climatici prende in considerazione un orizzonte temporale più lungo, integrando così i dati di base dei rischi dell'UFPP.

2 Sfide intersettoriali in Svizzera



Gli ombrelloni sulla Sechseläutenplatz di Zurigo offrono un riparo provvisorio in centro città. L'impermeabilizzazione del suolo crea isole di calore nelle aree urbane.
Foto: Christoph Ruckstuhl / NZZ (4.8.2022)

2.1 Crescente stress da calore

Con i cambiamenti climatici, i periodi di canicola diventano non solo più frequenti ma anche più caldi. Ciò rappresenta un grave rischio per la salute, soprattutto per le persone anziane, e diventerà sempre più rilevante in futuro, considerato l'invecchiamento della società. Anche le attività economiche, le infrastrutture, l'agricoltura e l'economia forestale, esposte alla canicola, risentono del calore crescente.

Figura 4
Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dal crescente stress da calore in Svizzera



Negli ultimi anni la Svizzera ha vissuto molte estati caratterizzate da periodi di canicola. L'impatto dei cambiamenti climatici sullo stress da calore è ampiamente dimostrato: in futuro, i periodi di canicola aumenteranno sia di frequenza che di intensità, con ripercussioni negative sul benessere e sulla salute della popolazione svizzera e di conseguenza con un ulteriore onere per il sistema sanitario. Tale impatto riguarda vaste regioni della Svizzera, segnatamente l'Altopiano e la Svizzera meridionale, dove sono soprattutto le città e gli agglomerati a essere colpiti, in cui vive il 74 per cento della popolazione⁴. Poiché i periodi di canicola riducono anche le prestazioni delle persone, le loro conseguenze sono anche di natura economica. Questo vale sia per i settori fortemente esposti al caldo, come l'edilizia e l'agricoltura, sia per quelli presumibilmente meno colpiti, come il settore dei servizi. Il caldo ha ripercussioni anche sui sistemi infrastrutturali, poiché i danni che provoca possono rendere più onerosi l'esercizio e la manutenzione delle infrastrutture. I periodi di canicola, inoltre, hanno un impatto sull'agricoltura e sull'economia forestale, ad

esempio per effetto del crescente stress da calore, che si ripercuote sulle colture agricole, sugli animali da reddito e sui boschi.

Dopo le esperienze degli ultimi anni, le città e i Cantoni svizzeri hanno iniziato a elaborare dati di base relativi al clima urbano, ad allestire piani d'azione per la canicola come pure a integrare e attuare la riduzione del calore nello sviluppo degli insediamenti. Dal 2023, inoltre, ogni anno vengono registrati i decessi dovuti al caldo. Tra le altre cose, l'adattamento ai cambiamenti climatici di agricoltura ed economia forestale può avvenire selezionando varietà adatte, ombreggiando le aree di pascolo, preferendo razze di animali da reddito resistenti al calore e una composizione di specie arboree adatta alle condizioni climatiche.

Questo capitolo descrive gli effetti del crescente stress da calore sulle persone e su vari settori (fig. 4). Gli effetti del calore sugli ecosistemi sono trattati nel capitolo 2.5.

Segnale climatico

La ricerca fornisce risultati molto chiari riguardo all'impatto dei cambiamenti climatici sulla frequenza e l'intensità dei periodi di canicola. Lo stress da calore è particolarmente elevato durante i mesi estivi nelle città e negli agglomerati⁵.

Da qui al 2060 è previsto un aumento significativo dei giorni di canicola, ossia giornate con temperature superiori a 30 gradi, che passeranno dalla media attuale di una per estate a 15 o più giornate nelle zone a bassa quota. Le temperature massime potrebbero essere fino a 5,5 gradi più elevate rispetto a oggi. Le notti tropicali, durante le quali le temperature non scendono sotto i 20 gradi e che oggi si verificano soprattutto nella Svizzera meridionale e negli agglomerati, entro il 2060 raddoppieranno di frequenza e saranno ampiamente diffuse nelle zone a bassa quota⁵. I giorni di canicola più frequenti sono attesi principalmente nelle zone a bassa quota della regione di Ginevra, del Vallese e della Svizzera meridionale⁵. Ne consegue che i rischi climatici saranno generalmente più marcati nelle città e negli agglomerati, poiché le superfici impermeabilizzate assorbono i raggi solari e li restituiscono sotto forma di calore («effetto isola di calore»). A causa del caldo crescente e delle temperature medie più elevate, aumenta anche il numero di gradi giorno di raffreddamento, i quali indicano di quanti gradi in un anno occorre raffreddare gli edifici per mantenere la temperatura interna a un livello gradevole⁶.

2.1.1 Effetti del caldo sulla salute e sulle prestazioni delle persone

Il caldo rappresenta un fattore di stress estremo per il corpo umano, soprattutto se associato a un'elevata umidità dell'aria. Oltre a compromettere il benessere, può causare affaticamento e colpi di calore nonché aggravare patologie esistenti quali malattie cardiovascolari, delle vie respiratorie, nefropatie o malattie psichiche⁷. In caso di gravi disturbi, si rende necessario il ricovero in ospedale, con conseguenti maggiori costi per le cure mediche. In seguito a periodi di canicola, aumenta il numero di decessi. In Svizzera già oggi si stimano diverse centinaia di casi all'anno dovuti al caldo^{7,8}. Anche gli effetti secondari sono rilevanti: salute mentale compromessa dalla scarsa qualità del sonno, cattiva qualità dell'aria a causa delle alte concentrazioni di ozono durante i periodi

di canicola, maggiore rischio di tumori della pelle causati dalla permanenza all'aperto e anche maggiore rischio di incidenti (soprattutto annegamenti)⁹. Le conseguenze del caldo sono tangibili anche nel settore economico, dove può causare un calo della produttività lavorativa. Secondo un sondaggio condotto presso 440 aziende svizzere, lo stress da calore è percepito come il rischio fisico più rilevante dei cambiamenti climatici¹⁰. Specialmente per le professioni esposte al calore nell'edilizia e in agricoltura, si può arrivare all'impossibilità di svolgere determinate attività in alcune ore del giorno. I costi economici causati dalla perdita di produttività lavorativa ammontano già oggi a diverse centinaia di milioni di franchi all'anno¹¹.



Un letto vuoto in una stanza d'ospedale. Le temperature elevate possono rappresentare un fattore di stress per la salute umana fino a causare la morte. Foto: Gaëtan Bally / Keystone

Decessi dovuti al caldo nel 2023

A oggi, l'estate 2023 è stata la quinta più calda in Svizzera dall'inizio delle misurazioni. Grazie a metodologie statistiche, è possibile stabilire una correlazione tra la temperatura media giornaliera misurata e il tasso di mortalità osservato, formulando possibili ipotesi sulla mortalità dovuta al caldo. Nel 2023 sono stati registrati 542 decessi riconducibili al caldo⁸, pari al 2 per cento di tutti i decessi avvenuti nella stagione calda tra maggio e settembre. Con il 95 per cento di tutti i decessi, è stata soprattutto la fascia di età superiore ai 75 anni a essere colpita. Un altro studio riferito al 2022 indica inoltre che il 60 per cento dei decessi dovuti al caldo in Svizzera non si sarebbero verificati senza i cambiamenti climatici¹⁵.

Esposizione e vulnerabilità

Quasi tre quarti della popolazione svizzera vive nelle città e negli agglomerati⁴, il che significa che un'ampia parte di essa è coinvolta nell'effetto isola di calore. In questo caso sono rilevanti non solo le temperature massime durante il giorno, ma anche le alte temperature notturne, che compromettono il riposo. Inoltre, anche le giornate moderatamente calde, con temperature medie giornaliere fino a 25 gradi, sono un fattore di stress per la salute umana. Le persone anziane, quelle bisognose di cure o con malattie croniche, le donne



Gruppi di popolazione particolarmente colpiti dal crescente stress da calore

Secondo l'Ufficio federale della sanità pubblica, le persone anziane, quelle bisognose di cure, le persone con malattie croniche, le donne incinte, i bambini piccoli e i neonati sono i soggetti particolarmente a rischio per il caldo. Tra i malati cronici, il rischio aumenta per le persone affette da malattie cardiovascolari, delle vie respiratorie, diabete, demenza o malattie psichiche. Esistono diversi studi che indagano gli effetti del caldo su ulteriori gruppi di popolazione. Ne emerge, ad esempio, che tra le persone anziane sono le donne a essere più colpite¹⁶, sebbene le ragioni non siano accertate in via definitiva. Tra quelle possibili vi è il fatto che le donne vivono più a lungo, che sono più attive nella terza età (e spesso all'aperto), che spesso vivono da sole o che sudano meno degli uomini¹⁶. Secondo alcuni studi in ambito europeo, le donne svolgono più lavori di cura, retribuiti e non, e per questo sono particolarmente affaticate durante i periodi di canicola¹⁷. Vi sono però anche indicazioni secondo cui gli uomini di mezza età presentano un tasso di mortalità superiore legato al caldo, probabilmente perché tendono a sottovalutare i rischi per la salute¹⁶. Infine, gli studi evidenziano un maggiore impatto sulle persone che vivono in una condizione socioeconomica bassa^{16,18,19}. Rispetto agli studi condotti all'estero, tuttavia, in Svizzera i fattori socioeconomici pesano meno, ad esempio, del vasto coinvolgimento di interi quartieri privi di spazi verdi e colpiti da uno stress da calore sproporzionato, che potrebbe essere riconducibile a una separazione meno marcata degli spazi¹⁸.

incinte, i bambini piccoli e i neonati sono particolarmente vulnerabili agli effetti del caldo sulla salute (v. riquadro a sinistra). Le analisi indicano che la sensibilizzazione alle misure di protezione dal caldo è più alta nella Svizzera romanda e in Ticino, con conseguente minore vulnerabilità rispetto ad altre regioni, finora meno colpite dalle ondate di calore¹². Per il periodo compreso tra il 1980 e il 2023 è stato accertato che il numero annuale di decessi dovuti al caldo non è aumentato in misura parallela al crescente stress da calore⁸, anzi, oggi il tasso di mortalità dovuto al caldo è inferiore rispetto all'inizio del periodo. Ciò si spiega con la diminuzione del tasso di mortalità nelle giornate moderatamente calde (temperature inferiori a 25 °C), il che a sua volta indica che la popolazione svizzera si è già parzialmente adattata al crescente stress da calore, in maniera fisiologica o grazie all'effetto preventivo delle misure di protezione dal caldo. Tuttavia, per le giornate con temperature elevate (da 25 °C e inferiori a 27 °C) e molto elevate (da 27 °C), finora non si è registrato alcun adattamento⁸.

Da qui al 2060 l'esposizione e la vulnerabilità della popolazione svizzera rispetto al caldo crescente aumenteranno notevolmente. I motivi vanno ricercati da un lato nell'evoluzione demografica e nell'invecchiamento della società: secondo lo scenario di riferimento dell'Ufficio federale di statistica, che registra progressivamente tale evoluzione, entro il 2050 la popolazione svizzera crescerà del 20 per cento¹³. Il numero delle persone di età pari o superiore a 80 anni, più sensibili al caldo, addirittura raddoppierà¹³. La crescita demografica, inoltre, avviene soprattutto nei grandi agglomerati, dove lo stress da calore è particolarmente elevato. Contemporaneamente, è possibile ridurre l'esposizione e la vulnerabilità con misure di adattamento mirate. Tra le misure immediate importanti figurano la sensibilizzazione della popolazione rispetto ai comportamenti appropriati da adottare in caso di canicola, le allerte tempestive e l'assistenza alle persone durante i periodi di canicola. Nelle città, anche misure di pianificazione del territorio e provvedimenti edilizi possono attenuare i rischi legati al caldo, ad esempio la salvaguardia di corridoi di ventilazione, la deimpermeabilizzazione delle superfici asfaltate e la creazione di spazi verdi, l'ombreggiatura degli edifici o il loro raffrescamento. Nell'ambito di progetti di ricerca, la Confederazione sta attualmente elaborando ulteriori basi decisionali riguardanti gli effetti del caldo sulla salute¹⁴.

Anche l'economia subisce il crescente stress da calore, poiché può diminuire le prestazioni e la produttività dei lavoratori. Le modellizzazioni mostrano che la gran parte delle persone con un'elevata attività fisica sul lavoro sono meno produttive. Al contrario, quelle che svolgono lavori fisicamente meno impegnativi, come nel settore dei servizi, fanno registrare in proporzione minori perdite di produttività, poiché possono lavorare in ambienti bene isolati e climatizzati¹¹. Da un punto di vista dell'economia generale, tuttavia, anche queste perdite sono significative, considerato che in Svizzera sono più numerose le persone occupate in attività che richiedono minore impegno sul piano fisico¹¹.

Rischi climatici

I periodi di canicola costituiscono già oggi un rischio molto rilevante per la società, specie nelle città e negli agglomerati densamente popolati. Da qui al 2060 i rischi si accentueranno ulteriormente a causa dell'aumento di questi periodi, dell'invecchiamento della società e dell'urbanizzazione. Anche le attività economiche saranno compromesse dalla diminuzione delle prestazioni. Nel complesso, le ripercussioni sulla salute umana e le minori prestazioni legate al crescente stress da calore sono valutate come rischi climatici molto elevati.

2.1.2 Ripercussioni del caldo sui sistemi infrastrutturali

Le infrastrutture di trasporto e di approvvigionamento elettrico sono particolarmente sotto pressione durante i giorni caldi. Le ripercussioni su singoli tratti della rete di trasporto – soprattutto deformazioni di binari, strade o piste di decollo / atterraggio dovute al calore – sono visibili già oggi. Inoltre, eventi di questo tipo possono comportare ritardi con relativi costi, ad esempio perché in presenza di temperature elevate occorre proteggere i binari e ridurre le velocità di percorrenza. Nella produzione di elettricità, finora le ripercussioni del caldo si sono limitate principalmente alle centrali nucleari raffreddate con acqua di fiume, la cui attività deve essere rallentata durante i periodi di canicola a causa dell'insufficiente capacità di raffreddamento. In futuro, durante questi periodi, potrebbe aumentare il fabbisogno energetico per raffreddare edifici e altre infrastrutture. Periodi di canicola sempre più intensi

richiedono in genere un'accurata revisione della resilienza dei sistemi infrastrutturali.

Esposizione e vulnerabilità

La Svizzera dispone di una fitta rete stradale, ferroviaria e di approvvigionamento elettrico, nella quale vengono investiti miliardi ogni anno. Le infrastrutture in Svizzera sono generalmente di alta qualità, ma sono state concepite senza tenere conto dei cambiamenti climatici in generale e della crescente calura estiva in particolare. Essendo



La centrale nucleare di Beznau, nel cantone di Argovia, attinge acqua dal fiume Aare per il raffreddamento. L'acqua calda che successivamente viene reimessa nel fiume in estate può rappresentare un pericolo per l'ecosistema. Foto: Urs Hubacher / Keystone

Limitazioni dell'attività presso la centrale nucleare di Beznau nel luglio 2022

A causa del caldo persistente, nell'estate del 2022 la centrale nucleare di Beznau ha dovuto ridurre la potenza dei suoi reattori per evitare che l'Aare si riscaldasse troppo dopo l'immissione dell'acqua di raffreddamento. A differenza delle altre centrali nucleari della Svizzera, il raffreddamento di quella di Beznau non avviene attraverso un'apposita torre bensì direttamente con acqua di fiume²⁴. In conformità con l'ordinanza sulla protezione delle acque (OPAc), l'impianto avrebbe dovuto essere completamente spento, in quanto la temperatura del corso d'acqua aveva superato per diversi giorni il limite di pericolo per pesci e altri organismi acquatici, pari a 25 gradi. Tuttavia, a causa della difficile situazione di approvvigionamento elettrico, è stata concessa una deroga che ha permesso alla centrale di proseguire la sua attività a regime ridotto²⁵.

progettate per un utilizzo pluridecennale, l'eventuale adeguamento alle mutate condizioni procede lentamente. Per quel che riguarda le infrastrutture stradali, il caldo svolge un ruolo subordinato rispetto ad altre sollecitazioni (in particolare l'usura causata dal traffico pesante). Sebbene questo aspetto riguardi anche l'infrastruttura ferroviaria, il trasporto ferroviario tende, tuttavia, a essere più sensibile alle restrizioni legate al caldo, poiché per molte tratte non esistono opzioni alternative²⁰.

Nella produzione di energia elettrica, a oggi sono state soprattutto le centrali nucleari raffreddate con acqua di fiume a subire le ripercussioni del caldo: in caso di temperature elevate delle acque dei fiumi, sono costrette a rallentare l'attività per impedire che i valori limite della temperatura di corsi e specchi d'acqua vengano superati dopo l'immissione dell'acqua di raffreddamento. Finora la calura estiva non ha rappresentato un grosso problema per la rete elettrica, dal momento che in Svizzera il carico di rete è inferiore durante i mesi estivi rispetto all'inverno²¹. Anche la domanda di elettricità è ancora poco reattiva alle temperature elevate, considerato che a oggi in Svizzera sono soprattutto gli edifici destinati ai servizi e poche abitazioni a essere dotati di impianti di raffrescamento⁶. Ciò nonostante, l'isolamento termico passivo in tutti gli edifici durante l'estate merita la massima attenzione affinché tale domanda resti il più possibile contenuta anche in futuro e l'elettricità possa essere impiegata per scopi diversi dal raffrescamento.

Tenendo conto della crescita demografica ed economica della Svizzera, si presume che le infrastrutture di trasporto e di approvvigionamento elettrico continueranno a espandersi. Il fatto che il crescente stress da calore possa rappresentare un problema o meno, dipende dalla progettazione dei rispettivi sistemi infrastrutturali. Per quel che riguarda la produzione di elettricità, si prevede un crescente fabbisogno di energia per il raffrescamento soprattutto durante i periodi di canicola estiva, quando vi è grande disponibilità di energia grazie agli impianti solari²². Sebbene la canicola riduca anche la produzione dei pannelli solari, nel complesso si tratta di effetti poco significativi²³. Inoltre, la vulnerabilità al caldo della produzione di elettricità sarà ridotta dalla decisione già adottata di abbandonare progressivamente l'energia

nucleare. Dall'altra parte, aumenta la vulnerabilità delle reti elettriche di trasporto a causa della maggiore volatilità dei flussi di carico delle energie rinnovabili.

Rischi climatici

I sistemi infrastrutturali della Svizzera sono attualmente esposti a forti sollecitazioni, indipendentemente dai cambiamenti climatici. Per le infrastrutture di trasporto, i rischi legati al caldo sono rimasti bassi finora, ma da qui al 2060 sono destinati ad aumentare. Nella produzione di elettricità, già oggi l'esercizio delle centrali nucleari viene regolarmente limitato a causa delle temperature elevate dell'acqua. La prossima fine dell'esercizio delle centrali raffreddate con acqua di fiume ridurrà questo rischio in futuro. Anche i rischi per l'approvvigionamento elettrico derivanti dal crescente fabbisogno di energia per il raffrescamento dovrebbero rimanere bassi, poiché la domanda coincide in gran parte con i picchi di produzione dell'energia solare, che nei prossimi decenni è destinata a essere notevolmente incrementata. Nel complesso, le ripercussioni sulle infrastrutture di trasporto e sull'approvvigionamento elettrico legate al crescente stress da calore sono valutate come rischi climatici medi.

2.1.3 Conseguenze del caldo in agricoltura e nell'economia forestale

Il clima troppo caldo nuoce all'agricoltura e all'economia forestale. In agricoltura bisogna mettere in conto perdite di qualità, di raccolto o addirittura assenza di raccolti. Ma anche animali da reddito come bovini, suini e polli soffrono a causa del crescente stress da calore. Nell'economia forestale, lo stress da calore non solo riduce il potenziale di utilizzo del legno, ma anche la funzione protettiva del bosco. I periodi di canicola sono spesso associati a siccità estiva, per cui è impossibile attribuire in maniera univoca la causa delle perdite di produzione agricola e dei danni alle foreste. Il capitolo 2.2 analizza in modo approfondito gli effetti dell'aumento della siccità estiva, prendendo in considerazione anche il peggioramento della siccità causato dalla maggiore evaporazione durante i periodi di canicola. In questa sezione l'attenzione si concentra soprattutto sulle conseguenze del caldo in agricoltura e nell'economia forestale.

Esposizione e vulnerabilità

Oggi l'agricoltura contribuisce al valore aggiunto lordo della Svizzera in misura inferiore all'1 per cento²⁶. Tuttavia, in termini di utilizzo del suolo, ha una funzione molto rilevante, considerato che il 35 per cento del territorio nazionale è occupato da superfici agricole²⁷. I rischi legati allo stress da calore variano a seconda del tipo di coltura. Le patate, ad esempio, sono particolarmente sensibili al calore (v. riquadro a pag. 25). Per quel che riguarda l'allevamento, le differenze di vulnerabilità dei vari animali da reddito sono meno marcate²⁸. Per le mucche da latte la temperatura ambiente ottimale è compresa tra 5 e 25 gradi che, a seconda della posizione geografica, può essere ampiamente superata nei periodi di canicola²⁸.

In futuro, il passaggio a colture, varietà e razze di animali da reddito più tolleranti al caldo acquisirà un'importanza crescente. Inoltre, anticipando la semina (che però aumenta la sensibilità alle gelate tardive) o preferendo colture invernali a quelle estive, è possibile spostare il periodo di crescita e maturazione fuori dai mesi estivi più caldi²⁹. Nell'allevamento di animali da reddito è possibile ridurre lo stress da calore e i cali di rendimento attraverso misure quali pascolo notturno, ombreggiamento, impianti di irrigazione per il raffreddamento o lo spostamento del pascolo a quote più elevate. L'esposizione potrebbe anche diminuire, se in futuro sui suoli agricoli si privilegeranno colture destinate al consumo umano diretto, come postulato dalla Proiezione per la filiera agroalimentare svizzera 2050³⁰.

Anche l'economia forestale contribuisce oggi al valore aggiunto lordo della Svizzera in misura inferiore all'1 per cento²⁶, ma in termini di superficie, boschi e boschetti occupano una parte rilevante del territorio svizzero, pari al 32 per cento²⁷. I boschi sono importanti non solo per l'utilizzo del legno, ma anche per la loro funzione protettiva e ricreativa di rilievo, non compresa nel valore aggiunto lordo. Oggi come ieri, i boschi svizzeri continuano a essere ancora fortemente caratterizzati dall'abete rosso, che non tollera bene i periodi di canicola. Sul 38 per cento della superficie forestale accessibile è la specie arborea dominante³¹. Anche altre specie arboree hanno ormai difficoltà ad adattarsi alle condizioni climatiche prevalenti, con ripercussioni su diversi servizi ecosistemici del bosco. Nel complesso, si prevede che i cambiamenti climatici determineranno un declino di specie arboree rilevanti sul piano economico nonché perdite di guadagno per i proprietari di bosco³². Anche l'industria del legno è coinvolta, i cui impianti sono stati progettati in base alla composizione di specie arboree attuali e in particolare per l'abete rosso³². Nel lungo termine, tale composizione dovrà essere adattata al crescente stress da calore. Da qui al 2060 si deve tuttavia presumere una maggiore vulnerabilità, poiché l'adattamento avviene lentamente.

Rischi climatici

Il crescente stress da calore fa sì che sempre più di frequente le temperature in Svizzera raggiungano livelli che mettono a rischio importanti colture agricole, animali da reddito e alberi. In Svizzera i periodi di canicola sono spesso associati a siccità estiva, per cui è impossibile attribuire in maniera univoca la causa delle perdite di produzione agricola e dei danni alle foreste. Nel complesso, le perdite subite nelle coltivazioni agricole, nell'allevamento di animali da reddito e i danni alle foreste a causa del crescente stress da calore sono valutati come rischi climatici medi.



I cambiamenti climatici stanno causando problemi alla produzione di patate in Svizzera. Foto: Gaëtan Bally / Keystone

Raccolto di patate nel 2023

L'estate del 2023 è stata troppo calda per le patate. Già nel 2021 e nel 2022 i raccolti di patate erano stati inferiori alla media, con conseguente maggiore pressione economica sui produttori. In presenza di temperature elevate, la crescita delle patate è limitata e a partire dai 30 gradi addirittura si interrompe. In linea di massima esistono varietà più resistenti al caldo, ma devono prima radicarsi sul territorio e soddisfare una serie di altri requisiti, come la resistenza alle malattie o buone proprietà per la successiva lavorazione³³.



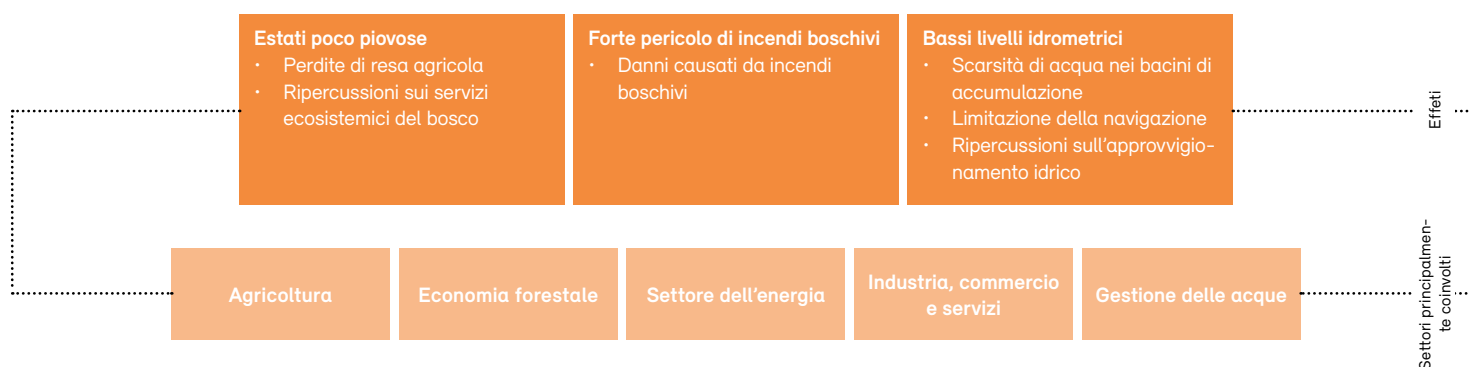
Mucche su un pascolo secco dello Chasseral. A causa del caldo e della mancanza di precipitazioni, nell'estate del 2022 i terreni si sono seccati e i pascoli hanno assunto una colorazione marrone.
Foto: Caroline Kan / UFAM (12.8.2022)

2.2 Aumento della siccità estiva

La Svizzera è conosciuta come il serbatoio d'acqua dell'Europa centrale. Da qui al 2060 siccità e fasi di magra saranno più frequenti e dureranno più a lungo nei mesi estivi. Anche il pericolo di incendi boschivi è destinato ad aumentare. Le variazioni del regime idrico mettono sotto pressione i diversi utilizzi dell'acqua, che appaiono sempre più in concorrenza tra loro.

Figura 5

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dall'aumento della siccità estiva in Svizzera



La Svizzera è uno dei Paesi più ricchi d'acqua d'Europa³⁴. Da qui al 2060 le precipitazioni saranno meno abbondanti nei mesi estivi e le temperature più elevate comporteranno una maggiore evaporazione, il che renderà suoli e vegetazione più secchi. La portata dei corsi d'acqua subirà poche variazioni nel corso dell'intero anno, ma, a seguito dei cambiamenti climatici, i fiumi trasporteranno più acqua in inverno e meno in estate. Entro il 2060, l'acqua potrebbe diventare sempre più scarsa in determinati periodi e regioni, con probabili ripercussioni su vari settori, soprattutto in agricoltura e nell'economia forestale, che tuttavia modificheranno anche le condizioni quadro per la produzione di elettricità e la navigazione sul Reno. A livello locale si prevedono ripercussioni negative anche sull'approvvigionamento idrico pubblico, specie per le falde freatiche, in scambio con le acque di superficie, che potrebbero subire una diminuzione della quantità di acque sotterranee nonché della loro qualità.

Negli ultimi anni la Svizzera ha già sperimentato un aumento significativo di estati secche. In risposta alla siccità persistente del 2015, 2018 e 2022, la Confederazione avvierà dal 2025 un sistema nazionale di individuazione precoce e di allerta, attraverso il quale poter

riconoscere tempestivamente i periodi critici di siccità e reagire di conseguenza. Una visione intersettoriale e sovraregionale delle risorse idriche è determinante per consentire alla Svizzera di adattarsi a carenze di acqua regionali e temporanee.

Questo capitolo spiega gli effetti dell'aumento della siccità estiva in vari settori (fig. 5). Gli effetti di siccità e periodi di magra sugli ecosistemi sono trattati nel capitolo 2.5.

Segnale climatico

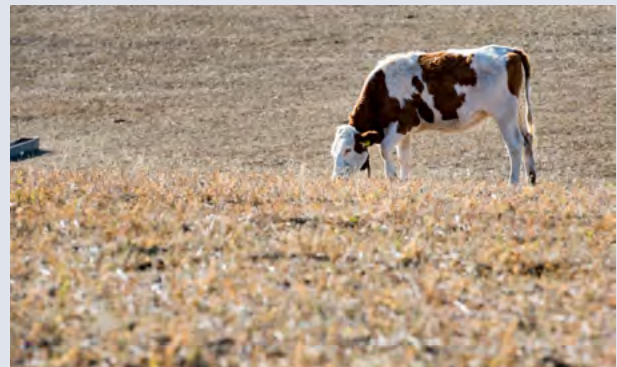
Oggi il periodo più lungo senza precipitazioni dura in media 11 giorni in estate⁵. Negli ultimi anni si è osservato un aumento dei periodi di siccità, in particolare negli anni 2015, 2018 e 2022, caratterizzati da una diffusa siccità estiva. Tra i fattori determinanti non figurano solo le precipitazioni medie, ma anche le temperature elevate, che hanno favorito l'evaporazione e continuato a seccare i suoli. Se in agricoltura anche periodi di siccità brevi e molto intensi possono avere conseguenze rilevanti, per i boschi sono anni di siccità consecutivi, che indeboliscono sempre più alcune specie arboree, ad avere conseguenze drastiche. L'aumento dei periodi di siccità in Svizzera ha avuto conseguenze anche sui livelli idrometrici di fiumi e

laghi negli ultimi anni, come dimostrano le situazioni di magra estrema in molte località, che hanno coinvolto anche grandi fiumi quali l'Aar, la Reuss, la Limmat e il Reno³⁵. Laddove le falde freatiche si scambiano con le acque di superficie, gli eventi di magra possono anche influire sulle quantità di acqua disponibile³⁴. La siccità colpisce tuttavia anche piccoli sistemi di acque sotterranee prossime alla superficie, indipendentemente dai corsi d'acqua.

I cambiamenti climatici stanno modificando il regime idrico in Svizzera. Entro il 2060 le precipitazioni potrebbero diminuire anche di un quarto in estate e il periodo più lungo senza precipitazioni durare circa 20 giorni⁵, sebbene, rispetto alle temperature, gli scenari di variazione delle precipitazioni siano oggi ancora relativamente incerti. Tuttavia, a lungo termine, i modelli climatici mostrano una chiara tendenza alla diminuzione delle precipitazioni durante i mesi estivi⁵, con conseguente situazione di siccità, cui contribuisce anche la crescente evaporazione causata dal riscaldamento. Tale situazione determinerà inoltre un incremento costante del pericolo di incendi boschivi³⁶. Le statistiche degli anni 2003, 2015 e 2018, eccezionalmente secchi, indicano che in Svizzera il pericolo di incendi boschivi causati da fulmini, senza intervento dell'uomo, potrebbe aumentare nei prossimi decenni³⁷. In futuro la portata di specchi e corsi d'acqua sarà maggiore in inverno e inferiore in estate. Le ragioni sono molteplici. In estate le precipitazioni diminuiscono, mentre in inverno cade sempre più pioggia invece della neve a causa delle temperature più elevate. L'acqua che ne deriva defluisce prima, venendo così a mancare in estate³⁴. Nel frattempo, lo scioglimento dei ghiacciai dovrebbe compensare in parte questo processo, ma si tratta di un fenomeno temporaneo: al più tardi a partire dal 2050, l'acqua di fusione diminuirà anche per i ghiacciai più grandi, non riuscendo più a compensare la scarsità dei mesi estivi³⁴. Nel complesso, la diminuzione delle precipitazioni in estate, combinata con la diminuzione di neve e ghiaccio, favorirà da qui al 2060 la comparsa di periodi di magra durante l'estate, con conseguenze soprattutto per le falde freatiche alimentate dai corsi d'acqua. In una prospettiva sovraregionale, tuttavia, la quantità totale di acqua garantita dalla rigenerazione delle falde freatiche dovrebbe essere sufficiente a riempire le falde acquifere, nonostante l'aumento della siccità estiva, anche se la distribuzione stagionale dei livelli delle acque sotterranee è destinata a modificarsi³⁴.

2.2.1 Estati poco piovose

Precipitazioni regolari sono indispensabili per l'agricoltura in Svizzera. In caso di periodi prolungati di siccità, bisogna mettere in conto perdite di qualità, di raccolto o addirittura assenza di raccolti, specialmente se la siccità compare durante le fasi sensibili di sviluppo delle piante. Già oggi le colture ad alta intensità idrica, come le patate e il mais, sono colpite dalla siccità. Anche altri eventi meteorologici estremi possono compromettere la produzione agricola. Gli scostamenti delle rese annuali di importanti colture campicole³⁸



Pascoli secchi a Chavornay (VD) a seguito della persistente siccità estiva nel 2018. Foto: Jean-Christophe Bott / Keystone

Produzione di foraggio grezzo in anni secchi

Una siccità persistente può ridurre significativamente la crescita di prati e pascoli. Nelle estati secche del 2003, 2015 e 2018, la produzione di foraggio ha registrato cali fino al 25 cento rispetto agli altri anni⁴³, come si può osservare anche nelle statistiche delle importazioni di fieno, che negli stessi periodi hanno avuto un notevole incremento⁴⁴. Le oscillazioni sono state particolarmente marcate nell'Altopiano. La produzione di foraggio è diminuita anche nel 2022, un altro anno caratterizzato da siccità. Queste evidenze sottolineano la vulnerabilità agli eventi climatici estremi della produzione di alimenti per gli attuali effettivi di bestiame in Svizzera⁴³. A causa della scarsa disponibilità di foraggio grezzo, numerose economie alpestri hanno dovuto ricondurre a valle gli animali prima del tempo oppure trasportare il foraggio dalla valle all'alpeggio⁴⁵.

suggeriscono tuttavia che, a partire dal 2000, le rese sono inferiori alla media, specie nelle estati secche.

Anche l'economia forestale svizzera risente della siccità. Negli ultimi anni i danni alle foreste sono aumentati in modo significativo in tutte le regioni, con conseguente riduzione non solo del potenziale di utilizzo del legno, ma anche della fornitura di altri importanti servizi ecosistemici del bosco, ad esempio la protezione contro i pericoli naturali, il che può avere ampie ripercussioni per la tutela delle persone, degli insediamenti, dei trasporti e di altre infrastrutture. I periodi di siccità, infine, limitano anche la funzione del bosco come spazio ricreativo e per le attività del tempo libero, con possibili chiusure temporanee di aree forestali e costi più elevati per le misure di sicurezza che consentono alle persone in cerca di ristoro di accedere al bosco in modo sicuro.

Esposizione e vulnerabilità

Oggi l'agricoltura contribuisce al valore aggiunto lordo della Svizzera in misura inferiore all'1 per cento²⁶. Tuttavia, in termini di utilizzo del suolo, ha una funzione molto rilevante, considerato che il 35 per cento del territorio nazionale è occupato da superfici agricole²⁷. I rischi legati alla siccità estiva variano a seconda del tipo di coltura. Negli anni precedenti, ad esempio, erano già molto diffusi nella produzione di patate. Anche nella produzione di frumento, nell'allevamento di bovini e nell'economia lattiera si sono registrate perdite significative in molte zone durante gli anni secchi³⁹. La siccità estiva interessa prodotti tradizionalmente importanti per l'alimentazione svizzera nonché parte della produzione agricola del Paese³⁹. Oggi circa il 5 per cento della superficie agricola utile viene irrigata, di cui le aree destinate alla produzione di ortaggi e frutta costituiscono una quota particolarmente alta⁴⁰. Durante le estati secche trascorse, si è reso necessario limitare il prelievo dalle acque superficiali per l'irrigazione agricola in ampie zone della Svizzera³⁵.

Da qui al 2060 la siccità diminuirà ulteriormente le rese di diverse colture, rendendo la coltivazione di piante resistenti sempre più importante. Da un punto di vista economico, varrà la pena irrigare solo colture ad alto valore aggiunto, come verdura, patate, frutta, bacche e viti⁴¹. Per altre colture, è opportuno tenere presente che la capacità di accumulare acqua di suoli ricchi di humus è maggiore di quelli impermeabilizzati e con uno scarso strato di humus.

Una gestione appropriata è quindi di grande importanza nell'ottica dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Anche l'economia forestale contribuisce oggi al valore aggiunto lordo della Svizzera in misura inferiore all'1 per cento²⁶, ma in termini di superficie, boschi e boschetti occupano una parte rilevante del territorio svizzero, pari al 32 per cento²⁷. I boschi sono importanti non solo per l'utilizzo del legno, ma anche per la loro funzione protettiva e ricreativa di rilievo. Nel complesso, circa la metà del bosco svizzero ha un effetto protettivo per persone, insediamenti e infrastrutture⁴², che in determinate zone potrebbe ridursi, se le specie arboree attualmente



Gruppi di popolazione particolarmente colpiti dall'aumento della siccità estiva

Per la Svizzera non sono disponibili studi approfonditi che analizzano l'impatto dell'aumento della siccità estiva su determinati gruppi di popolazione. Inoltre, i rischi derivanti dalle conseguenze della siccità sono molto diversi. Si presume che siano le professioni legate all'agricoltura esercitate in zone con scarso potenziale di irrigazione a essere le più colpite. Ciò vale anche per le aziende che dipendono fortemente da colture (non adatte alle condizioni locali) per le quali l'irrigazione non è economicamente conveniente, o per quelle con opportunità limitate di diversificazione delle colture. Le perdite di resa progressivamente più elevate negli anni potrebbero portare queste aziende a subire una crescente pressione finanziaria. Nel caso in cui l'aumento della siccità estiva dovesse far lievitare i prezzi dei prodotti alimentari, ciò colpirebbe soprattutto i gruppi di popolazione a basso reddito, i quali spendono circa il 13 per cento del budget disponibile per i generi alimentari⁴⁶. I danni alle persone causati da incendi boschivi sono stati finora molto rari in Svizzera. Tuttavia, a causa del pericolo crescente, in futuro sarà necessario garantire che i messaggi di allerta precoce arrivino anche a persone con abilità linguistiche e di lettura limitate o con una scarsa conoscenza delle condizioni locali, come migranti e turisti.

presenti non troveranno più un habitat adeguato a causa delle mutate condizioni del sito. Per quel che riguarda l'utilizzo del legno, l'abete rosso continua ad avere un ruolo preponderante, sebbene reagisca in modo sensibile alla siccità e sia di conseguenza vulnerabile ai cambiamenti climatici. Sul 38 per cento della superficie forestale accessibile è la specie arborea dominante e con il 44 per cento rappresenta la quota più elevata del volume totale di legno³¹.

A lungo termine, in Svizzera ricresceranno alberi che meglio si adattano alla siccità, ma l'adattamento dell'economia forestale avviene meno rapidamente rispetto all'agricoltura, in quanto il bosco ha bisogno di tempo per rinnovare una generazione di alberi. Si prevede che i cambiamenti climatici determineranno un declino di specie arboree rilevanti sul piano economico, una crescita ridotta nonché perdite di guadagno per i proprietari di bosco³². Anche l'industria del legno è coinvolta, i cui impianti sono stati progettati in base alla composizione di specie arboree attuali e in particolare per l'abete rosso³².

Rischi climatici

Già oggi diverse colture agricole sono regolarmente colpite dalla siccità durante i mesi estivi e negli ultimi anni anche l'economia forestale ha fatto registrare un incremento dei danni. Da qui al 2060 l'aumento della siccità estiva avrà conseguenze diverse sull'attività agricola a seconda del tipo di coltura. L'irrigazione potrà essere utilizzata solo per colture ad alto valore aggiunto e in presenza di un'adeguata disponibilità di acqua. Nell'economia forestale, la composizione delle specie arboree potrà adattarsi all'aumento della siccità estiva solo nel corso di diversi decenni. A medio termine, ciò può ripercuotersi su importanti servizi ecosistemici del bosco, come sull'effetto protettivo per persone, insediamenti, trasporti e altre infrastrutture. Nel complesso, le perdite causate dall'aumento della siccità estiva in agricoltura e nell'economia forestale sono valutate come rischi climatici elevati.

2.2.2 Forte pericolo di incendi boschivi

La siccità persistente riduce l'umidità della vegetazione e del suolo, aumentando notevolmente il pericolo di incendi

boschivi. Il clima secco e ventoso favorisce la diffusione degli incendi. Oltre ai danni diretti causati dalla perdita di alberi e animali nonché ai costi di spegnimento e rimboschimento, tali incendi hanno conseguenze a lungo termine anche sui servizi ecosistemici del bosco, segnatamente la funzione protettiva, lo stoccaggio del carbonio e lo spazio ricreativo. I costi indiretti sono elevati soprattutto quando vengono danneggiati boschi di protezione situati a monte di insediamenti, infrastrutture di trasporto e altre infrastrutture. Oggi gli incendi boschivi si verificano soprattutto nel Sud delle Alpi, cioè in Ticino e nelle valli meridionali dei Grigioni. Grossi incendi si verificano anche nelle valli alpine interne, in particolare nel Vallese. Negli ultimi anni anche il versante nordalpino ha fatto registrare più incendi boschivi, sebbene di piccole dimensioni. Nel 90 per cento dei casi, gli incendi boschivi sono provocati dall'uomo⁴⁷.



Gli incendi boschivi sono uno dei rischi legati ai cambiamenti climatici. Nella foto: incendio boschivo a Bitsch (VS) nel luglio 2023. Foto: Jean-Christophe Bott / Keystone

Incendio boschivo nei pressi di Bitsch nel luglio 2023

In uno dei più grandi incendi boschivi degli ultimi anni in Svizzera, scoppiato nel luglio 2023 sopra Briga, nel Cantone del Vallese, sono bruciati circa 50 000 alberi su una superficie di 130 ettari. I forti venti e la marcata siccità hanno reso più difficili i lavori di spegnimento. Si presume che ci vorranno almeno 100 anni prima che il bosco possa recuperare. Poiché anche il suo effetto protettivo è compromesso, si rende ora necessario rivalutare i pericoli dovuti ai movimenti di versante⁴⁹.

Esposizione e vulnerabilità

I boschi coprono quasi un terzo del territorio nazionale della Svizzera²⁷. Negli ultimi decenni la superficie forestale è aumentata, sebbene ciò sia avvenuto perlopiù al di sopra dei 1000 metri sul livello del mare, dove la gestione di pascoli alpini è stata abbandonata⁴⁸. Oltre ai fattori meteorologici, il pericolo di incendi boschivi è legato alla presenza di materiale infiammabile. Gli incendi particolarmente estesi si verificano su pendii ripidi, dove è più difficile contrastarli e l'effetto camino ne favorisce la propagazione. Gli incendi boschivi sono particolarmente problematici quando colpiscono i boschi di protezione, compromettendo a lungo termine i loro servizi per la tutela di insediamenti, trasporti e altre infrastrutture. Da alcuni anni la Svizzera investe sempre più in appositi piani e misure di sensibilizzazione. Nelle zone che in passato sono state meno colpite da incendi boschivi, manca l'esperienza nel gestire questo pericolo specifico.

L'aumento della popolazione comporterà un utilizzo più intensivo dei boschi entro il 2060. Si presume quindi che, senza adeguate misure di sensibilizzazione, si verificheranno più incendi boschivi causati da comportamenti negligenti. Questo effetto sarà amplificato se il pericolo di incendi boschivi aumenterà anche a nord delle Alpi, causato dall'aumento della siccità estiva. Infine, la predisposizione agli incendi dei boschi aumenta anche per il maggiore accumulo di legno morto infiammabile (v. cap. 2.2.1)³⁶.

Rischi climatici

A causa dei cambiamenti climatici legati alla siccità estiva, il pericolo di incendi boschivi aumenterà costantemente nei prossimi decenni. I costi indiretti possono essere elevati, soprattutto quando gli incendi si verificano nei boschi di protezione. Rispetto ad altri cambiamenti associati al clima, tuttavia, in futuro gli incendi boschivi continueranno a rappresentare una minaccia significativa soprattutto a livello locale. Nel complesso, i danni causati dagli incendi boschivi in seguito all'aumento della siccità estiva sono valutati come rischi climatici medi.

2.2.3 Bassi livelli idrometrici

Periodi prolungati di siccità determinano bassi livelli idrometrici tanto nelle acque superficiali quanto in quelle sotterranee. I corsi d'acqua più piccoli possono addirittura arrivare a prosciugarsi completamente. I bassi livelli idrometrici influenzano diversi settori, segnatamente la produzione di elettricità, la fornitura di merci trasportate lungo il Reno e l'approvvigionamento di acqua potabile. Per quel che riguarda l'energia elettrica, sono le centrali ad acqua fluente a essere particolarmente colpite. Inoltre, la siccità estiva può determinare un riempimento insufficiente dei bacini di accumulazione in autunno, con la conseguenza di non avere abbastanza riserve per la produzione di elettricità generata con le centrali ad accumulazione in inverno. In alcune regioni, anche la rete pubblica di approvvigionamento idrico, e quindi di acqua potabile per la popolazione, può essere coinvolta. I periodi prolungati di siccità riducono progressivamente soprattutto la disponibilità di acqua delle falde freatiche alimentate dai corsi d'acqua. Durante questi periodi, inoltre, la qualità delle acque è inferiore, poiché gli inquinanti non vengono diluiti a sufficienza (v. anche cap. 2.5), con conseguenze anche sulle falde freatiche prossime ai corsi d'acqua. Fino a oggi, in Svizzera è stato possibile compensare i problemi di approvvigionamento attraverso le reti idriche. Altre misure, quali l'approvvigionamento idrico d'emergenza o la chiusura di piscine pubbliche, si sono rese necessarie solo in casi isolati³⁵.

Oltre alle ripercussioni dirette sul territorio nazionale, la riduzione delle portate nei fiumi principali comporta rischi anche per gli utilizzi dell'acqua in altri Paesi europei. Di conseguenza, aumenta la pressione sulla Svizzera affinché tenga conto degli interessi di tali Paesi nel gestire l'aumento della siccità estiva. Infine, i bassi livelli idrometrici influenzano anche l'ecologia delle acque (v. cap. 2.5.1) e l'utilizzo dell'acqua per l'irrigazione agricola (v. cap. 2.2.1).

Esposizione e vulnerabilità

Nel 2023 l'energia idroelettrica ha rappresentato il 65 per cento circa del mix di produzione di elettricità in Svizzera⁵⁰, una quota determinante per l'approvvigionamento elettrico. Oggi, tuttavia, la Svizzera produce in estate una quantità maggiore di elettricità rispetto al suo fabbisogno⁵¹. Pertanto, a fronte di una riduzione delle riserve di acqua durante i mesi estivi causata da siccità, la vulnerabilità dell'approvvigionamento elettrico è bassa. Sebbene possa succedere di dover limitare l'esercizio delle centrali ad acqua fluente in estate³⁴, la quantità di energia elettrica disponibile da altre fonti è sufficiente a compensare. Secondo la variante di base delle Prospettive energetiche 2050+ dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), in futuro una buona metà della produzione nazionale di elettricità continuerà a provenire dall'energia idroelettrica, un buon terzo dall'energia solare, mentre altri vettori energetici avranno un ruolo minore in Svizzera²². L'energia solare è indipendente dall'acqua e produrrà molta elettricità soprattutto durante i periodi secchi di bel tempo estivo, compensando ampiamente le perdite di energia idroelettrica in estate. Nei prossimi decenni, tuttavia, le esigenze di utilizzazione di acqua proveniente dai bacini di accumulazione potrebbero aumentare nei mesi estivi. In caso di forte siccità, infatti, questa acqua potrebbe essere utilizzata più per altri scopi, ad esempio per irrigare in agricoltura o per spegnere gli incendi, con ripercussioni sulla riserva di energia elettrica per l'inverno, che aumentano la vulnerabilità dell'approvvigionamento elettrico della Svizzera durante questa stagione.

Attualmente circa il 10 per cento di tutte le importazioni ed esportazioni svizzere transitano per i porti sul Reno, movimentando ogni anno 8 milioni di tonnellate di merci e 125 000 container⁵². Ciò nonostante, la rilevanza della navigazione sul Reno è fortemente diminuita negli ultimi decenni. Oggi vengono trasportati sul Reno soprattutto petrolio greggio e derivati del petrolio nonché altre merci difficili da trasportare su strada e su rotaia⁵³. In risposta alle limitazioni della navigazione sul Reno durante i periodi di siccità degli ultimi anni, al momento si procede al dragaggio dei punti critici nei passi navigabili, in modo da applicare le limitazioni solo in caso di livelli idrometrici più bassi. Anche in futuro la navigazione sul Reno continuerà a

svolgere un ruolo importante per le attività di importazione ed esportazione di aziende svizzere che utilizzano merci difficili da trasportare su strada e su rotaia. Considerata la lunga durata di vita utile delle navi, il passaggio a navi con pescaggio inferiore potrà avvenire solo lentamente. Ne consegue che le attività economiche che in futuro continueranno a dipendere dalle merci trasportate lungo il Reno saranno vulnerabili ai periodi di forte magra. Oltre al petrolio greggio e ai derivati del petrolio, tra le merci figurano soprattutto prodotti agricoli, materiali da costruzione, metalli e macchine⁵³.

Per l'approvvigionamento idrico pubblico, in Svizzera vengono utilizzate principalmente acque sotterranee (incl. acqua sorgiva), in misura pari all'80 per cento circa, mentre il restante 20 per cento proviene dai laghi³⁴. In linea di principio, la disponibilità di queste risorse idriche risente meno delle variazioni tra una stagione e l'altra rispetto ai corsi d'acqua. Ne consegue che l'approvvigionamento idrico è meno vulnerabile alle fluttuazioni stagionali attese con i cambiamenti climatici in confronto ad altri utilizzi dell'acqua. Ciò nonostante, secondo le misurazioni effettuate dall'Osservazione nazionale delle acque sotterranee (NAQUA), i valori limite fissati nell'OPAc per il nitrato vengono superati di un buon 15–20 per cento in tutte le stazioni, e anche i residui di prodotti fitosanitari sono ampiamente diffusi⁵⁴. Laddove i livelli di inquinamento sono troppo elevati, l'approvvigionamento idrico deve ricorrere alle captazioni di acqua sotterranea in prossimità dei fiumi, dove le acque potenzialmente inquinate vengono diluite dall'infiltrazione di acque fluviali. Ma sono proprio queste captazioni a risentire delle maggiori fluttuazioni dovute ai cambiamenti climatici. Oltre ai cambiamenti climatici, nei prossimi decenni aumenteranno anche i conflitti di utilizzo. È logico, tuttavia, supporre che l'approvvigionamento di acqua potabile sarà prioritario rispetto ad altri utilizzi (tra cui gli impieghi per il raffreddamento, l'irrigazione) e che si continuerà a perseguire l'obiettivo di collegare reti di approvvigionamento idrico vicine. Le attuali previsioni sul futuro consumo di acqua partono da una domanda costante di approvvigionamento idrico pubblico⁵⁵. Per evitare problemi in tal senso, è possibile adottare misure appropriate, tra cui le pianificazioni regionali dell'approvvigionamento idrico, cui spetta un ruolo centrale³⁴.

Rischi climatici

I periodi di magra rappresentano già oggi un rischio per diversi utilizzi dell'acqua. Sebbene l'aumento della siccità estiva non costituisca un rischio immediato per l'approvvigionamento elettrico in estate, i bassi livelli idrometrici nei bacini di accumulazione, dovuti a periodi di forte siccità e a mutate esigenze di utilizzazione, possono avere ripercussioni negative sulla riserva di energia elettrica per l'inverno e quindi sulla produzione di elettricità. Se è vero che i rischi per la navigazione sul Reno continueranno a essere rilevanti anche in futuro, devono comunque essere considerati alla luce del pluridecennale ridimensionamento del trasporto merci lungo questo fiume. Infine, la Svizzera dovrebbe continuare a disporre di acque sotterranee sufficienti a garantire l'approvvigionamento idrico pubblico anche in futuro, anche se le risorse idriche più condizionate dall'infiltrazione di acque fluviali potrebbero temporaneamente scarseggiare. Nel complesso, i bassi livelli idrometrici per la produzione di elettricità, la navigazione sul Reno e l'approvvigionamento idrico pubblico dovuti all'aumento della siccità estiva sono valutati come rischi climatici medi.



Nave da carico presso il terminal container sul Reno a Basilea (BS). Se il livello del Reno scende al di sotto di una soglia critica, le navi non possono più viaggiare a pieno carico. Foto: Georgios Kefalas / Keystone (22.7.2022)

Approvvigionamento energetico nel 2022

L'estate 2022 è stata caratterizzata da una situazione di eccezionale siccità in Svizzera. Tra giugno e agosto, gli eventi di magra hanno causato interruzioni dell'esercizio di centrali idroelettriche in 13 Cantoni. Le più colpite sono state le centrali ad acqua fluente, ma in qualche caso anche le centrali ad accumulazione⁴⁵. In totale, la produzione svizzera di energia idroelettrica è stata del 15 per cento inferiore rispetto all'anno precedente³⁵. Pertanto, anche per effetto di una serie di altri fattori, all'inizio dell'inverno 2022/2023 la situazione dell'approvvigionamento elettrico appariva tesa. Oltre alla produzione di elettricità, anche l'approvvigionamento di prodotti petroliferi ne ha risentito, in quanto il basso livello delle acque del Reno ha comportato una riduzione dei volumi di carico delle navi. Per garantire forniture adeguate, è stato autorizzato il prelievo del 20 per cento circa di prodotti dalle scorte obbligatorie³⁵.



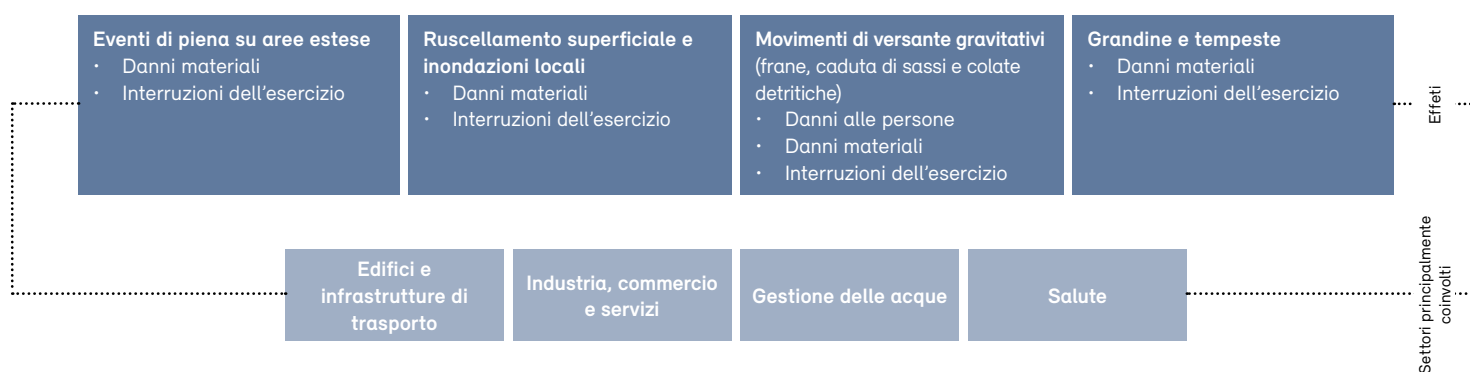
Il 13 agosto 2024 la zona dei binari della stazione di Brienzi si è allagata ed è stata ricoperta da detriti e fango. La sera precedente, forti temporali hanno innescato una colata detritica.
Foto: Alessandro della Valle / Keystone

2.3 Aumento del potenziale di pericolo

Essendo un Paese alpino, la Svizzera è da sempre esposta ai pericoli naturali. Ne consegue che la gestione di tali pericoli riveste grande importanza. Il potenziale di danno è aumentato costantemente negli ultimi decenni e i cambiamenti climatici accentueranno ulteriormente i rischi legati ai pericoli naturali.

Figura 6

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dall'aumento del potenziale di pericolo in Svizzera



La Svizzera è da sempre esposta a pericoli naturali quali piene, ruscigliamento superficiale, colate detritiche, frane, cadute di sassi, grandine e tempeste. I cambiamenti climatici influenzano una serie di fattori che non fanno altro che accentuare tali pericoli. Ne è un esempio l'aumento di forti precipitazioni più intense e di breve durata⁵⁶. In combinazione con una quota dell'isoterma di zero gradi più alta, questo fenomeno può provocare inondazioni a livello locale nonché incrementare eventi di piena su aree estese e movimenti di versante gravitativi. Soprattutto nelle zone di alta montagna, lo scioglimento dei ghiacciai e il disgelo graduale del permafrost provocano sempre più frane e cadute di sassi³⁴. I cambiamenti climatici si sovrappongono inoltre a sviluppi di natura socioeconomica, come la crescita demografica e l'espansione degli insediamenti, che incrementano ulteriormente il potenziale di pericolo. Nel complesso, quindi, da qui al 2060 si prevede un ulteriore aumento dei rischi di danni alle persone, danni materiali e interruzioni dell'esercizio causati da una serie di pericoli naturali.

Grazie alla sua gestione integrale dei rischi⁵⁷, la Svizzera dispone di un piano che assicura la protezione contro i pericoli naturali anche in condizioni climatiche mutate.

Negli ultimi anni le basi di dati sui cambiamenti climatici sono state ulteriormente migliorate, elaborando una procedura che accerti, consideri e documenti gli effetti dei cambiamenti climatici sui pericoli naturali in modo sistematico⁵⁸. Si è provveduto inoltre a sancire le sfide dei cambiamenti climatici in diverse basi legali per la prevenzione dei pericoli naturali, ad esempio con la revisione del diritto in materia di pericoli naturali. Si tratta di misure essenziali per consentire alla Svizzera di adattarsi alla situazione di pericolo in continua evoluzione.

Questo capitolo spiega i rischi climatici in relazione a piene, ruscigliamento superficiale, colate detritiche, frane, cadute di sassi, grandine e tempeste (fig. 6). Gli effetti dei cambiamenti climatici sulle valanghe sono trattati nel capitolo 2.4.

Segnale climatico

In passato si sono alternati periodi di piena a periodi di magra in Svizzera. Dagli anni Settanta, tuttavia, si osserva sia un aumento sia un'intensificazione degli eventi di piena³⁴. Negli ultimi 40 anni, circa l'80 per cento dei Comuni svizzeri ha registrato danni causati dalle piene⁵⁹. L'evoluzione più marcata riguarda le forti precipitazioni di breve durata, la cui intensità è aumentata del 12 per cento

in Svizzera dal 1901 a oggi. Anche la loro frequenza è aumentata, registrando un incremento del 30 per cento circa⁵. Poiché, per ogni grado Celsius di riscaldamento, nell'aria si può trovare fino a circa il 6–7 per cento in più di acqua, l'intensificazione delle forti precipitazioni misurata a seguito dei cambiamenti climatici ha una base fisica dimostrata⁵. Contemporaneamente, l'innalzamento dell'isoterma di zero gradi di diverse centinaia di metri causato dalle temperature più elevate modifica tutta una serie di fattori determinanti per l'insorgere di movimenti di versante gravitativi. Nel complesso, tuttavia, non è ancora possibile formulare ipotesi attendibili sull'effettivo accumulo di tali movimenti⁶⁰. A seconda dell'altitudine, si osservano tendenze diverse: a bassa quota, il minor numero di giorni di gelo riduce i processi di alterazione meteorica e quindi la disponibilità di materiale sciolto, mentre la maggiore intensità delle forti precipitazioni e il limite delle nevicate più alto aumentano il pericolo di frane, cadute di sassi e colate detritiche³⁴; a quote più alte, invece, il rialzo delle temperature fa aumentare i processi di disgelo e di alterazione meteorica e con essi il potenziale di pericolo. Nelle zone di alta montagna, inoltre, lo scioglimento dei ghiacciai e il disgelo del permafrost compromettono ulteriormente la stabilità dei pendii. Non è possibile formulare ipotesi certe nemmeno sulle variazioni della frequenza e dell'intensità di grandine e tempeste a seguito dei cambiamenti climatici. Molti risultati sui danni da grandine si basano su dati che risalgono al 2002, un intervallo di tempo troppo breve per attribuire con certezza ai cambiamenti climatici la variazione osservata della frequenza della grandine o della dimensione dei chicchi⁶¹. Neanche riguardo alle tempeste è possibile accertare variazioni, poiché gli eventi di vasta portata sono rari in Svizzera e le tendenze possono essere individuate solo in periodi più lunghi.

Da qui al 2060, a causa dell'aumento delle temperature, le precipitazioni si verificheranno più spesso sotto forma di pioggia che di neve. Venendo a mancare l'effetto tampone della neve, le precipitazioni intense possono favorire il rischio di piene anche in anticipo sulla stagione³⁴. Precipitazioni forti e persistenti dipendono tuttavia dalla circolazione atmosferica e per ora non è possibile formulare ipotesi attendibili sulla loro futura evoluzione⁵. Resta quindi da verificare se i cambiamenti climatici determineranno un aumento di eventi di piena isolati su

aree estese³⁴. Appare più chiara la situazione delle forti e abbondanti precipitazioni di breve durata, che in futuro saranno ancora più frequenti e intense⁵, facendo sì che a metà del secolo l'intensità delle precipitazioni giornaliere più elevate potrebbe aumentare del 10 per cento. Dal momento che i suoli secchi assorbono meno acqua, l'aumento previsto della siccità estiva favorisce il ruscellamento superficiale e piene locali subito dopo i periodi di siccità. In Svizzera, anche il pericolo legato ai movimenti di versante gravitativi subirà delle variazioni a livello regionale e stagionale e aumenterà a livello locale, con variazioni particolarmente marcate attese nelle zone di alta montagna. Oltre al grave pericolo di frane, caduta di sassi e colate detritiche, aumenta anche il carico di fondo di corsi e specchi d'acqua alpini, con ripercussioni a valle sulla protezione contro le piene e sul potenziale dei bacini di accumulazione. In generale, l'osservazione costante delle variazioni nei processi di pericolo è fondamentale, poiché con i cambiamenti climatici potrebbero acquisire importanza anche nuovi pericoli naturali e catene di eventi che finora non si sono quasi mai verificati in Svizzera. Non è ancora possibile formulare ipotesi attendibili sulla futura evoluzione di grandine e tempeste legata ai cambiamenti climatici. La grandine è un fenomeno che si verifica su scala molto ridotta ed è associato a temporali convettivi, il cui sviluppo può essere analizzato solo con i più recenti modelli climatici (anche se i primi risultati di un progetto di ricerca svizzero saranno disponibili a fine 2025, cfr. scClim⁶²). In caso di forti tempeste, invece, è la circolazione atmosferica a svolgere un ruolo importante, le cui variazioni non possono ancora essere previste in modo univoco. Tuttavia, non si può escludere un aumento della frequenza e dell'intensità per entrambi i processi di pericolo determinato dal clima.

2.3.1 Eventi di piena su aree estese

A seconda del periodo dell'anno, anche in combinazione con lo scioglimento della neve, le precipitazioni persistenti possono provocare eventi di piena nei corsi d'acqua e nei laghi, con la conseguenza di inondazioni su vasta scala. Sebbene gli eventi di piena su aree estese si verifichino raramente, causano tuttavia enormi danni materiali, al punto da risultare l'evento climatico estremo più oneroso in Svizzera⁶³. Oltre ai danni materiali subiti da edifici, altre

infrastrutture e autoveicoli, anche le interruzioni dell'esercizio, ossia danni macroeconomici indiretti causati da interruzioni del traffico o dell'attività durante o dopo gli eventi di piena, sono rilevanti.

Esposizione e vulnerabilità

Un'analisi condotta nel 2021 sul potenziale di danno degli eventi di piena mostra che circa 300 000 edifici del valore a nuovo di 500 miliardi di franchi si trovano in zone a rischio. Si tratta pressappoco di 1,3 milioni di persone e 1,1 milioni di posti di lavoro coinvolti⁵⁹, sebbene le vittime siano rare, circa una all'anno distribuite negli ultimi 20 anni⁶⁴.



Piena del Lago dei Quattro Cantoni presso il molo di Brunnen (SZ) in data 18 luglio 2021. Foto: Urs Flüeler / Keystone

Piene del luglio 2021

Tra il 12 e il 15 luglio 2021, in quasi tutta la Svizzera sono state registrate quantità di precipitazioni superiori a 100 mm. Contemporaneamente, i fiumi trasportavano abbondante acqua di fusione. Il livello dell'acqua è salito rapidamente e in numerose stazioni di misurazione sono stati registrati nuovi livelli record. Sentieri, strade e campeggi sono stati allagati in vari punti e l'acqua è entrata nelle cantine. Anche un tratto dell'autostrada A2 nel Cantone di Uri è stato temporaneamente chiuso a titolo precauzionale. Sebbene i picchi di portata misurati in alcune località vengano raggiunti mediamente meno di una volta ogni 100 anni, le misure di protezione contro le piene adottate sono state sufficienti a evitare danni più ingenti⁶⁵.

A prescindere dai cambiamenti climatici, negli ultimi decenni sono aumentati i rischi a seguito degli sviluppi socioeconomici, come l'espansione dello spazio urbano e la crescita economica, che ha determinato una maggiore presenza di beni materiali in zone potenzialmente minacciate. Contemporaneamente, non bisogna dimenticare che la protezione contro le piene è ampiamente sviluppata in Svizzera, il che a sua volta riduce l'esposizione. Ne sono un esempio le carte dei pericoli, base fondamentale per formulare limitazioni d'uso e vincoli edilizi. Inoltre, dopo il catastrofico evento del 2005, sono stati fatti molti investimenti nel settore della protezione contro le piene. Oggi la Svizzera è meglio preparata a periodi prolungati di precipitazioni rispetto al passato.

Rischi climatici

Negli ultimi cinque decenni, l'ammontare dei danni causati da grandi eventi di piena ha eguagliato i costi cumulativi dei danni causati da tutti i pericoli naturali della Svizzera⁶³. Stando alle conoscenze attuali, non si può escludere un aumento di tali eventi a seguito dei cambiamenti climatici. Tuttavia, negli ultimi decenni si è già investito molto nella protezione contro le piene, con conseguente attenuazione dei rischi futuri. A causa dell'elevato potenziale di danno, i danni materiali e le interruzioni dell'esercizio causati da eventi di piena su aree estese sono valutati come rischi climatici elevati.

2.3.2 Ruscamento superficiale e inondazioni locali

In caso di precipitazioni di breve durata ed elevata intensità possono verificarsi fenomeni di ruscamento superficiale e piene locali, che inondano strade, piazze e infrastrutture edilizie situate ai livelli più bassi. Poiché il processo di pericolo è fortemente caratterizzato dalle condizioni di un luogo, tali eventi possono verificarsi anche in siti che secondo le carte dei pericoli per le piene non sono a rischio, con la conseguenza di sottovalutare spesso i danni materiali causati da ruscamento superficiale e inondazioni a livello locale: le analisi condotte dalle società di assicurazione mostrano che il ruscamento superficiale in seguito a forti precipitazioni causa fino al 50 per cento dei danni⁶⁶. Anche l'agricoltura può subire danni, se il suolo viene eroso o se l'umidità estrema nuoce alle piante

e compromette l'impiego di macchinari pesanti (a causa del rischio di compattazione del terreno). Possono verificarsi anche interruzioni dell'esercizio nelle aziende coinvolte, specialmente se l'acqua penetra nei fabbricati e questi non possono più essere utilizzati per lunghi periodi.

Esposizione e vulnerabilità

Oltre all'andamento del clima, anche l'impermeabilizzazione del suolo e la densificazione degli insediamenti avvenute negli ultimi decenni contribuiscono in modo determinante ai danni crescenti causati da ruscellamento superficiale e inondazioni locali³⁴. I fenomeni di ruscellamento riguardano tutta la Svizzera, ma sono i comprensori insediativi densamente edificati, con un'alta percentuale di superfici a rivestimento duro, a essere più esposti. Dai dati disponibili emerge che oggi circa il 62 per cento degli edifici in Svizzera, ossia circa 1,3 milioni di edifici per un

valore a nuovo di 2300 miliardi di franchi, sono a rischio di ruscellamento superficiale. Si tratta pressappoco di 6,7 milioni di persone e circa 4,7 milioni di posti di lavoro potenzialmente minacciati da questo pericolo naturale⁶⁷. Rispetto ad altri pericoli naturali, invece, i casi di decesso sono rari e le situazioni pericolose riguardano soprattutto i piani interrati, che si allagano in breve tempo.

L'espansione della superficie di insediamento, la crescente impermeabilizzazione dei suoli e la densificazione degli insediamenti esistenti aumenteranno ulteriormente il potenziale di danno nei prossimi decenni. Le analisi mostrano che in Svizzera molte riserve di zone edificabili si trovano in aree potenzialmente a rischio di ruscellamento superficiale⁶⁷, un fenomeno che interessa vaste regioni del Paese. A differenza degli eventi di piena su aree estese, oggi non esiste ancora una prassi standardizzata e consolidata per la protezione contro il ruscellamento superficiale. Ciò nonostante, la relativa carta dei pericoli fornisce da diversi anni una base preziosa per l'attuazione di misure volte a gestire le precipitazioni di elevata intensità.

Rischi climatici

Il potenziale di danno del ruscellamento superficiale e delle inondazioni locali viene spesso sottovalutato. In molte località, specialmente i comprensori insediativi densamente edificati non dispongono delle necessarie capacità di drenaggio e infiltrazione. A causa dei cambiamenti climatici, in futuro le precipitazioni di breve durata ed elevata intensità saranno più frequenti e ancora più forti. Anche il potenziale di danno continuerà ad aumentare in seguito allo sviluppo economico. Nel complesso, i danni materiali e le interruzioni dell'esercizio causati da ruscellamento superficiale e inondazioni locali sono valutati come rischi climatici molto elevati.



Tratto distrutto dell'autostrada A13 tra Lostallo e Soazza (GR).
Foto: Samuel Golay / Keystone / Ti-Press

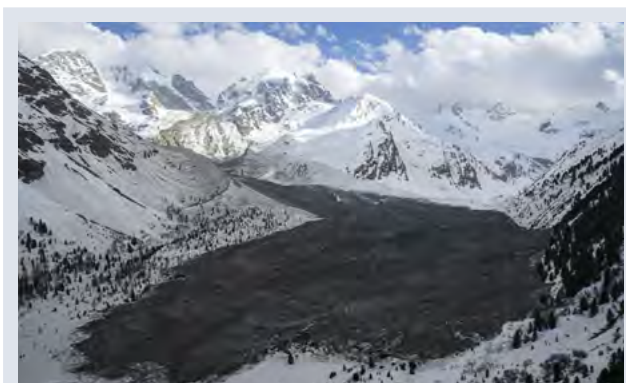
Forti precipitazioni nella Val Mesolcina nel giugno 2024

Il 21 giugno 2024 si sono verificati forti temporali con precipitazioni intense sul versante meridionale delle Alpi. Nella Val Mesolcina, la zona più colpita, sono caduti in breve tempo da 60 a 80 millimetri di pioggia, che in alcuni punti ha superato anche i 100 millimetri⁶⁸. Il fiume Moesa è esondato, trascinando con sé tratti dell'autostrada A13. Questa importante via di comunicazione è stata quindi completamente chiusa per due settimane, mentre i lavori di ripristino sono durati diversi mesi⁶⁹.

2.3.3 Movimenti di versante gravitativi

Per movimenti di versante gravitativi si intendono processi di pericolo quali frane, caduta di sassi e colate detritiche. I fattori di pericolo determinanti di questi movimenti di pietrisco e materiale roccioso sono da un lato le forti precipitazioni (soprattutto per le colate detritiche di versante, una particolare manifestazione di frana⁷⁰), dall'altro la

presenza di materiale sciolto. Ne consegue che, a causa dei cambiamenti climatici, pericoli naturali o catene di processo in cui un evento ne provoca un altro, finora molto rari nel contesto svizzero, potrebbero verificarsi più spesso⁷¹. I movimenti di versante possono causare danni materiali agli insediamenti, alle infrastrutture di trasporto e altre infrastrutture. Aumentano inoltre i costi di manutenzione di corsi d'acqua e bacini di accumulazione, poiché è necessario rimuovere il materiale sciolto dilavato. Anche in assenza di danni diretti, i movimenti di versante possono comportare costi elevati a seguito di interruzioni dell'esercizio, ad esempio a causa della chiusura di vie di comunicazione o di limitazioni dell'attività in zone particolarmente a rischio. Infine, rispetto ad altri pericoli naturali, provocano danni alle persone e vittime in misura superiore alla media⁶⁴.



Una delle più grandi frane degli ultimi anni: Piz Scerscen in Val Roseg (GR). Foto: Gian Ehrenzeller / Keystone

Frana sul Piz Scerscen nell'aprile 2024

In una delle più grandi frane degli ultimi anni, il 14 aprile 2024 diversi milioni di metri cubi di roccia e ghiaccio si sono staccati dal Piz Scerscen, nel Gruppo del Bernina. Le masse si sono depositate a una distanza di oltre 5 km nella Val Roseg, seppellendo sentieri e piste da sci, ma fortunatamente senza danni alle persone. Numerosi fattori influiscono su eventi di questo tipo, tra cui anche lo scioglimento del permafrost, causato dai cambiamenti climatici, può avere un ruolo importante⁷³.

Esposizione e vulnerabilità

Oggi circa il 7 per cento della popolazione vive in zone potenzialmente minacciate da movimenti di versante gravitativi⁷², i quali, rispetto ad altri pericoli naturali, costituiscono un pericolo soprattutto a livello locale. L'esposizione riguarda in particolare persone, insediamenti, infrastrutture di trasporto e altre infrastrutture nella regione alpina e prealpina. Nel complesso, tuttavia, la gestione dei pericoli dovuti ai movimenti di versante è ampiamente sviluppata in Svizzera. Le carte dei pericoli, ad esempio, costituiscono una base fondamentale per le limitazioni d'uso. Ciò nonostante, i danni alle persone causati da movimenti di versante negli ultimi 20 anni, senza contare gli eventi dell'estate 2024, ammontavano a circa due vittime all'anno⁶⁴.

Con lo sfruttamento più intensivo delle regioni di montagna, ad esempio per le attività del tempo libero o per la produzione di elettricità, l'esposizione ai pericoli dovuti ai movimenti di versante gravitativi è destinata ad aumentare nei prossimi decenni. Considerate le enormi forze che tali movimenti possono liberare, le relative opere di protezione sono tecnicamente impegnative e quindi costose. Inoltre, poiché i cambiamenti climatici compromettono la funzione dei boschi di protezione (v. cap. 2.2), si deve presumere che in futuro la crescente vulnerabilità ai movimenti di versante non riguarderà solo le regioni di montagna.

Rischi climatici

Tanto oggi quanto in futuro, i movimenti di versante gravitativi devono essere considerati un pericolo rilevante per persone, insediamenti, infrastrutture di trasporto e altre infrastrutture, che i cambiamenti climatici modificheranno e accentueranno localmente. Di conseguenza, specie nella regione alpina, i movimenti di versante gravitativi rientrano tra i rischi climatici più rilevanti, poiché diminuisce la stabilità dei pendii e aumenta lo sfruttamento intensivo dello spazio. Rispetto ad altri rischi, tuttavia, i mutamenti avverranno solo a livello locale. Nel complesso, i danni alle persone e i danni materiali causati da movimenti di versante gravitativi sono valutati come rischi climatici medi. Le interruzioni dell'esercizio, invece, sono classificate tra i rischi climatici elevati, poiché, anche in assenza di danni diretti, possono durare anche per lunghi periodi.

2.3.4 Grandine e tempeste

Grandine e tempeste causano danni materiali agli edifici, in particolare ai loro involucri, infissi e impianti solari, ma anche ad autoveicoli, serre e colture agricole. Le tempeste possono inoltre danneggiare ampie superfici forestali. Oltre ai danni diretti, tra le conseguenze di grandine e tempeste vi sono anche interruzioni prolungate dell'esercizio, specialmente in caso di danneggiamento dell'involucro di un edificio con successiva penetrazione di acqua, che limita l'uso del fabbricato a lungo termine. I danni causati da questi fenomeni sono particolarmente gravi quando vengono colpiti comprensori insediativi di grandi dimensioni. Durante le tempeste, la caduta di alberi e tralici o eventuali oggetti volanti possono anche provocare danni alle persone. Negli ultimi 20 anni le tempeste hanno causato in media una vittima all'anno⁶⁴.

Esposizione e vulnerabilità

Mentre singole grandinate si verificano principalmente su piccola scala nell'Altopiano, nel Giura, nelle Prealpi e nella Svizzera meridionale, un singolo evento temporalesco di grandi dimensioni può colpire vaste regioni della Svizzera. Negli ultimi decenni sono stati costruiti sempre più edifici con tetti piani e senza tettoia e si sono installate costose infrastrutture, come impianti fotovoltaici e tende da sole, facendo aumentare la vulnerabilità a grandine e tempeste.

Indipendentemente dai cambiamenti climatici, è probabile che i rischi legati a grandine e tempeste si accentueranno ulteriormente nei prossimi decenni. Anche l'esposizione è in aumento, su cui influiscono la crescita economica attesa nonché l'espansione e la densificazione dei comprensori insediativi. Ciò nonostante, grazie alle coperture assicurative degli edifici e della produzione agricola contro i danni causati da grandine e tempeste, esiste una prassi consolidata per gestire questi pericoli naturali anche in futuro. Inoltre, già oggi il mercato mette a disposizione impianti fotovoltaici e involucri di edifici più robusti.

Rischi climatici

Grandine e tempeste possono colpire vaste regioni della Svizzera e causare quindi danni elevati. Non è ancora possibile formulare ipotesi attendibili sulle variazioni di questi processi in seguito ai cambiamenti climatici. Il potenziale di danno è tuttavia molto elevato, se a essere coinvolte sono zone densamente edificate in cui sono presenti beni materiali di valore. Nel complesso, i danni materiali e le interruzioni dell'esercizio causati da grandine e tempeste sono valutati come rischi climatici elevati.



Il 28 giugno 2021 una grandinata avvenuta a Wolhusen (LU) ha provocato gravi danni. Foto: Urs Flüeler / Keystone

Forti temporali nell'estate 2021

L'estate del 2021 è stata caratterizzata da numerosi fronti temporaleschi consecutivi. Oltre alle intense precipitazioni e alle forti raffiche di vento, violente grandinate hanno investito ampie zone dell'Altopiano, specie nel Cantone di Berna⁷⁴. Secondo l'Associazione Svizzera d'Assicurazioni, nel 2021 i danni ammontavano a oltre 2 miliardi di franchi, uno dei più costosi di sempre per i danni da grandine. Due terzi dei danni rimborsati dalle assicurazioni degli edifici sono dovuti alla grandine⁷⁵.



Gruppi di popolazione particolarmente colpiti

Per la Svizzera non sono disponibili studi approfonditi che analizzano il coinvolgimento di determinati gruppi di popolazione rispetto a pericoli naturali quali piene, ruscellamento superficiale, movimenti di versante, grandine e tempeste. Grazie al consolidato sistema di gestione integrale dei rischi adottato in tutta la Svizzera, che tra le altre cose comprende cartografia dei pericoli, sistemi di allerta precoce, misure organizzative ed elevati standard edilizi, le persone svantaggiate da un punto di vista socioeconomico non dovrebbero essere particolarmente a rischio, come talvolta accade in altri Paesi. Tuttavia, stando ad alcune indicazioni provenienti da Paesi europei, si presume che bambini, persone anziane e persone con mobilità ridotta o con disabilità siano più colpiti, poiché meno in grado di reagire rapidamente in caso di evento. Ne sono un esempio le critiche sollevate in seguito alle inondazioni del 2021 in Germania, secondo cui, nell'ambito della protezione dalle catastrofi, non si terrebbe sufficiente conto delle persone con disabilità. Si presume inoltre una maggiore vulnerabilità delle persone con abilità linguistiche e di lettura limitate, meno in grado di reagire efficacemente ai messaggi di allerta precoce¹⁷. Lo stesso vale per coloro che hanno una scarsa conoscenza delle condizioni e dei pericoli naturali locali, come migranti e turisti. Infine, gli effetti dei cambiamenti climatici sui movimenti di versante sono distribuiti in modo disomogeneo in Svizzera, considerato che la minore stabilità dei pendii interesserà soprattutto la regione alpina.



*Strandkörbe (sedie a sdraio tipiche delle spiagge del Nordeuropa) nel comprensorio sciistico Melchsee-Frutt, Cantone di Obvaldo, durante il mite e soleggiato inverno 2016/2017 povero di neve.
Foto: Urs Flüeler / Keystone (21.12.2016)*

2.4 Aumento delle temperature medie

I cambiamenti climatici non stanno modificando solo le temperature massime, ma anche le temperature medie in tutte le stagioni. Una delle prime conseguenze riguarda il turismo invernale nelle regioni di montagna, dove nevica sempre di meno. Dall'altra parte, per alcuni settori, come il turismo durante tutto l'anno e la produzione di elettricità in inverno, si presentano in casi specifici anche opportunità legate al clima.

Figura 7

Panoramica dei rischi (•), delle opportunità (☆) e dei settori maggiormente colpiti dall'aumento delle temperature medie in Svizzera



Rispetto al periodo preindustriale dal 1871 al 1900, la temperatura media in Svizzera è già aumentata di 3 gradi⁷⁶ in tutte le stagioni. D'inverno sale il limite delle nevicate, per cui in molte località nevica sempre più di rado, mentre il regime di deflusso dei corsi d'acqua si modifica. In primavera e in autunno il periodo vegetativo è più lungo e le estati sono generalmente più calde. Tutti questi cambiamenti modificano le condizioni di vari settori, quali il turismo, l'agricoltura, il settore energetico, i trasporti e la manutenzione di infrastrutture, con conseguenti rischi ma anche opportunità (fig. 7).

Le temperature medie sono determinanti anche per una serie di rischi legati ai pericoli naturali nonché per il mutamento degli habitat e della composizione delle specie (compresi vettori di malattie e organismi nocivi). Tali cambiamenti sono trattati in maniera approfondita nei capitoli 2.3 e 2.5, considerato che, oltre alle temperature, interviene una serie di ulteriori fattori climatici.

Segnale climatico

A partire dagli anni Sessanta, in Svizzera si registra un aumento costante delle temperature medie da un decennio all'altro⁷⁶. Avendo superato rispettivamente di 3,5 e 3,4 gradi la media del periodo preindustriale compreso tra il 1871 e il 1900, il 2022 e il 2023 sono stati gli anni più caldi degli ultimi 160 anni nel Paese⁷⁶. Gli otto anni più caldi sono stati misurati tutti dopo il 2010⁷⁶. Dal 1961 anche il periodo vegetativo si è allungato da 2 a 4 settimane, mentre i giorni di gelo hanno subito una diminuzione fino al 60 per cento⁷⁶. Anche i gradi giorno annuali sono notevolmente diminuiti negli ultimi decenni⁷⁷. In termini di energia per il riscaldamento, questo indicatore mostra di quanti gradi bisogna riscaldare ogni anno per raggiungere una temperatura ambiente di 20 gradi⁷⁸. I valori oscillano di molto da un anno all'altro. Negli inverni eccezionalmente miti del 2022 e 2023, i gradi giorno annuali erano inferiori in misura pari al 17–16 per cento rispetto al 2021⁷⁸. Questi cambiamenti hanno un impatto crescente anche sulla presenza di neve.

Nelle zone situate sotto gli 800 metri sul livello del mare, dal 1970 a oggi il numero di giorni di neve si è dimezzato, mentre intorno ai 2000 metri tale diminuzione è del 20 per cento circa⁵. Ciò modifica di conseguenza anche il regime di deflusso dei corsi d'acqua: le precipitazioni, che alle quote più alte ormai cadono piuttosto sotto forma di pioggia invece che di neve, defluiscono subito, andando a ingrossare le portate in inverno³⁴.

Questi fenomeni proseguiranno nei prossimi decenni e addirittura subiranno un'accelerazione. Entro la metà del secolo, gli inverni in Svizzera saranno più caldi di 2–3,5 gradi rispetto a oggi. I periodi di freddo intenso diventeranno più rari ed entro il 2060 la temperatura della notte più fredda dell'anno potrebbe aumentare di diversi gradi⁵. Le variazioni attese riguardo ai giorni invernali freddi rientrano tra le ipotesi più attendibili dei modelli climatici⁵⁶. Con l'aumento delle temperature, il periodo vegetativo si allunga. Nonostante i maggiori cumuli di precipitazioni in inverno, si prevede una diminuzione significativa delle nevicate e della copertura nevosa, soprattutto a bassa quota: entro il 2060, al di sotto dei 1000 metri di altitudine, la copertura nevosa si ridurrà di circa la metà. Anche le Alpi centrali, fino a oggi ricche di neve, entro la metà del secolo dovranno fare i conti con una riduzione dei giorni di neve fresca di circa 30 giorni⁵. L'evoluzione di singole, intense nevicate, che arrivano fino alle zone pianeggianti, è ancora incerta⁵⁶. In generale, le quantità di neve oscilleranno di molto da un anno all'altro anche in futuro. Il limite delle nevicate, che continua a salire con il riscaldamento, e i maggiori cumuli di precipitazioni in inverno continueranno a ingrossare i deflussi dei corsi d'acqua durante questa stagione³⁴. Le variazioni di temperature e precipitazioni influenzeranno in futuro anche l'attività delle valanghe: alle quote più basse le valanghe potrebbero diminuire a seguito dell'innalzamento del limite delle nevicate, mentre alle quote più alte prevale il segnale climatico dei maggiori cumuli di precipitazioni, che nei prossimi decenni potrebbe incrementare l'attività delle valanghe⁷⁹, soprattutto di quelle di neve umida⁷⁹. Inoltre, poiché in futuro cadrà più pioggia che neve, è possibile che in Svizzera si verifichino processi di pericolo dovuti alle valanghe, fino a oggi di scarsa rilevanza.

2.4.1 Temperature miti

I cambiamenti climatici comportano un rialzo delle temperature in tutte le stagioni, con estati più calde, inverni più miti e temperature in aumento anche in primavera e in autunno. Ciò significa che nella stagione fredda bisogna riscaldare di meno, con conseguente diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento. La domanda crescente di energia per il raffrescamento dovuta ai cambiamenti climatici è trattata nel capitolo 2.1.2. In agricoltura, una selezione delle varietà e una gestione adeguate consentiranno rese più elevate grazie al periodo vegetativo più lungo, a condizione che vi sia sufficiente acqua disponibile e che altri eventi meteorologici estremi, come forti precipitazioni e gelate tardive, non limitino tali rese. La stagione estiva tende ad allungarsi, con ricadute positive sulle attività turistiche. In piena estate, potrebbe aumentare anche l'attrattiva delle regioni di montagna grazie alle temperature più gradevoli. Sebbene il turismo durante tutto l'anno possa beneficiare di questi sviluppi, le nuove opportunità presentano anche un rovescio della medaglia: le temperature miti favoriscono una generazione aggiuntiva di vettori di malattie e organismi nocivi nella metà più calda dell'anno, che tra l'altro possono anche sopravvivere meglio all'inverno. Poiché in questo scenario, oltre alle temperature, intervengono ulteriori sviluppi climatici, i rischi sono descritti nel capitolo 2.5.2. Qui di seguito il tema principale riguarda i possibili effetti delle temperature sempre più miti sul fabbisogno energetico per il riscaldamento, sull'agricoltura e sul turismo durante tutto l'anno.

Esposizione e vulnerabilità

Il fabbisogno di energia per riscaldare gli edifici rappresenta una quota significativa del consumo energetico totale della Svizzera: tra il 2016 e il 2022, in media quasi un terzo del consumo finale è stato utilizzato per il riscaldamento di locali⁸⁰. Altrettanto importante può essere il risparmio energetico durante un inverno mite. Da qui al 2060 il cambiamento non riguarderà solo le temperature, ma anche il parco edifici. Si presume che saranno le misure per aumentare l'efficienza energetica dei nuovi edifici e i risanamenti di quelli già esistenti ad avere un impatto

maggiore sul fabbisogno di energia per il riscaldamento piuttosto che le variazioni legate al clima. Ad esempio, nella messa a disposizione di energia per il riscaldamento di locali attraverso l'elettricità, tecnicamente l'attuale potenziale di risparmio va dal 45 fino al 65 per cento, in particolare impiegando pompe di calore⁸¹.

In agricoltura, il possibile aumento delle rese legato al periodo vegetativo più lungo varia notevolmente a seconda del tipo di coltura, tra cui il mais e il foraggio grezzo possono dare ottimi risultati³⁸. In termini di superficie, la coltivazione del foraggio grezzo occupa un posto particolarmente rilevante in Svizzera. Oggi prati naturali, pascoli propri delle aziende e superfici alpestri coprono rispettivamente un terzo abbondante di tutte le superfici agricole²⁷. La crescita più rapida e il conseguente raccolto anticipato non equivalgono forzosamente a maggiori rese agricole delle colture

campicole⁸². Pertanto saranno le colture alternative ad avere un ruolo importante in futuro. Da qui al 2060 potrebbe essere soprattutto la coltivazione alle quote più alte, dove il prolungamento del periodo vegetativo è particolarmente marcato, a trarre i maggiori benefici dai cambiamenti in atto⁸². Se questo potenziale potrà essere sfruttato, dipenderà tuttavia anche da altri fattori di produzione, come una topografia o dei suoli adeguati⁸².

Oggi il turismo occupa una posizione di rilievo, soprattutto nelle regioni di montagna, dove contribuisce con circa il 20 per cento alla creazione del valore aggiunto totale⁸³. In molte località, tuttavia, gli introiti sono inferiori nella stagione estiva rispetto a quella invernale. Vi è comunque una tendenza evidente verso l'esercizio estivo e una migliore valorizzazione della stagione autunnale, che sta diventando più attrattiva⁸⁴. I relativi investimenti in infrastrutture sono spesso inferiori rispetto a quelli destinati al turismo invernale. Le infrastrutture già realizzate per la stagione invernale possono essere in parte utilizzate anche per altri scopi. Per il turismo da qui al 2060, oltre ai cambiamenti climatici, sarà determinante soprattutto lo sviluppo generale del settore in Europa e nel mondo. Fino a oggi il turismo è stato un settore in crescita in tutto il mondo, ma la sua evoluzione futura dipende da numerosi fattori, come la



Raccolta delle olive sulle pendici del Monte Brè a Gandria (TI), sopra il Lago di Lugano. Foto: Gabriele Putzu / Keystone / Ti-Press

Colture alternative

Le temperature medie più elevate e i maggiori requisiti di tolleranza al caldo e alla siccità favoriscono la coltivazione di colture ancora poco diffuse in Svizzera, ad esempio il sorgo, i ceci, le patate dolci e l'olivo. In genere le varietà devono essere coltivate in modo tale da tollerare bene le mutevoli condizioni del clima in Svizzera, rispetto alle attuali zone di coltivazione⁸⁵. Tuttavia, la lavorazione, la commercializzazione e la consapevolezza dei consumatori riguardo alle colture alternative spesso procedono lentamente, motivo per cui finora hanno rappresentato prodotti di nicchia⁴¹.



Gruppi di popolazione particolarmente colpiti dall'aumento delle temperature medie

Per la Svizzera non sono disponibili studi approfonditi che analizzano l'impatto dell'aumento delle temperature su determinati gruppi di popolazione. In relazione a inverni poveri di neve, vi sono sicuramente notevoli differenze regionali di cui tenere conto. Intere regioni, ma anche singoli Comuni nonché alcune professioni che hanno un importante collegamento diretto e indiretto con il turismo invernale nelle regioni di montagna, sono particolarmente colpiti da questi rischi. È inoltre improbabile che i potenziali effetti positivi abbiano lo stesso impatto su tutte le persone. Ad esempio, le persone anziane, soggette a frequenti cadute, traggono un beneficio proporzionalmente maggiore da marciapiedi sempre meno coperti di neve.

globalizzazione, il cambiamento delle preferenze di viaggio o le condizioni geopolitiche generali, che non è possibile stimare per i prossimi quattro decenni.

Rischi climatici

L'andamento delle temperature nell'arco dell'anno caratterizza la situazione in Svizzera. Negli inverni miti è possibile risparmiare molta energia per il riscaldamento. I potenziali risparmi da ciò derivanti in futuro hanno un impatto significativo sull'economia nel suo complesso, motivo per cui questo cambiamento è valutato come una grande opportunità legata al clima. Meno evidenti sono le opportunità in agricoltura, perché un periodo vegetativo più lungo può portare a rese più elevate solo in presenza di varietà e metodologie di gestione adeguate nonché di sufficiente acqua disponibile. In Svizzera il turismo durante tutto l'anno può beneficiare di temperature più miti, ma in termini macroeconomici questo aspetto ha un ruolo piuttosto subordinato, oggi e anche in futuro. I maggiori introiti per l'agricoltura nonché per il turismo durante tutto l'anno derivanti dall'aumento delle temperature medie sono valutati come opportunità climatiche medie. Gli ulteriori cambiamenti legati alle temperature medie, in particolare gli effetti sui vettori di malattie e gli organismi nocivi, sono trattati nel capitolo 2.5.2.

2.4.2 Inverni con poca neve

In seguito ai cambiamenti climatici, il limite delle nevicate continuerà a salire e la copertura nevosa a diminuire in modo significativo, con conseguente aumento delle perdite economiche per il turismo invernale nelle regioni di montagna. Ma i cambiamenti della copertura nevosa riguardano anche altri settori. Poiché le precipitazioni avvengono sempre più spesso sotto forma di pioggia anziché di neve e quindi defluiscono più rapidamente, l'energia idroelettrica può produrre quantitativi superiori di elettricità in inverno (sebbene aumenti al contempo anche il pericolo di eventi di piena, v. cap. 2.3.1). Le nevicate meno frequenti alle quote più basse potrebbero ridurre il numero di incidenti su strade e marciapiedi coperti di neve. Inoltre, è possibile risparmiare sui costi di manutenzione delle infrastrutture situate a bassa quota, in particolare grazie alla diminuzione del consumo di sale sulle strade, dei costi di sgombero della neve e dei danni causati da neve e gelo.

Esposizione e vulnerabilità

Attualmente il turismo contribuisce al valore aggiunto lordo di tutta la Svizzera in misura pari al 3 per cento⁸⁶, arrivando al 20 per cento del valore aggiunto nelle regioni di montagna⁸³. In questo panorama il turismo invernale ha un ruolo prevalente. Nel 2022, ad esempio, circa il 75 per cento di tutti gli introiti derivanti dal traffico viaggiatori per gli impianti a fune è stato realizzato nella stagione invernale⁸⁷. Nei comprensori sciistici, già oggi la metà delle piste viene innevata artificialmente⁸⁸. A causa delle temperature miti, l'innevamento potrebbe però diventare sempre meno redditizio nonché tecnicamente più complesso a media e bassa quota³⁴. I comprensori situati a quote più alte potrebbero trarre vantaggio dalla scarsità di neve altrove, con uno spostamento regionale del turismo invernale in zone di neve sicura, anche considerando il



Immagine della discesa a valle del comprensorio sciistico di Chäserrugg in un paesaggio senza neve a quasi 900 metri di altitudine, ripresa il 7 febbraio 2024 ad Alt St. Johann (SG). Foto: Gian Ehrenzeller / Keystone

Mite e piovoso febbraio 2024

Febbraio 2024 è emblematico dei possibili sviluppi futuri legati ai cambiamenti climatici. Da un lato è stato il febbraio più mite dall'inizio delle misurazioni nel 1864 (4,6 ° sopra il valore di riferimento dal 1991 al 2020), dall'altro il mese più ricco di precipitazioni, specie sul versante meridionale delle Alpi. In molte località a bassa quota non c'era neve⁹⁴ e molte stazioni di sport invernali sono passate all'esercizio estivo nel bel mezzo dell'inverno, aprendo piste da slittino estive, parchi avventura e percorsi ciclistici⁹³.

fatto che nel panorama internazionale la Svizzera offre una buona garanzia di innevamento⁸⁹. Ciò nonostante, il turismo invernale si trova generalmente in situazione di forte concorrenza con destinazioni turistiche internazionali (che non dipendono dalla neve), senza contare il fatto che gli sviluppi futuri dipendono anche da numerosi fattori non climatici (ad es. le tendenze nell'organizzazione del tempo libero), difficili da stimare per i prossimi decenni.

Nel 2023 l'energia idroelettrica ha rappresentato il 65 per cento circa del mix di produzione di elettricità in Svizzera⁵⁰, di cui il 24 per cento proveniente dalle centrali ad acqua fluente⁵⁰, che dunque dipendono più direttamente dalla disponibilità di acqua nei fiumi. Per il futuro, l'energia idroelettrica rimarrà il pilastro essenziale della produzione di elettricità della Svizzera, così come proseguiranno le importazioni di energia elettrica nel semestre invernale²², motivo per cui le portate supplementari durante l'inverno saranno determinanti.

Nonostante l'aumento del traffico, negli ultimi decenni i danni alle persone coinvolte in incidenti stradali sono notevolmente diminuiti e questo indipendentemente dai cambiamenti climatici⁹⁰. Per la metà del secolo, si prevede un ulteriore aumento del traffico in Svizzera. Le cifre parlano di un aumento dell'11 per cento circa per il traffico viaggiatori, ma, in seguito al previsto incremento del telelavoro, dell'urbanizzazione e dell'invecchiamento della popolazione, si tratta di una crescita proporzionalmente inferiore a quella demografica⁹¹. Il traffico merci, invece, aumenterà del 31 per cento secondo le previsioni⁹¹. In futuro gli utenti dei trasporti in Svizzera potrebbero essere meno abituati alla neve e al ghiaccio in seguito alla ridotta frequenza delle nevicate, con conseguente aumento della vulnerabilità e di maggiore probabilità di incidenti in caso di neve rispetto a oggi, ma si tratta di un aspetto che deve ancora essere approfondito.

L'aumento del volume di traffico richiede anche una maggiore manutenzione delle infrastrutture di trasporto, specie per quel che riguarda la rete stradale, fortemente sollecitata dal traffico pesante. Rispetto a tali sviluppi, i cambiamenti legati all'andamento della neve sono poco rilevanti. Si può tuttavia affermare che la diminuzione del consumo di sale sulle strade, dei costi di sgombero della neve e dei danni causati da neve e gelo è influenzata dalla diminuzione delle nevicate. Uno studio di MeteoSvizzera mostra che soprattutto a bassa quota, dove si concentra la gran parte delle infrastrutture e la diminuzione dei giorni di neve fresca è più marcata, si prevede una notevole riduzione del fabbisogno medio di sale. Su tutto il territorio svizzero, la domanda di sale potrebbe dimezzarsi rispetto al valore atteso di oggi, pari a 220 000 tonnellate⁹². Ciò nonostante, poiché intense nevicate, che arrivano fino alle zone pianeggianti potranno verificarsi anche in futuro, è possibile che il parco veicoli per lo sgombero della neve venga solo ridimensionato.

Rischi climatici

Gli inverni poveri di neve comportano già oggi dei rischi per il turismo invernale in Svizzera. In futuro, la mancanza di neve porrà un numero crescente di sfide economiche alle regioni situate a media e bassa quota che dipendono fortemente dal turismo invernale. La produzione di elettricità da energia idroelettrica e i trasporti, invece, potranno beneficiare di questo fenomeno e anche se a oggi non sono intervenute variazioni significative, da qui al 2060 gli sviluppi saranno più accentuati. L'energia idroelettrica potrà produrre maggiori quantitativi di elettricità in inverno. Intense nevicate isolate fino a bassa quota potranno verificarsi anche in futuro, rendendo le opportunità legate alla manutenzione delle infrastrutture di trasporto e alla sicurezza stradale meno rilevanti. Nel complesso, tutti gli sviluppi analizzati in seguito a inverni poveri di neve sono valutati come rischi climatici o opportunità legate al clima di media entità.



Il livello dell'acqua del Sämtisersee è soggetto a forti oscillazioni. Nell'estate 2018 questo lago di montagna si è prosciugato a causa del caldo e della siccità.
Foto: Stefan Arendt / Keystone / imageBROKER (24.7.2018, Alpstein)

2.5 Crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie

I cambiamenti climatici stanno modificando gli habitat naturali della Svizzera. I mutamenti negli ecosistemi e l'aumento di organismi nocivi possono avere effetti negativi sulla salute umana, la biodiversità, ma anche sull'agricoltura e l'economia forestale. Non da ultimo, i cambiamenti climatici stanno modificando anche l'immagine del paesaggio e alcuni importanti elementi caratteristici della Svizzera.

Figura 8

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dal crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie in Svizzera



L'aumento delle temperature, il caldo, la siccità e gli eventi estremi sono fattori che modificano gli habitat naturali della Svizzera e compromettono lo stato di molti ecosistemi (fig. 8). Ciò può ripercuotersi su servizi ecosistemici quali l'acqua pulita, i suoli fertili o l'impollinazione oppure distruggerli, soprattutto se allo stress climatico si sommano altri fattori, ad esempio l'uso intensivo del suolo. In assenza dei loro nemici naturali, si diffondono inoltre specie esotiche e termofile. L'aumento delle temperature o l'umidità estrema che segue le forti precipitazioni possono favorire la proliferazione o la comparsa ex novo di vettori di malattie, piante allergeniche e altri organismi nocivi, il che significa che i cambiamenti climatici mettono indirettamente a rischio non solo la salute umana, ma anche l'agricoltura e l'economia forestale. Infine, cambia anche l'immagine del paesaggio, soprattutto nelle regioni di montagna e durante i periodi

di siccità estiva, con possibili conseguenze negative, tra le altre cose, su importanti elementi caratteristici della Svizzera, ad esempio i ghiacciai.

Nell'ambito delle sue politiche in materia di biodiversità, paesaggio e foreste, la Svizzera attua diverse misure volte a preservare il valore ecologico degli habitat e a renderli più resistenti ai fattori di stress. Ne sono un esempio l'interconnessione di habitat preziosi, la rinnovazione di popolamenti forestali nella cura del bosco o la rivitalizzazione di corsi d'acqua. Le misure di protezione degli habitat naturali sono generalmente di importanza fondamentale, poiché ecosistemi intatti e seminaturali sono più resistenti ai cambiamenti climatici. Per gestire vettori di malattie e organismi nocivi, la Svizzera punta a diverse misure di monitoraggio, prevenzione, contenimento o lotta.

Segnale climatico

Diversi cambiamenti climatici, spesso combinati fra loro, stanno modificando il clima della Svizzera e di conseguenza i suoi habitat e la composizione delle specie. Negli ultimi decenni i periodi di canicola (cap. 2.1) e le estati secche (cap. 2.2) si sono moltiplicati, modificando corsi e specchi d'acqua. La temperatura media delle acque del Reno presso Basilea, ad esempio, è aumentata di 3 gradi dagli anni Cinquanta a oggi e variazioni simili sono state osservate in altri corsi d'acqua dell'Altopiano⁹⁵. Negli ultimi anni, inoltre, alcune estati sono state particolarmente asciutte, con situazioni di magra estrema in molte località³⁵. Anche le precipitazioni intense in aumento (cap. 2.3) e gli inverni sempre più miti e poveri di neve (cap. 2.4) influenzano le basi naturali della vita della Svizzera. Gli inverni miti, in particolare, sono determinanti per l'eventuale colonizzazione di nuove zone e la relativa diffusione da parte di vettori di malattie e organismi nocivi. Anche l'umidità estrema che segue le forti precipitazioni può avere un ruolo importante.

Da qui al 2060 i cambiamenti climatici descritti nei capitoli da 2.1 a 2.4 si accentueranno ulteriormente. In futuro eventi estremi quali canicola, siccità estiva e forti precipitazioni saranno ancora più frequenti e intensi⁵. Le temperature medie continueranno ad aumentare ed entro la metà del secolo in Svizzera gli inverni saranno più caldi di 2 gradi circa rispetto a oggi⁵. Il riscaldamento massimo di tutto il territorio svizzero è atteso nelle Alpi⁹⁶.

2.5.1 Ripercussioni sugli ecosistemi e sui loro servizi

Molte specie ed ecosistemi della Svizzera reagiscono in modo sensibile al calore, alla siccità e ad altre variazioni legate al clima. Negli ecosistemi acquatici e nelle zone umide, l'aumento delle temperature rende l'acqua più calda e modifica la stratificazione della densità nei laghi. Poiché gli strati delle acque profonde e superficiali non riescono a miscelarsi in modo omogeneo, si ha un accumulo di nutrienti e una diminuzione del tenore di ossigeno, con conseguente incremento, ad esempio, delle alghe blu-verdi tossiche, che limita l'utilizzo delle acque. L'aumento della siccità estiva provoca il prosciugamento di interi tratti di corsi d'acqua, impedendo che gli inquinanti

vengano diluiti a sufficienza. Ciò compromette ulteriormente la qualità delle acque e gli ecosistemi acquatici, con possibili conseguenze sui diversi utilizzi dell'acqua, anche perché le temperature più elevate tendono ad accentuare i problemi microbiologici³⁴. L'aumento delle portate in inverno comporta inoltre il rischio che un solo evento di piena possa far estinguere un'intera generazione di pesci, trascinandone via uova o novellame.

Anche gli ecosistemi terrestri, come gli ecosistemi forestali, gli ecosistemi alpini e i paesaggi rurali, sono compromessi



Pesci morti pescati nel Reno e raccolti in un bidone di smaltimento il 6 agosto 2018 a Neuhausen (SH). I pesci sono morti a causa della temperatura elevata delle acque del Reno. Foto: Melanie Duchene / Keystone

Morìa di pesci durante i periodi di canicola

Il caldo persistente fa aumentare le temperature di corsi e specchi d'acqua. Se l'acqua supera i 25 gradi, si supera anche la soglia di tolleranza di specie ittiche sensibili al caldo, come trote e temoli, che negli ultimi anni ha provocato ripetuti episodi di morìa dei pesci soprattutto per i temoli. Nonostante in molte località i corsi d'acqua siano stati ombreggiati e dragati per creare zone artificiali di acqua fredda e proteggere così i pesci, è stato osservato che durante i periodi di canicola le acque naturali offrono generalmente condizioni migliori per i pesci. Di conseguenza, misure di rivitalizzazione delle acque quali una fitta vegetazione ripariale, una buona interconnessione e un'elevata diversità strutturale sono provvedimenti efficaci per l'adattamento ai cambiamenti climatici⁹⁸.

dai cambiamenti climatici. Nei prossimi decenni l'aumento delle temperature spingerà molte specie a spostarsi a quote più alte, facendo innalzare, ad esempio, il limite (potenziale) del bosco. La siccità ostacola l'attività biologica nel terreno, mentre le forti precipitazioni possono erodere in breve tempo lo strato superiore del suolo ricco di nutrienti e ripercuotersi così ulteriormente sulla qualità. In questi casi, oltre che i nutrienti, il dilavamento può riguardare anche eventuali prodotti fitosanitari, che a loro volta compromettono la qualità delle acque. Nel tempo, i cambiamenti climatici provocano uno squilibrio delle complesse interazioni e interdipendenze tra diversi ecosistemi e specie. Ne è un esempio l'impollinazione, quando, dopo un inverno mite, si ha la fioritura di una specie vegetale ancora prima che i suoi impollinatori facciano la loro comparsa⁹⁵, o quando si ha uno sfasamento generale tra periodi di attività degli impollinatori e periodo di fioritura delle piante.

Esposizione e vulnerabilità

In linea di principio, ogni grado di riscaldamento comporta possibili conseguenze più gravi sulle singole specie e sulle loro interazioni. Gli **habitat acquatici** sono particolarmente vulnerabili al crescente stress da calore e alla siccità estiva, poiché le alte temperature dell'acqua si ripercuotono sulla salute delle specie sensibili al caldo. Accanto ai fattori di stress climatici, sono anzitutto quelli non legati al clima ad aumentare la vulnerabilità di questi habitat sensibili, come l'uso intensivo, la mancanza di interconnessione degli habitat o l'apporto di inquinanti e nutrienti. Negli ultimi 150 anni gran parte dei torrenti, fiumi e laghi è stata arginata e il 90 per cento delle zone umide, di laghetti e stagni è stato prosciugato⁹⁵. Oggi la qualità delle acque è valutata come «scarsa» nel 30 per cento circa dei fiumi, soprattutto quelli di piccole e medie dimensioni, nei quali vengono immesse acque di scarico depurate e grandi quantità di nutrienti usati in agricoltura⁹⁵. Ma i nutrienti arrivano nelle zone umide anche attraverso l'atmosfera. Gli interventi di rivitalizzazione, componente centrale della legge sulla protezione delle acque, contribuisce al ripristino di habitat seminaturali e a una migliore continuità, rafforzando anche la resilienza ai cambiamenti climatici. Ecosistemi intatti e prossimi allo stato naturale sono infatti meno sensibili a questi cambiamenti⁵. Contemporaneamente, anche misure di adattamento in altri settori, a seconda di come vengono impostate, possono avere effetti negativi sugli ecosistemi acquatici, ad esempio la lotta agli organismi nocivi in

agricoltura e nell'economia forestale. Di conseguenza, la vulnerabilità di questi ecosistemi e dei loro servizi nei prossimi decenni è considerata complessivamente elevata.

Gli **ecosistemi forestali** occupano quasi un terzo del territorio nazionale²⁷ e ospitano circa il 40 per cento delle specie animali e vegetali diffuse in Svizzera⁹⁵. Sul 38 per cento circa della superficie forestale accessibile l'abete rosso, particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici, è la specie dominante³¹. Inoltre, molti boschi si trovano in cattivo stato dopo le estati calde e asciutte degli ultimi anni nonché a causa degli organismi nocivi e delle immissioni di azoto dall'atmosfera, quindi vulnerabili a fronte dei cambiamenti climatici⁹⁷. In linea di principio, gli ecosistemi forestali seminaturali devono essere considerati più resilienti. Soprattutto nei boschi dell'Altopiano e del Giura mancano legno morto e soprassuolo vecchio, fondamentali per la sopravvivenza del 20 per cento delle specie che ci vivono⁹⁵. Diventa quindi sempre più importante adattare la cura del bosco e la sua gestione alle future condizioni. Gli orientamenti principali al riguardo sono la rinnovazione dei popolamenti forestali, l'aumento della diversità delle specie arboree, della diversità strutturale e della diversità genetica. Si tratta, tuttavia, di adattamenti che richiedono tempo, specie alle quote più alte, dove i processi di crescita sono molto lenti. Di conseguenza, la vulnerabilità del bosco rispetto alle mutate condizioni del sito in seguito ai cambiamenti climatici deve essere considerata elevata. I mutamenti degli ecosistemi forestali possono influire anche sui servizi ecosistemici del bosco, come l'effetto protettivo.

Anche gli **ecosistemi alpini** ospitano una grande varietà di habitat e molte specie altamente specializzate, che in parte hanno una funzione importante per l'identità della Svizzera⁹⁵. Pascoli alpestri e prati di fieno selvatico sono tra le superfici più ricche di specie del Paese. Rispetto a quanto avvenuto in altri ecosistemi, finora le ripercussioni non legate al clima hanno avuto minore incidenza nella regione alpina, ma anche i pascoli alpestri e i prati di fieno selvatico sono esposti alle immissioni di nutrienti attraverso l'atmosfera nonché a destinazioni d'uso diverse da parte dell'uomo⁹⁵, senza contare la maggiore pressione verso lo sfruttamento del territorio per vari utilizzi degli ultimi anni. Gli ecosistemi alpini sono considerati particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici perché le specie possono spostarsi a quote più alte solo in misura limitata.

Da un lato in molte località manca il terreno necessario, dall'altro spostarsi in alto equivale a una riduzione della superficie nonché a una maggiore frammentazione o addirittura all'isolamento⁹⁵. A ciò si aggiungono nuove specie, che si pongono in concorrenza con quelle tipiche dell'arco alpino e quindi vulnerabili⁹⁵. Non da ultimo, a seconda del luogo, anche le attività turistiche e le infrastrutture nonché l'espansione delle energie rinnovabili costituiscono importanti fattori di stress per gli ecosistemi della regione alpina, per cui anche in questo caso si deve presumere una vulnerabilità elevata da qui al 2060.

La varietà delle specie presenti negli **ecosistemi del paesaggio rurale**, e con essa anche servizi ecosistemici fondamentali, sono già fortemente compromessi in Svizzera dalla gestione intensiva e dalla pratica in uso in agricoltura, con le loro elevate immissioni di azoto e prodotti fitosanitari⁹⁵. Questo andamento è particolarmente evidente alle quote più basse, dove prevale un uso intensivo del suolo e dove molti terreni agricoli sono già andati persi a causa della crescente dispersione e densificazione degli insediamenti negli ultimi decenni. Per poter preservare ecosistemi ricchi di specie nei terreni agricoli e mantenere al contempo la produzione di derrate alimentari, occorre promuovere l'interconnessione di superfici per la promozione della biodiversità nonché una gestione dell'intera superficie agricola utile rispettosa della biodiversità e adatta alle condizioni del sito⁹⁵. È necessario, inoltre, impedire la dispersione per evitare ulteriori perdite di paesaggi rurali. Poiché ciò richiede misure di adattamento in zone caratterizzate da sfruttamento intensivo e al momento non si prevede un'espansione delle superfici per la promozione della biodiversità, anche per gli ecosistemi del paesaggio rurale si presume una vulnerabilità elevata nei prossimi decenni.

Rischi climatici

Molti ecosistemi in Svizzera sono già sottoposti a forti pressioni a causa dell'uso intensivo del suolo, delle specie esotiche invasive e dell'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria. I cambiamenti climatici aumenteranno ulteriormente le sollecitazioni su questi ecosistemi, con ripercussioni sui servizi da loro forniti, quali acqua pulita, suoli fertili e impollinazione.

Gli **ecosistemi acquatici** sono particolarmente sensibili ai cambiamenti nel regime idrico. Tenuto conto della loro rilevanza come preziosi habitat naturali e spazi ricreativi di prossimità nonché degli importanti servizi ecosistemici che forniscono, dalla protezione contro le piene alla ricostituzione delle riserve di acque sotterranee o la depurazione dell'acqua⁹⁵, le ripercussioni sugli ecosistemi acquatici sono valutate come rischio climatico molto elevato.

Riguardo agli **ecosistemi forestali**, si prevede che specie arboree ancora oggi adatte al sito nel giro di pochi decenni raggiungeranno i loro limiti ecologici⁹⁵. L'adattamento della composizione di specie arboree è fondamentale affinché il bosco rimanga un ecosistema funzionante anche nelle condizioni climatiche future, in grado non solo di ospitare numerose specie, ma anche di proteggere dai pericoli naturali insediamenti, infrastrutture di trasporto e altre infrastrutture, di mettere a disposizione uno spazio ricreativo e di fornire la risorsa legno. Si tratta senz'altro di una sfida, considerata la vasta superficie occupata dai boschi in Svizzera, e di conseguenza le ripercussioni sugli ecosistemi forestali sono valutate come rischio climatico elevato.

Finora gli **ecosistemi alpini** hanno subito meno le ripercussioni non legate al clima, ma per i prossimi decenni si prevedono cambiamenti climatici di grande rilevanza nonché una maggiore pressione verso lo sfruttamento del territorio per vari utilizzi⁹⁶. Contemporaneamente, in montagna vivono numerose specie altamente specializzate che non possono spostarsi liberamente a quote più alte. A causa di queste importanti vulnerabilità, le ripercussioni sugli ecosistemi alpini sono valutate come rischio climatico elevato.

Gli **ecosistemi del paesaggio rurale** sono la base naturale necessaria alla produzione di derrate alimentari e quindi rivestono un'importanza strategica per la società. Oltre all'uso intensivo del suolo e alla perdita di suoli preziosi a causa dell'espansione di superfici di insediamento e di infrastrutture, gli effetti climatici avranno un ruolo sempre più importante nei prossimi decenni, soprattutto se tali effetti comprometteranno l'equilibrio delle interazioni tra diverse specie, determinanti per l'impollinazione delle piante coltivate. Le ripercussioni sugli ecosistemi del paesaggio rurale sono valutate come rischio climatico molto elevato.

2.5.2 Maggiore presenza di organismi nocivi

In seguito all'aumento delle temperature, le specie termofile, sia autoctone che esotiche, sopravvivono sempre meglio all'inverno, incrementando così la densità delle loro popolazioni o insediandosi ex novo. Alcune di queste specie possono trasmettere agenti patogeni da un animale infetto a un altro o all'uomo⁹⁹, rappresentando quindi un rischio per la salute umana e animale. I vettori già insediati, in Svizzera soprattutto zecche, possono colonizzare nuove zone a quote più alte. È anche possibile che, in seguito ai cambiamenti climatici, in Svizzera compaiano vettori completamente nuovi o che la loro colonizzazione venga accelerata, come è avvenuto con la zanzara tigre negli ultimi anni. Il mutamento della composizione delle specie, particolarmente la diffusione incontrollata di specie esotiche invasive in assenza dei loro nemici naturali, può avere ripercussioni negative sulle funzioni degli ecosistemi⁹⁵. Gli organismi nocivi, tra cui insetti, funghi e piante, possono produrre sostanze tossiche o allergeniche, che a loro volta si ripercuotono sulla salute di uomini e animali da reddito¹⁰⁰. Ne sono un esempio agenti patogeni quali la salmonella e il *Campylobacter*, che proliferano meglio in condizioni umide e mettono a rischio la sicurezza degli alimenti¹⁰¹. Anticipando il loro sviluppo durante l'anno e moltiplicando così le generazioni, gli organismi nocivi possono causare notevoli danni anche all'agricoltura e all'economia forestale¹⁰⁰.

Esposizione e vulnerabilità

La diffusione di vettori di malattie e organismi nocivi rappresenta un rischio per la salute dell'uomo. Oggi le zecche sono il principale vettore in Svizzera e possono trasmettere malattie come la borreliosi di Lyme o la meningocoecefalite¹⁰². Anche la zanzara tigre, già insediatasi in alcune regioni del Paese, potrebbe trasmettere malattie infettive tropicali, che però finora non si sono manifestate. Anche le piante allergeniche sono importanti per la salute umana. Circa il 20 per cento della popolazione svizzera soffre di allergia ai pollini¹⁰³. Il periodo vegetativo più lungo fa sì che molte piante rilascino i loro pollini in anticipo; a ciò si aggiunge il fatto che i cambiamenti climatici favoriscono la diffusione di alcune piante fortemente allergeniche, come l'ambrosia¹⁰³. Se in seguito a tali cambiamenti le persone soggiorneranno all'aperto più spesso, l'esposizione a questo tipo di sollecitazioni è destinata ad aumentare ulteriormente.

Le specie esotiche invasive si diffondono spesso lungo le vie di comunicazione¹⁰⁰, dimostrando così che per la diffusione di molte specie, oltre al clima dominante, anche altri fattori non climatici hanno un ruolo decisivo, come il commercio e il traffico viaggiatori. Secondo il relativo scenario di riferimento, entro il 2050 la popolazione svizzera crescerà del 20 per cento¹³ e con essa anche il commercio e il traffico viaggiatori potrebbero aumentare⁹¹. Si prevede, quindi, che organismi recenti, come la zanzara tigre, o anche vettori e piante allergeniche già insediati continueranno a diffondersi. Se e come questi possono essere combattuti, dipende dalla specie. Oltre alla lotta diretta, ad esempio mediante biocidi o sterilizzando le zanzare maschio, è importante anche sensibilizzare la popolazione sui nuovi pericoli.

Anche l'agricoltura risente già oggi della presenza degli organismi nocivi, particolarmente diffusi nelle coltivazioni di ortaggi, frutta e viti e, in generale, nelle zone agricole situate a bassa quota della Svizzera. Le analisi mostrano che dal 1960 gli organismi nocivi sono avanzati in direzione nord e a quote più alte, come pure che la densità delle loro popolazioni è aumentata in seguito alle miti temperature invernali¹⁰⁴. Anche la diffusione avviene attraverso il commercio e il traffico viaggiatori, ma può aumentare con i cambiamenti climatici. Nel complesso, per il futuro si presume una maggiore pressione da parte di organismi nocivi, soprattutto a bassa quota¹⁰⁴. Gli insetti nocivi, come il coleottero giapponese, sono particolarmente pericolosi perché più mobili delle piante nonché in grado di riprodursi più rapidamente.

Anche l'allevamento di animali da reddito può subire le conseguenze della diffusione di vettori di malattie e di piante tossiche (come il senecione sudafricano). In Svizzera, ad esempio, sono già stati segnalati casi di febbre catarrale dei bovini e degli ovini trasmessa dalle zanzare, ma l'esposizione dell'allevamento potrebbe diminuire entro il 2060, a condizione di raggiungere gli obiettivi postulati nella Proiezione per la filiera agroalimentare svizzera 2050 e di ridurre il numero di capi di conseguenza³⁰.

Infine, gli organismi nocivi rappresentano una sfida anche per l'economia forestale, ad esempio nel caso di insetti nocivi come il bostrico, specie vegetali invasive come l'ailanto o la palma di Fortune e di tutta una serie di nematodi e funghi. Il caldo e la siccità indeboliscono gli alberi e li rendono più sensibili agli organismi nocivi⁵, come avviene nel caso

dell'abete rosso. Sebbene sia ancora la specie arborea più diffusa della Svizzera³¹, oggi come ieri, da un punto di vista climatico la sua idoneità al sito si è profondamente modificata negli ultimi decenni. In molte località dell'Altopiano i popolamenti di abete rosso sono indeboliti e altrettanti danni ha causato il bostrico negli ultimi anni¹⁰⁵. Una composizione di specie arboree adatte al sito consente di proteggere meglio il bosco nel tempo da singoli organismi nocivi. Da qui al 2060 si deve tuttavia presumere una maggiore vulnerabilità, poiché l'adattamento può avvenire solo lentamente, così come possono fare la loro comparsa parassiti finora sconosciuti. A medio termine ciò minaccia anche preziosi servizi forniti dai boschi svizzeri, come l'effetto protettivo per persone, insediamenti, infrastrutture di trasporto e altre infrastrutture.

Rischi climatici

In combinazione con il commercio e il traffico viaggiatori, il clima influisce sulla presenza di organismi nocivi in Svizzera. Le malattie trasmesse dalle zecche rappresentano già oggi un rischio sanitario rilevante. In futuro, nuovi vettori potrebbero trasmettere anche malattie infettive tropicali nel Paese. Il periodo vegetativo più lungo comporta anche maggiori problemi a causa delle piante allergeniche. Le ripercussioni

sulla salute umana dovute alla maggiore presenza di organismi nocivi sono valutate come rischi climatici molto elevati. Gli organismi nocivi comportano rischi anche per l'allevamento di animali da reddito. Tuttavia, secondo gli obiettivi del Consiglio federale³⁰, il numero di capi potrebbe diminuire in Svizzera nei prossimi decenni, riducendo così anche l'esposizione. Di conseguenza, le ripercussioni sulla salute degli animali da reddito dovute alla maggiore presenza di organismi nocivi sono valutate come rischi climatici medi. Anche le colture agricole sono potenzialmente soggette a danni più elevati, in quanto i nuovi organismi nocivi migrano, i parassiti autoctoni si moltiplicano più facilmente e l'umidità estrema favorisce la propagazione delle malattie. Le perdite in agricoltura dovute alla maggiore presenza di organismi nocivi rientrano tra i



Gruppi di popolazione particolarmente colpiti

Per la Svizzera non sono disponibili studi specifici che analizzano l'impatto dei mutamenti di habitat naturali su determinati gruppi di popolazione in seguito ai cambiamenti climatici. In linea di principio, le persone con patologie pregresse a causa dell'età e delle condizioni di salute sono più esposte alle conseguenze di malattie infettive trasmesse da agenti patogeni, rispetto a persone giovani e in salute. Queste ultime, però, hanno maggiori probabilità di esposizione alle punture di zecche e zanzare, poiché trascorrono più tempo libero all'aperto. Ciò vale anche per le donne incinte, particolarmente vulnerabili a malattie infettive tropicali, come la Zika¹⁷. Anche le persone che soffrono di allergia ai pollini o quelle che lavorano all'aperto subiscono ampiamente gli effetti sulla salute legati alla diversa composizione delle specie generate dai cambiamenti climatici.



Zanzara tigre asiatica: diffonde in Europa centrale nuovi agenti patogeni, come il virus della Dengue. Foto: Roger Eritja / Keystone / Biosphoto

Diffusione della zanzara tigre

La zanzara tigre asiatica è una specie esotica e invasiva per la Svizzera, dove è stata individuata per la prima volta nel 2003 nel Canton Ticino, diffondendosi da allora in diversi Cantoni, in particolare, oltre al Ticino, Basilea Città, Ginevra e nelle valli meridionali dei Grigioni. La zanzara tigre è considerata molto fastidiosa perché attiva anche di giorno. Inoltre può trasmettere agenti patogeni, ad esempio i virus Dengue, Chikungunya e Zika. Finora non ci sono prove che questi virus siano stati trasmessi all'interno della Svizzera, ma in Paesi confinanti come la Francia e l'Italia è già avvenuto. Per questo motivo, già oggi la zanzara tigre è oggetto di misure di monitoraggio attivo e di lotta preventiva¹⁰⁶.

rischi climatici elevati. Infine, anche i servizi ecosistemici del bosco possono essere compromessi su larga scala e a lungo termine da infestazioni di parassiti o dalla diffusione di piante invasive. I danni alle foreste causati dalla maggiore presenza di organismi nocivi sono classificati come rischi climatici medi.

2.5.3 Immagine del paesaggio modificata

I cambiamenti climatici stanno modificando il paesaggio in Svizzera. Prati e boschi aridi («gialli e marroni invece che verdi») e bassi livelli idrici caratterizzano il paesaggio in estate. Sulle montagne si innalza il limite del bosco, c'è meno neve e i ghiacciai si stanno sciogliendo a causa dell'aumento delle temperature. Questi mutamenti modellano il paesaggio e possono ridimensionarne l'attrattiva per le attività ricreative, del tempo libero e per il turismo⁹⁵. Frane, colate detritiche di versante, caduta di sassi o crolli di roccia possono causare la chiusura di sentieri (escursionistici) nonché limitare o impedire l'accesso a determinate zone alpine, talvolta per lunghi periodi. Non da ultimo, questi mutamenti influenzano anche alcune delle caratteristiche naturali e culturali del paesaggio svizzero, simbolo della sua identità.

Esposizione e vulnerabilità

Praticare sport e attività fisica in un contesto naturale e paesaggistico attrattivo ha acquisito grande rilevanza negli ultimi anni¹⁰⁷, da cui anche il turismo trae vantaggio, in un paesaggio caratterizzato da ghiacciai, neve, corsi e specchi d'acqua. Oggi il turismo è un settore importante per l'economia, che genera un quinto del valore aggiunto lordo, soprattutto nelle regioni di montagna⁸³. Ma saranno proprio i paesaggi di alta montagna a subire mutamenti decisivi da qui al 2060. Difficile valutare l'attrattiva turistica dei paesaggi che lo scioglimento dei ghiacciai lascerà dietro di sé³⁴. I principali elementi caratterizzanti della futura immagine del paesaggio sono le attività umane, come l'espansione degli insediamenti e delle infrastrutture, il potenziamento delle energie rinnovabili, le opere di sistemazione idraulica per la protezione contro i pericoli naturali quali piene o colate detritiche di versante¹⁰⁸.

Rischi climatici

L'immagine del paesaggio è caratterizzata da una molteplicità di sviluppi, climatici e non. Finora gli effetti dei

cambiamenti climatici sono stati visibili soprattutto nella regione alpina, ma in futuro i periodi di siccità porteranno a una trasformazione del paesaggio anche in altre zone della Svizzera. Tuttavia, i principali mutamenti continuano a essere attesi nelle zone di alta montagna, dove i ghiacciai si sciolgono, c'è meno neve e il limite del bosco si innalza. Questi sviluppi influenzano l'attrattiva del paesaggio per le attività del tempo libero nonché per il turismo. Poiché i paesaggi sono luoghi simbolo di identità, anche i valori ideali e culturali della Svizzera possono essere influenzati dai crescenti mutamenti. Nel complesso, i mutamenti nell'attrattiva del paesaggio sono valutati come rischi climatici medi.



Una squadra di misuratori scende sul fronte del ghiacciaio Findel (VS), che una decina di anni fa era ancora coperto da spesse masse di ghiaccio. Foto: Matthias Huss / VAW-PF Zurigo (19.9.2023)

Scioglimento dei ghiacciai

Particolarmente caratteristici della regione alpina, i ghiacciai sono vere e proprie calamite per turisti, tanto che in alcuni casi ne attraggono decine di migliaia all'anno¹⁰⁹. Tra il 2022 e il 2023 si è sciolto il 10 per cento del volume di ghiaccio totale della Svizzera¹¹⁰; una quantità pari alle perdite registrate tra il 1960 e il 1990^{83,110}. Sul ghiacciaio del Rodano, lo scioglimento è rallentato da una copertura con teloni in poliestere atta a proteggere l'attrazione turistica della regione: la grotta di ghiaccio. In questo modo si riesce a rallentare localmente lo scioglimento fino al 70 per cento¹¹¹, ma un'applicazione della metodologia su vasta scala per impedire lo scioglimento di interi ghiacciai non è realizzabile né conveniente¹¹², tanto meno tollerabile dal punto di vista del paesaggio.



Una mietitrebbiatrice raccoglie frumento vicino a Carmangay, Canada. Sullo sfondo sono visibili alcuni impianti eolici. Gli effetti dei cambiamenti climatici all'estero possono avere un forte impatto sulle importazioni ed esportazioni di beni e servizi della Svizzera. Foto: Larry MacDougal / Keystone / AP MCDOL (10.11.2020)

3 Rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero

Non sono soltanto i cambiamenti climatici in Svizzera a implicare tutta una serie di pericoli bensì anche i cambiamenti climatici all'estero influenzano la matrice dei rischi del Paese, considerate le sue interdipendenze sul piano economico e politico, tradizionalmente forti. Tale situazione incide sullo sviluppo economico della Svizzera.

3.1 Panoramica dei rischi

I cambiamenti climatici costituiscono un fenomeno mondiale che influenza l'ambiente, la società e l'economia. In un mondo globalizzato, le interdipendenze economiche, politiche e sociali fra i vari Paesi fanno sì che gli effetti di tali cambiamenti possono avere un impatto anche sulla Svizzera, a prescindere dal luogo in cui si verificano. In quanto economia aperta, la Svizzera intrattiene relazioni con attori di Paesi molto diversi in tutto il mondo, ragione per cui è particolarmente coinvolta dai cambiamenti climatici all'estero. Insieme ai rischi interni, emerge infatti una complessa matrice dei rischi con molteplici rapporti di dipendenza ed effetti retroattivi.

Per la Svizzera, molti degli effetti dei cambiamenti climatici che si registrano sul territorio nazionale e all'estero possono manifestarsi come rischi sistemici, ossia rischi che derivano o sono aggravati da pericoli climatici di vario tipo, quali il caldo, la siccità o le forti precipitazioni, e che possono coinvolgere interi sistemi attraverso lunghe catene di processo. Spesso i rischi sistemici sono anche la conseguenza di rischi combinati, in cui diversi pericoli si sovrappongono nello spazio e si verificano contemporaneamente o in successione (v. cap. 4).

Il tema dei rischi sistemici e degli effetti dei cambiamenti climatici oltre i confini della Svizzera ha acquisito un'importanza crescente negli ultimi anni, sia a livello nazionale che internazionale. La Gran Bretagna, ad esempio, ha definito l'interruzione delle catene di fornitura e delle reti di distribuzione determinata dal clima, e più in generale i rischi climatici all'estero, come due delle otto categorie di rischio prioritarie¹¹³. In Germania sono stati quantificati gli effetti dei cambiamenti climatici sul commercio estero, la cui rilevanza è stata valutata come almeno pari a quella delle conseguenze dirette nel Paese¹¹⁴. Anche l'analisi europea affronta contemporaneamente più rischi sistemici attraverso le categorie di rischio «Perturbazioni delle infrastrutture critiche», «Interruzioni delle catene di fornitura internazionali» e «Crisi finanziarie e instabilità»¹⁷. Per quel che riguarda la Svizzera, nel 2018 è stata condotta un'approfondita analisi sistematica degli effetti dei cambiamenti climatici globali sulle relazioni commerciali e la politica estera del Paese¹¹⁵. In uno dei progetti inseriti nel programma NCCS-Impacts, si stanno attualmente esaminando a fondo gli effetti di tali cambiamenti globali sulla performance economica della Svizzera nonché sulle catene di fornitura di importanti materie prime, generi alimentari e prodotti farmaceutici¹¹⁶.

I rischi sistemici rilevanti che si profilano per la Svizzera riguardano in particolare gli ambiti «catene di fornitura internazionali», «sistemi infrastrutturali transfrontalieri», «sistema finanziario globale» e «sicurezza e stabilità internazionali» (fig. 9).

Catene di fornitura internazionali

A causa della forte interdipendenza economica della Svizzera, gli effetti dei cambiamenti climatici all'estero possono ripercuotersi sulle sue importazioni ed esportazioni di beni e servizi. Nel Paese di origine ciò può comportare una

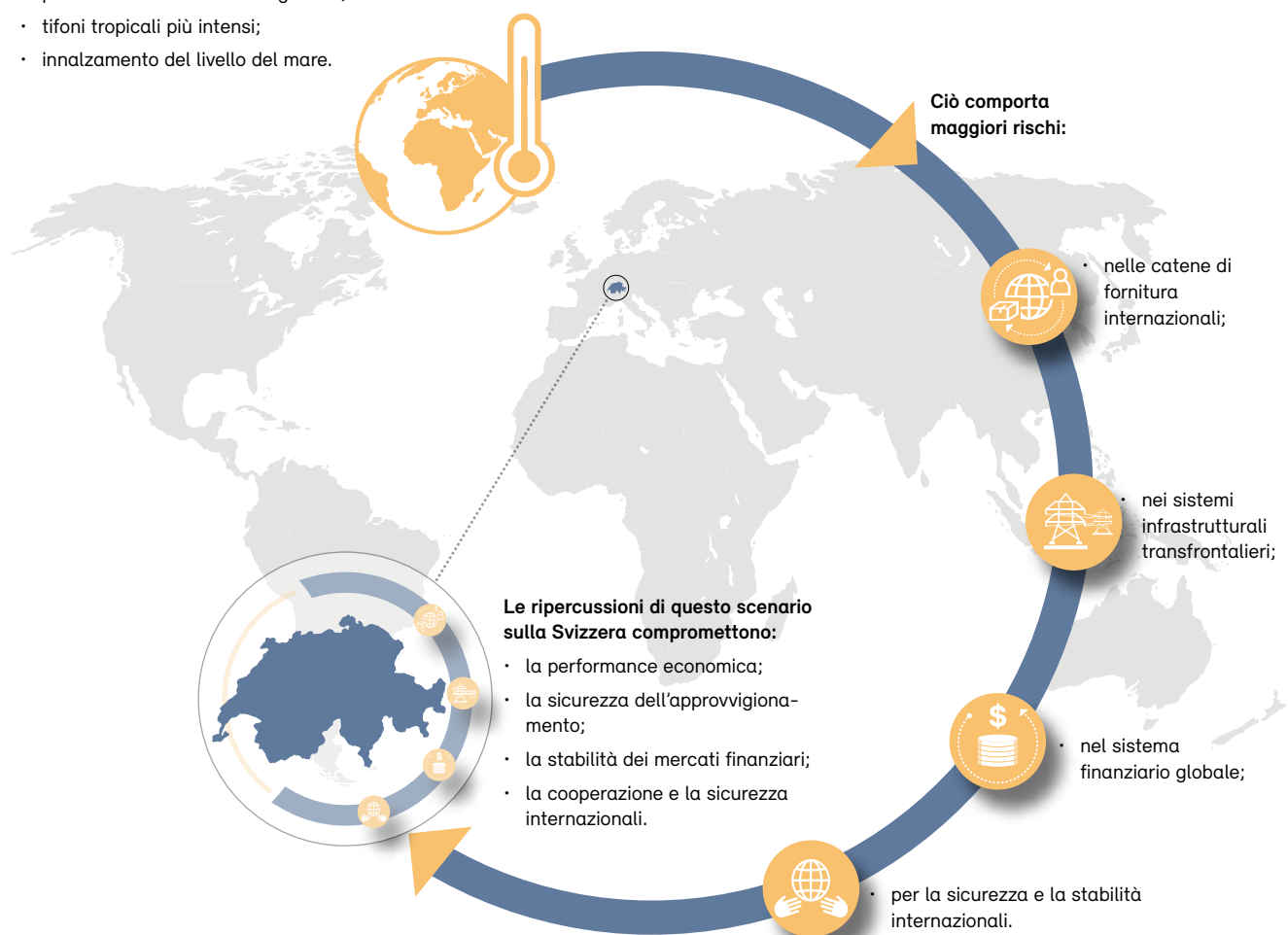
variazione delle condizioni di produzione nonché perdite di produzione, mentre in quello di distribuzione può ripercuotersi sullo sviluppo economico e modificare la struttura della domanda. Agli effetti dei cambiamenti climatici nei Paesi di origine e di distribuzione si sovrappongono aspetti economici di più ampia portata e tendenze globali, come l'andamento congiunturale dell'economia mondiale, l'accesso ai mercati finanziari, il quadro politico e lo sviluppo tecnologico. Sono in particolare la stabilità e le evoluzioni del quadro geopolitico ad avere una grande influenza sulla performance economica.

Figura 9

Panoramica dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero per la Svizzera

Il cambiamento climatico globale determina:

- aumento dei picchi di calore;
- forti precipitazioni più intense;
- periodi di siccità a livello regionale;
- tifoni tropicali più intensi;
- innalzamento del livello del mare.



Le ripercussioni sulle catene di fornitura possono avere diverse conseguenze: aumenti di prezzo, maggiore volatilità dei prezzi e fluttuazioni nella qualità dei beni importati, costi di trasporto più elevati, diminuzione dell'export nei Paesi esposti al clima, fino a ripercussioni sulla sicurezza dell'approvvigionamento di beni importanti, come derrate alimentari, medicinali o materie prime strategiche¹¹⁵. Considerato il ruolo fondamentale dell'approvvigionamento alimentare quale parte del servizio universale, questo tema viene trattato in modo specifico nel capitolo 3.2.

È difficile valutare al momento la rilevanza di questi rischi per la Svizzera, considerata la varietà dei beni e dei servizi commercializzati nonché dei Paesi di importazione ed esportazione. Tuttavia, sono a rischio soprattutto le aziende e i settori con un'alta percentuale di esportazioni verso Paesi vulnerabili o con una forte dipendenza da beni provenienti da regioni sensibili al clima. Le prime analisi quantitative per la Germania mostrano che le conseguenze climatiche registrate al di fuori dell'Europa potrebbero colpire l'economia tedesca in modo ancora più grave attraverso il commercio mondiale rispetto alle conseguenze dirette sull'economia interna. Ciò è dovuto al fatto che le regioni dell'UE sono meno coinvolte dall'impatto diretto dei cambiamenti climatici rispetto al resto del mondo¹¹⁴.

Sistemi infrastrutturali transfrontalieri

Le infrastrutture di trasporto, energia e comunicazione sono sempre più esposte a eventi estremi come il caldo, le inondazioni e le frane. Queste infrastrutture fanno spesso parte di una rete interconnessa e transfrontaliera, il che significa che un guasto o un malfunzionamento in un punto della rete può avere ripercussioni sull'intero sistema. Il loro funzionamento può essere pregiudicato da danni fisici diretti, ridotte capacità di trasmissione o guasti dovuti a effetti a cascata¹⁷. I rischi potenzialmente rilevanti per la Svizzera sono le ripercussioni sulla sicurezza dell'approvvigionamento elettrico ed energetico nonché, di conseguenza, sulle tecnologie informatiche e di comunicazione. Tenuto conto delle conseguenze potenzialmente gravi per l'economia e la società svizzere, gli effetti dei cambiamenti climatici sull'approvvigionamento elettrico vengono approfonditi nel capitolo 3.3.

Sistema finanziario globale

Le perdite economiche causate da eventi climatici e meteorologici estremi si ripercuotono in vario modo su finanze pubbliche, banche, assicurazioni, investimenti e mercati finanziari. A sua volta, il sistema finanziario mette a disposizione importanti servizi e attività per l'economia reale. I potenziali choc economici legati al clima possono diffondersi a cascata sul sistema finanziario (ad es. applicando un tasso d'interesse maggiore su crediti non pagati) e compromettere la sua funzione di strumento per transazioni e finanziamenti¹⁷. Di conseguenza, i cambiamenti climatici sono considerati sempre più un rischio serio per la stabilità dei mercati finanziari in tutto il mondo¹¹⁷. Secondo l'UE, per le finanze pubbliche, i mercati finanziari europei, i mercati immobiliari e delle assicurazioni, i rischi climatici sono rilevanti e si prevede un loro marcato aumento per il futuro¹⁷. Nonostante l'assenza di analisi specifiche per il Paese, è lecito presumere che tale situazione valga anche per la Svizzera. Le ripercussioni sul sistema finanziario si estenderebbero ben oltre i confini della Svizzera, considerato che la piazza finanziaria svizzera è il principale centro per la gestione patrimoniale transfrontaliera¹¹⁸ e che il mercato svizzero delle assicurazioni è tra i primi venti¹¹⁹ al mondo.

Sicurezza e stabilità internazionali

Nei prossimi decenni, molti Paesi in via di sviluppo dovranno affrontare eventi quali ondate di caldo, periodi di siccità, inverni poveri di neve, forti precipitazioni e violente tempeste ancora più frequenti e intensi¹²⁰. Tali eventi estremi, ma anche gli effetti di cambiamenti meno evidenti, ad esempio l'aumento delle temperature medie e l'innalzamento del livello dei mari, che già oggi si percepiscono, compromettono il benessere, la salute e le basi della vita delle persone. Ne risultano particolarmente colpite le popolazioni povere e quelle con una forte dipendenza dalle risorse naturali, che in genere dispongono di minori capacità di adattamento¹²⁰. Laddove i rischi climatici si sovrappongono a sviluppi socioeconomici e contesti fragili, il cambiamento climatico diventa un potenziale moltiplicatore di violenti conflitti e flussi migratori¹¹⁵. I cambiamenti climatici mettono in pericolo non solo il raggiungimento degli obiettivi di cooperazione allo sviluppo, ma anche la sicurezza e la stabilità internazionali, con ripercussioni sulla Svizzera.

3.2 Ripercussioni sull'approvvigionamento alimentare

In Svizzera l'approvvigionamento alimentare dipende in larga misura dalle importazioni. Gli effetti dei cambiamenti climatici all'estero possono portare ad aumenti di prezzo, fluttuazioni nella qualità e ritardi di fornitura. Poiché la gran parte dei prodotti importati proviene da Paesi meno vulnerabili e gli alimenti possono essere facilmente sostituiti, l'approvvigionamento alimentare nel suo complesso non è a rischio. Ciò nonostante, i prodotti sensibili al clima, ad esempio il caffè, sono sempre più influenzati dai cambiamenti climatici.

Il sistema alimentare comprende tutte le fasi e le attività relative a produzione, lavorazione, distribuzione e al consumo di alimenti. I cambiamenti climatici incidono su tutti questi piani del sistema e quindi sull'approvvigionamento alimentare.

Variazioni delle precipitazioni, aumento delle temperature, eventi estremi, siccità e scarsa disponibilità di acqua influenzano in particolare la produzione agricola, compresi i beni intermedi come sementi, alimenti per animali e concimi. L'influenza del clima varia notevolmente a seconda del prodotto e del settore di produzione.

Per quel che riguarda trasporto, lavorazione e stoccaggio di derrate alimentari, i bassi livelli idrici dovuti alla siccità possono creare problemi sulle vie di comunicazione rilevanti per le importazioni di alimenti – tra cui la navigazione sul Reno o nel Canale di Panama – e quindi rendere i beni importati più costosi. Sono ipotizzabili anche interruzioni della catena del freddo dovute al clima, ad esempio per danni all'infrastruttura elettrica in seguito a eventi estremi, che potrebbero influire localmente sulla disponibilità di derrate alimentari e quindi sulla distribuzione e sul consumo.

Ne consegue che i rischi per l'approvvigionamento alimentare della Svizzera comprendono variazioni in termini di disponibilità, qualità e prezzo di prestazioni preliminari e di prodotti agricoli, ritardi di fornitura e problemi di approvvigionamento. I fattori climatici e non climatici si sovrappongono e interagiscono ampiamente, caratterizzando così i rischi per l'approvvigionamento alimentare.

Fattori non climatici, quali la crescita demografica, le crisi geopolitiche, le restrizioni commerciali, le concentrazioni nel sistema alimentare globale, le diverse abitudini di consumo o la perdita di terreni agricoli a favore di altre utilizzazioni del suolo, hanno un impatto su tutte le fasi di creazione del valore del sistema alimentare e svolgono un ruolo centrale nell'approvvigionamento della Svizzera.



Il manager di una piantagione di caffè ispeziona le piante di caffè danneggiate dal gelo dopo la forte ondata di freddo che ha colpito il Sud del Brasile il 30 luglio 2021. Foto: Cassio Roosevelt / Reuters

Ripercussioni sulle filiere del caffè

La Svizzera è un attore importante nel commercio mondiale di caffè. Nel 2022 ha importato circa 225 000 tonnellate di caffè verde, principalmente dal Brasile¹²⁶, di cui circa la metà è stato lavorato, tostato e riesportato. Il valore dell'export in questo settore ha raggiunto approssimativamente 3,3 miliardi di franchi nel 2022¹²⁶, il che fa della Svizzera uno dei primi cinque esportatori di caffè al mondo. In Svizzera, inoltre, il caffè rientra tra i beni fondamentali e fa parte dell'assortimento di scorte obbligatorie¹²⁹. Nel 2021, le piantagioni brasiliane di caffè sono state colpite da siccità, seguita da un'ondata di gelo intenso, il che ha provocato la distruzione di circa 200 000 ettari di piante¹³⁰. I prezzi all'ingrosso del caffè sono andati alle stelle in tutto il mondo, con evidenti ricadute tanto per i consumatori quanto per il commercio. Solo nel novembre 2021, l'indicatore composito dei prezzi del caffè pubblicato dall'Organizzazione internazionale del caffè (ICO) è aumentato del 78 per cento rispetto all'anno precedente¹³¹.

Segnale climatico

Nel caso di rischi sistemici come l'approvvigionamento alimentare, non sono solo singoli segnali climatici ad avere un impatto isolato sui vari livelli del sistema alimentare, piuttosto, è decisiva l'interazione di una serie di pericoli derivanti dal clima. In genere la produzione agricola dipende fortemente dai fattori climatici: al pari di quanto accade in Svizzera, le variazioni delle precipitazioni, l'aumento delle temperature, gli eventi estremi, la siccità e la scarsa disponibilità di acqua hanno un ruolo importante anche a livello mondiale. Di particolare rilevanza per l'approvvigionamento alimentare della Svizzera sono i cambiamenti climatici che interessano importanti Paesi di origine e beni, che si estendono su vasta scala o che riguardano beni particolarmente sensibili al clima. Tra questi figurano ad esempio la siccità persistente nell'area mediterranea, dalla quale la Svizzera importa molti ortaggi e frutta (v. sezione su esposizione e vulnerabilità). I cambiamenti climatici hanno reso il clima del Mediterraneo più arido¹²¹ e per il futuro si prevede che il settore agricolo europeo si troverà ad affrontare fenomeni di siccità ancora più estesi, intensi e persistenti¹⁷. Un ulteriore esempio di segnali climatici rilevanti è rappresentato dai cambiamenti meno evidenti che influenzano la distribuzione e la variabilità delle precipitazioni e dalle temperature più elevate nei Paesi produttori di caffè di America centrale e Sudamerica, tra cui il Brasile, primo produttore al mondo. Entro il 2050, le zone idonee alla coltivazione di caffè diminuiranno drasticamente in tutte le regioni di produzione del mondo. Tali cambiamenti negativi sono causati principalmente dall'aumento delle temperature medie annuali¹²².

Oltre alla produzione nei Paesi importatori, i segnali climatici possono influenzare anche rotte di trasporto strategiche per i prodotti agricoli importati. La siccità che ha colpito il Centroamerica nel 2023, ad esempio, ha comportato una limitazione della navigazione nel canale di Panama¹²³.

Esposizione e vulnerabilità

Negli ultimi anni (2010–2021), il grado di autoapprovvigionamento della Svizzera, compresi gli alimenti per animali importati, ha oscillato tra il 52 e il 64 per cento: nel 2021 era del 33 per cento per gli alimenti vegetali e del 95 per cento per quelli animali¹²⁴. Una quota importante della produzione interna di derrate alimentari di origine animale si basa su

alimenti per animali importati. Ne consegue che l'approvvigionamento della Svizzera dipende in larga misura dalle importazioni di alimenti per uomini e animali ed è esposto ai cambiamenti climatici nei paesi di origine. Se l'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione agricola continua ad aumentare, ciò può comportare ripercussioni di vasta portata sull'approvvigionamento alimentare della Svizzera.

Nel 2022 il 72 per cento dei prodotti agricoli è stato importato dall'UE, principalmente da Germania, Italia e Francia¹²⁴. La vulnerabilità di questi Paesi rispetto ai rischi climatici, ma anche a fattori non climatici, quali il regime di governo o la capacità di export, è considerata bassa¹²⁵. A seconda dei prodotti importati, emerge un quadro diversificato.

Per quel che riguarda i cereali (incl. il riso), nel 2021 il grado di autoapprovvigionamento era del 46 per cento¹²⁶. I principali Paesi importatori per il frumento (Germania e Austria per il grano tenero e Canada per il grano duro)¹²⁷ sono complessivamente classificati come meno vulnerabili ai fattori climatici e non climatici. Al contrario, la coltivazione del riso in importanti Paesi importatori (Italia, Thailandia, India) è potenzialmente interessata dalle variazioni delle precipitazioni, poiché il riso ha un elevato fabbisogno di acqua e di irrigazione.

Per quel che riguarda i semi oleosi, fondamentali per l'approvvigionamento alimentare, le importazioni sono classificate come vulnerabili a causa della concentrazione in pochi Paesi esportatori¹²⁵. Se in tali Paesi intervengono cambiamenti climatici o perdite di raccolto provocate da organismi nocivi, è possibile avvertirne gli effetti anche in Svizzera.

Il grado di autoapprovvigionamento della Svizzera è basso anche per gli ortaggi e la frutta, rispettivamente pari al 39 e al 22 per cento¹²⁶. Spagna e Italia hanno un ruolo importante per l'importazione di questi prodotti, ma la siccità in aumento e la scarsità di acqua che caratterizzano questi due Paesi ne mettono sempre più a rischio la produzione. Tuttavia, la sostituibilità di ortaggi e frutta è considerata elevata, poiché è possibile ripiegare su altre varietà.

Infine, la Svizzera importa anche prodotti di largo consumo coltivati nelle regioni tropicali, come caffè, cacao e banane. La produzione di caffè, in particolare, può

essere influenzata dalla variabilità delle precipitazioni e dell'aumento delle temperature, ma anche i semi di cacao, importati principalmente dal Ghana e dall'Ecuador¹²⁸, sono sensibili alle modifiche del regime delle piogge.

Considerata la varietà dei prodotti rilevanti per l'approvvigionamento alimentare nonché i diversi Paesi di produzione e le differenze nella dipendenza dalle importazioni, non è possibile effettuare una valutazione generale degli sviluppi riguardanti l'esposizione e la vulnerabilità. Si può tuttavia ipotizzare che in futuro il grado di autoapprovvigionamento non si discosterà molto³⁰ e che i rischi climatici all'estero avranno un ruolo sempre più importante sulla produzione e sul trasporto di derrate alimentari. L'esposizione e la vulnerabilità dell'approvvigionamento alimentare possono comunque essere attenuate attraverso vari adattamenti. La diversificazione delle catene di fornitura, ad esempio, consente di ripartire i rischi e di migliorare la stabilità del sistema¹¹⁵. In molte categorie di prodotto, come gli ortaggi e la frutta, è possibile sostituire prodotti particolarmente vulnerabili, senza incidere sull'approvvigionamento alimentare nel suo insieme. Infine, per i prodotti a lunga conservazione, essenziali per il servizio universale, esiste anche la possibilità di creare o ampliare capacità di stoccaggio per superare strozzature a breve termine. In Svizzera le scorte alimentari comprendono fra le altre cose cereali, oli e grassi commestibili o caffè nonché fattori di produzione quali concimi e alimenti per animali con cui coprire il fabbisogno per diversi mesi¹²⁹.

Rischi climatici

I cambiamenti climatici possono avere un impatto diretto e indiretto su tutti i livelli del sistema alimentare e interagire con fattori non climatici. A causa del suo basso grado di autoapprovvigionamento, da un lato la Svizzera è particolarmente esposta ai cambiamenti climatici all'estero, ma dall'altro è anche bene equipaggiata per mitigare questi rischi in caso di perdite di produzione interne dovute al clima grazie alle opzioni di importazione dall'estero. I rischi possono variare a seconda del prodotto, del luogo di produzione e dell'interazione tra rischi climatici interni ed esteri. I rischi potenziali sono particolarmente elevati per i prodotti sensibili al clima, come il caffè, e i prodotti soggetti a un'elevata concentrazione di mercato. I rischi si manifestano principalmente sotto forma di perdite di

qualità, rincaro delle importazioni o ritardi di fornitura. La Svizzera risente in misura limitata delle difficoltà di approvvigionamento dovute al clima o delle restrizioni critiche nell'approvvigionamento alimentare. Ciò è dovuto in parte al suo elevato potere di acquisto e alle possibilità che ne derivano di acquistare prodotti anche a prezzi più elevati sul mercato globale. Nonostante il segnale climatico, oggi le importazioni di derrate alimentari sono considerate meno vulnerabili nel complesso, soprattutto perché i principali Paesi importatori sono stabili e relativamente poco interessati dai cambiamenti climatici. Inoltre, il mercato globale consente di sostituire ampiamente Paesi di produzione o prodotti. Tuttavia, un'ulteriore progressione dei cambiamenti climatici potrebbe accentuare i rischi.

3.3 Ripercussioni sull'approvvigionamento elettrico

L'approvvigionamento elettrico della Svizzera dipende attualmente dalle importazioni, soprattutto in inverno, e di conseguenza è esposto ai rischi climatici dei sistemi elettrici esteri, che nel peggiore dei casi possono provocare anche avarie della rete. Tuttavia, l'integrazione della Svizzera nella rete europea di interconnessione equivale in genere a una stabilizzazione del sistema. L'espansione accelerata delle energie rinnovabili, con i loro modelli di produzione spesso stagionali, renderà probabilmente questo aspetto ancora più importante in futuro.

Un approvvigionamento elettrico sicuro significa che le centrali in Svizzera e all'estero nonché le reti elettriche di trasporto e distribuzione dell'elettricità prodotta sono in grado di soddisfare la domanda in qualsiasi momento¹³². Attraverso vari meccanismi, i cambiamenti climatici hanno un impatto sia sulla produzione di elettricità e sulla rete elettrica sia sulla domanda di elettricità, influenzando così l'approvvigionamento. Poiché la Svizzera è saldamente integrata nella rete europea di interconnessione, per il futuro dell'approvvigionamento elettrico del Paese non saranno solo i cambiamenti climatici interni ad avere un ruolo centrale, ma anche quelli che si verificheranno nei Paesi limitrofi. Oggi la Svizzera dipende dalle importazioni di elettricità soprattutto in inverno, mentre in estate di norma l'energia elettrica può essere esportata⁵¹.

Diversi effetti dei cambiamenti climatici – in particolare periodi di canicola, siccità, eventi di piena e movimenti di versante gravitativi – influenzano la produzione di elettricità, sebbene l'impatto specifico vari notevolmente a seconda della modalità di tale produzione. A livello di reti elettriche di trasporto, sono in particolare gli eventi estremi a poter causare guasti alle linee e quindi instabilità in tutta la rete. Non meno importante il fatto che anche la domanda di energia elettrica è soggetta alle variazioni legate al clima, in particolare per quel che riguarda il maggiore fabbisogno di energia per il raffrescamento durante l'estate.

Nei prossimi decenni, l'espansione della produzione di elettricità da fonti rinnovabili modificherà l'approvvigionamento elettrico e la sua vulnerabilità ai fattori climatici. Nell'ambito di un progetto di ricerca della Confederazione, uno studio approfondito sta attualmente analizzando questi sviluppi, tenendo conto anche degli effetti a cascata su infrastrutture e reti energetiche¹³³. La sicurezza dell'approvvigionamento elettrico dipende inoltre dall'integrazione della Svizzera nel sistema elettrico europeo. Si tratta di un aspetto di importanza fondamentale, considerato che, con l'abbandono delle energie fossili, in futuro l'elettricità avrà un ruolo ancora più importante per l'approvvigionamento energetico svizzero²².

Segnale climatico

Come per altri rischi sistemici, anche per l'approvvigionamento elettrico è necessario avere una visione globale nonché tenere conto dell'interazione di una serie di variazioni legate al clima rispetto alla produzione, alla distribuzione e alla domanda di energia elettrica. Nei Paesi limitrofi si prevedono cambiamenti climatici simili a quelli descritti per la Svizzera nei capitoli precedenti.

Nei prossimi decenni l'Europa sarà caratterizzata da un aumento dei periodi di canicola, della siccità (specie nell'Europa meridionale) come pure da eventi estremi più frequenti e intensi¹⁷. Tali cambiamenti incidono anche sull'approvvigionamento elettrico dei vari Paesi. I periodi di canicola incrementano il fabbisogno di energia per il raffrescamento e al contempo rendono più complesso l'esercizio delle centrali nucleari, a carbone e a gas raffreddate con acqua di fiume¹⁷. La siccità complica ulteriormente la sfida delle centrali termiche raffreddate con acqua di fiume e limita al contempo anche la produzione

idroelettrica, in particolare quella delle centrali ad acqua fluente³⁴. Aumenta inoltre il rischio di incendi boschivi, con conseguente danno per la trasmissione e la distribuzione di elettricità¹⁷.

Anche gli eventi estremi che si verificano nei Paesi limitrofi, che compromettono l'esercizio delle centrali o della rete elettrica (in particolare le sottostazioni), possono avere un impatto sulla Svizzera, ad esempio, in caso di piene provocate da forti precipitazioni sempre più intense o da movimenti di versante gravitativi, ma anche di tempeste. Sebbene la futura evoluzione dei venti estremi sia ancora caratterizzata da grande incertezza, vi sono segnali che indicano che le tempeste a nord della Svizzera sono destinate ad aumentare di intensità con i cambiamenti climatici⁵. Contrariamente a quelle su piccola scala tipiche della topografia svizzera, le tempeste che si verificano nell'Europa settentrionale hanno talvolta un'estensione di diverse centinaia di chilometri. Se in futuro questi vasti sistemi temporaleschi dovessero verificarsi con maggiore intensità, le capacità di produzione di energia eolica nel Mar Baltico e nel Mare del Nord e la rete elettrica di trasporto potrebbero essere gravemente compromesse da un'unica grande tempesta. Oltre alla produzione di energia eolica, anche la produzione di energia solare è fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche attuali. Non si sa ancora con precisione se nei prossimi decenni le condizioni meteorologiche persistenti e su vasta scala, che influenzano la radiazione solare a lungo termine, aumenteranno o diminuiranno in Europa in seguito ai cambiamenti climatici. La situazione sarebbe particolarmente delicata nel caso in cui nello stesso momento anche l'energia eolica generasse poca elettricità (la cosiddetta «Dunkelflaute», ossia la mancanza di sole e di vento).

Esposizione e vulnerabilità

Il sistema di approvvigionamento elettrico della Svizzera sta affrontando grandi cambiamenti. Secondo le Prospettive energetiche 2050+ dell'Ufficio federale dell'energia, nel 2050 la Svizzera potrà garantire il proprio approvvigionamento quasi interamente con le energie rinnovabili²². Le importazioni e le esportazioni di elettricità continueranno ad avere un ruolo importante. Il sistema elettrico svizzero è saldamente interconnesso con quello europeo: oggi dispone di 41 linee transfrontaliere con una capacità di

rete di 10 (export) e 7 gigawatt (import)²². Nel 2022 le importazioni di elettricità hanno superato le esportazioni (circa il 6 % del consumo). Il fatto che nel bilancio annuale prevalgano le importazioni o le esportazioni è un aspetto che varia negli anni¹³⁴. Attualmente la Svizzera dipende dalle importazioni di elettricità soprattutto nei mesi invernali⁵¹, il che sottopone già oggi l'infrastruttura di trasporto dell'energia a forti sollecitazioni.

Nei decenni a venire, con la prossima fine dell'esercizio delle centrali nucleari raffreddate con acqua di fiume, la Svizzera dovrà probabilmente importare quantitativi ancora maggiori di elettricità²², il che potrebbe accrescere la vulnerabilità rispetto agli effetti dei cambiamenti climatici all'estero. Da qui al 2050, tuttavia, grazie all'espansione della produzione di elettricità da fonti rinnovabili e della produzione idroelettrica nell'arco dell'intero anno, il bilancio delle importazioni e delle esportazioni sarà sempre più in equilibrio. Importazioni ed esportazioni continueranno comunque ad avere un ruolo importante anche in futuro: la Svizzera è in grado di assicurare una produzione flessibile di elettricità dalle centrali idroelettriche e potenzialmente di esportare eccedenze soprattutto in estate, mentre in molte località d'Europa si punta all'energia eolica, con quote elevate di produzione invernale, di cui a sua volta la Svizzera può beneficiare²². Poiché le diverse fonti energetiche sono complementari, è ancora più importante che la Svizzera continui a essere bene integrata nel mercato elettrico europeo e che le capacità di trasporto e di rete siano potenziate. Al momento manca tuttavia la copertura legale di un accordo sull'elettricità con l'UE¹³⁵ né appare ancora chiaro se vi sarà un ampliamento della rete elettrica di trasporto in Svizzera per far fronte ai flussi di carico più volatili delle energie rinnovabili. La digitalizzazione e la gestione intelligente dei flussi di carico e dei consumi possono in parte ottimizzare il sistema elettrico all'interno dell'infrastruttura esistente e aumentare la resilienza. Ciò nonostante, per i prossimi decenni si prevede complessivamente una maggiore vulnerabilità del sistema di approvvigionamento elettrico.

Rischi climatici

I cambiamenti climatici possono incidere sulla produzione di elettricità, sulle reti elettriche di trasporto e sulla domanda di energia elettrica in Svizzera e all'estero. Se in futuro ciò si tradurrà in maggiori rischi per l'approvvigionamento elettrico della Svizzera non dipende solo dall'aumento dei periodi di canicola, di siccità e di altri eventi estremi, ma anche dalla capacità del futuro sistema di approvvigionamento di compensare le fluttuazioni della produzione e della domanda di elettricità. Oggi è possibile compensare efficacemente tali fluttuazioni attraverso le importazioni e le esportazioni di elettricità in tutta Europa. Tuttavia, l'espansione delle energie rinnovabili aumenterà la variabilità della produzione di elettricità nei prossimi decenni. Per fare fronte a queste sollecitazioni, le capacità di rete all'interno della Svizzera, ma anche quelle transfrontaliere, devono essere ulteriormente ampliate. In caso contrario, o addirittura se la Svizzera si dissociasse del tutto dal mercato elettrico europeo, l'approvvigionamento elettrico del Paese sarebbe sempre più vulnerabile a fattori climatici quali siccità e tempeste, in quanto le fluttuazioni dovute al clima o gli choc causati da eventi estremi non potrebbero essere interamente compensati dall'integrazione nella rete europea di interconnessione. L'elettricità è una base fondamentale della vita economica e sociale. Interruzioni di corrente più frequenti e prolungate, così come le chiusure temporanee delle industrie per evitare tali interruzioni, comporterebbero costi molto elevati.



Vigili del fuoco al lavoro per spegnere l'incendio boschivo sopra Bitsch, nell'Alto Vallese. I pendii colpiti da incendi boschivi continuano a essere vulnerabili all'erosione e alle colate detritiche per molti anni. Queste combinazioni di pericoli possono amplificare gli effetti di un evento.
Foto: Jean-Christophe Bott / Keystone (28.7.2023)

4 Eventi inattesi e rischi combinati

Molti rischi legati ai cambiamenti climatici sono difficili da valutare: sono meno probabili, si verificano inaspettatamente o sono la conseguenza di interazioni complesse tra fattori climatici e non climatici. Se non si tiene conto delle interdipendenze e delle possibili conseguenze di tali eventi estremi, i rischi possono essere sottovalutati.

L'analisi dei rischi climatici del capitolo 2 si concentra su singoli cambiamenti legati al clima e sui loro effetti sulla Svizzera. Tuttavia, spesso i rischi derivano dalla combinazione di diversi pericoli che si sovrappongono nello spazio e nel tempo o che si verificano uno dopo l'altro, nonché dall'interazione tra fattori climatici e non climatici. I fattori di rischio possono rafforzarsi a vicenda e gli effetti propagarsi a cascata oltre i confini geografici o settoriali. L'avanzamento dei cambiamenti climatici, inoltre, aumenta la probabilità che si verifichino eventi estremi diversi da quelli osservati fino a quel momento, come pure che nel sistema generale si raggiungano i cosiddetti punti di non ritorno, che alterano improvvisamente lo stato di un sistema. Queste tipologie di rischio sono difficili da valutare, poiché spesso sono meno probabili nonché caratterizzate da grosse incertezze e da conseguenze potenzialmente di vasta portata.

Eventi estremi

Oltre ai segnali climatici probabili alla base delle sfide inter-settoriali (cap. 2), in condizioni climatiche mutate possono verificarsi anche eventi molto rari ma che provocano gravi danni, di seguito denominati «eventi estremi». Tali eventi sono soggetti a grandi incertezze ed è difficile riprodurli con i modelli climatici attualmente disponibili. Si tratta tuttavia di eventi possibili, già osservati in altre parti del mondo.

Ne è un esempio l'ondata di caldo che ha investito la regione occidentale del Nordamerica nel giugno 2021, dove in alcune località del Canada le temperature hanno raggiunto quasi 50 gradi, superando di più gradi i valori record toccati in precedenza. Basandosi sulle misurazioni finora effettuate, un valore così estremo non sarebbe stato considerato possibile. Record di temperatura simili, che hanno superato i precedenti valori massimi, sono stati stabiliti nel 2022 in Cina

e nell'area della Grande Londra. L'analisi scientifica di questi eventi estremi è ancora poco sviluppata, ma sta comunque progredendo. Tra le altre cose, si sfrutta la metodologia dell'«ensemble boosting» nell'ambito dei modelli climatici attuali per individuare in modo mirato tali eventi estremi¹³⁶.

Combinazioni di pericoli legati al clima

Anche le combinazioni di pericoli possono intensificare gli effetti o i rischi. Si tratta in tal caso di sequenze critiche o di accumuli eccezionali di determinati pericoli. Si distinguono vari tipi di combinazioni¹³⁷, elencate qui di seguito.

- **Eventi soggetti a determinate condizioni preliminari:** in presenza di determinate condizioni climatiche preliminari, uno o più pericoli possono amplificare gli effetti. Ne sono un esempio le forti precipitazioni su terreni già saturi o la pioggia sulla neve.
- **Serie di più eventi concomitanti:** se più pericoli o eventi climatici estremi si verificano simultaneamente nella stessa regione geografica, anche gli effetti possono risultarne amplificati. Vi rientrano, ad esempio, la combinazione di siccità e caldo o di forti precipitazioni e venti estremi, come durante i temporali.
- **Eventi correlati nel tempo:** se in una regione geografica si verifica una determinata sequenza di pericoli, sono possibili effetti particolarmente gravi. Ne sono un esempio l'aumento dei periodi di canicola o la siccità ricorrente per diversi anni o stagioni.
- **Eventi correlati nello spazio:** se più regioni del mondo sono interessate dagli stessi pericoli o da pericoli diversi in un periodo di tempo limitato, gli effetti possono accumularsi in sistemi interconnessi. Ne sono un esempio gli eventi climatici con un impatto a livello globale, che attraverso molteplici catene di effetti possono influenzare interi sistemi, come l'approvvigionamento alimentare (v. cap. 3.2).

Di seguito vengono descritte le combinazioni di pericoli particolarmente rilevanti e i possibili effetti per la Svizzera.

- **Concomitanza di caldo e siccità.** La correlazione fra temperature e precipitazioni in estate appare spesso negativa. La scarsa umidità del suolo in primavera e in estate favorisce i periodi di canicola durante i mesi estivi. Le temperature elevate e la siccità possono peggiorare in particolare lo stress per ecosistemi, agricoltura e boschi. Secondo le previsioni, ad esempio, la combinazione di caldo e siccità comporterà perdite significative di produzione agricola in gran parte dell'Europa. Per quel che riguarda i boschi, tale combinazione può causare danni e aumentare il pericolo di incendi boschivi¹³⁸.
- **Siccità persistente o diversi anni consecutivi di siccità (e caldo).** Poiché le estati secche sono sempre più frequenti, aumenta anche il rischio di anni consecutivi caratterizzati da siccità. Ciò significa che le conseguenze della siccità sono più marcate, in quanto i serbatoi idrici non vengono più riempiti a sufficienza, gli ecosistemi e i sistemi dipendenti dall'acqua non sono più in grado di recuperare e a lungo termine vengono danneggiati. Nelle aree urbane, dove i sistemi sono concentrati in uno spazio ristretto, questi eventi estremi possono innescare reazioni a catena. In un caso di studio per la città di Basilea, sono state modellate catene di processo, mostrando come la disponibilità di acqua in caso di siccità sia un elemento chiave con effetti potenzialmente di vasta portata su altri sistemi, quali l'energia e la salute. Nello scenario peggiore («worst case scenario»), non sarebbero solo la navigazione e l'ecologia delle acque a subire conseguenze, ma anche l'approvvigionamento idrico, in particolare a causa di contaminazioni persistenti, elevati picchi di consumo o interruzioni della fornitura di energia¹³⁹.
- **Forti precipitazioni dopo un periodo di siccità.** Poiché i terreni secchi possono assorbire meno acqua, in caso di forti precipitazioni, è lecito aspettarsi un aumento del ruscellamento superficiale. Nelle aree urbane, il ruscellamento può avere conseguenze particolarmente gravi a causa dell'elevato potenziale di danno. Ecosistemi e colture agricole possono essere fortemente compromessi da una successione di siccità e forti precipitazioni, ma anche da grandine e tempeste, poiché la resilienza diminuisce sempre più a ogni evento. In questi casi sono soprattutto le superfici agricole a essere minacciate dal rischio di erosione.
- **Siccità, caldo e tempeste.** La siccità estrema per più stagioni consecutive, combinata con tempeste e temperature elevate, può avere conseguenze di vasta portata soprattutto per gli ecosistemi. Un caso di studio in Mesolcina (Grigioni) ha spiegato con un modello che la siccità può innescare ulteriori eventi, come l'infestazione da bostrico e gli incendi boschivi¹³⁹. Con la presenza simultanea di siccità e forti venti, gli incendi boschivi possono propagarsi rapidamente e determinare una perdita parziale della funzione protettiva del bosco.
- **Grandine e forti precipitazioni.** In caso di violenti temporali caratterizzati da grandine e forti precipitazioni, i chicchi di grandine possono intasare pozzi e i canali di scolo, aumentando ulteriormente il rischio di danni da ruscellamento superficiale. Uno strato di grandine al suolo può incidere sulle linee di scorrimento della falda freatica e causare la penetrazione di acqua negli edifici¹⁴⁰. Infine, anche l'involucro degli edifici può essere danneggiato e lasciar così penetrare l'acqua. In questi casi, l'acqua causa spesso più danni della grandine.
- **Forti precipitazioni dopo incendi boschivi.** I pendii colpiti da incendi boschivi continuano a essere vulnerabili alle forti precipitazioni per molti anni. Poiché la cenere è idrorepellente, tali precipitazioni possono provocare una maggiore erosione e un aumento delle colate detritiche. Inoltre, le precipitazioni persistenti possono causare frane, poiché manca l'effetto di stabilizzazione degli alberi.

Comprendere queste combinazioni rappresenta una sfida complessa nella misura in cui occorre capire le interdipendenze tra i vari rischi. Se non le si prende in adeguata considerazione, i rischi possono essere complessivamente sottovalutati. È importante, quindi, non limitarsi a considerare i singoli rischi legati al clima, confrontandosi sistematicamente con combinazioni e interdipendenze potenzialmente rilevanti. I rischi complessivi sono spesso più elevati di quanto la comparsa di singoli rischi isolati farebbe supporre¹⁴¹.

Punti di non ritorno

Il sistema climatico, gli ecosistemi e il sistema sociale sono caratterizzati da interdipendenze non lineari e da molteplici effetti retroattivi. Con l'avanzamento dei cambiamenti

climatici, tali sistemi possono raggiungere i cosiddetti «punti di non ritorno» molto rapidamente e spesso in maniera imprevista, passando a un altro stato stabile. Questo processo è reversibile solo in misura limitata: una volta che il sistema modifica il proprio stato, non basta ripristinare il livello precedente al punto di non ritorno¹⁴². Già il superamento di singoli punti di non ritorno può avere conseguenze di vasta portata. Sussiste anche il rischio che i processi retroattivi determinino il superamento di ulteriori punti di non ritorno, innescando così una reazione a catena con effetto domino¹⁴³. Si distinguono i seguenti punti di non ritorno nei vari sistemi.

- **Punti di non ritorno nel sistema climatico.** Le grandi masse di ghiaccio del sistema terrestre e i modelli su larga scala delle correnti aeree e oceaniche sono caratterizzati da elementi di non ritorno. Tra questi figurano l'indebolimento della Corrente Nord Atlantica, lo scioglimento delle calotte glaciali in Groenlandia e nell'Antartide occidentale, il disgelo del permafrost boreale. Tutti questi eventi possono determinare una svolta radicale del sistema terrestre¹⁴³.
- **Punti di non ritorno degli ecosistemi.** Anche gli ecosistemi presentano elementi di non ritorno, che attraverso una serie di interazioni svolgono un ruolo decisivo per il clima globale e regionale: scomparsa delle foreste primarie tropicali, modifica del regime idrico e della composizione del suolo, con conseguente inaridimento del clima locale e impossibilità per le foreste di rigenerarsi. A livello globale ne sono un esempio la trasformazione della foresta pluviale amazzonica in una savana o il deperimento delle foreste di conifere boreali all'estremità meridionale della Terra¹⁴³. Ma gli ecosistemi possono passare irreversibilmente a un altro stato anche a livello regionale, se si superano i punti di non ritorno, con effetti potenzialmente molto gravi sulla biodiversità e sui servizi ecosistemici.
- **Punti di non ritorno nella società.** Gli effetti del clima, correlati a fattori non climatici, possono infine innescare dinamiche complesse e sconvolgimenti anche a livello sociale, con possibili conseguenze di vasta portata sul sistema politico e sociale, la sicurezza globale e la stabilità internazionale. È lecito ipotizzare che una società pesantemente gravata da danni climatici possa subire un processo di polarizzazione sul piano politico, il che potrebbe ostacolare a sua volta il funzionamento dello Stato nel superare la crisi.

Già oggi i punti di non ritorno possono amplificare gli effetti climatici a livello locale. Ad esempio, se i ghiacciai si sciolgono più velocemente del previsto perché cade meno neve fresca, la radiazione riflessa sulla superficie dei ghiacciai si riduce, aumentando a sua volta lo scioglimento.

Tuttavia, gli effetti di non ritorno diventano particolarmente pericolosi se si verificano su larga scala e quando si raggiungono ulteriori punti di non ritorno attraverso l'interazione tra sistema climatico, ecosistemi e sistema sociale. Sebbene sia difficile determinare con precisione i punti di non ritorno, le loro potenziali conseguenze devono essere prese in considerazione, rafforzando la resilienza della società, dell'economia e dell'ambiente naturale.



Ruscellamento superficiale a Othmarsingen in data 8 giugno 2016. Le forti precipitazioni non hanno più potuto essere assorbite dal suolo e hanno allagato ampie zone dell'abitato. Foto: Christophe Lienert / Mobiliar Lab für Naturrisiken / CC BY-SA 4.0

5 Conclusioni

In seguito ai cambiamenti climatici, la Svizzera presenta una matrice dei rischi variegata. I rischi climatici all'interno dei confini nazionali si sovrappongono a quelli di altri Paesi che hanno un impatto sulla Svizzera. Già oggi si profilano diversi pericoli legati al clima e i grossi rischi associati, che nei prossimi decenni sono destinati ad amplificarsi. Questo fenomeno investe tutti i settori e le regioni della Svizzera.

I cambiamenti climatici modificano l'ambiente, la società e l'economia in vari modi. L'analisi dei rischi climatici ha lo scopo di individuare e valutare i rischi rilevanti di tali cambiamenti per la Svizzera, consentendo in particolare ai decisori politici e alle autorità di Confederazione, Cantoni e Comuni di fissare le priorità e impostare l'adattamento ai cambiamenti climatici sulla base di conoscenze fondate. Nel complesso, dall'analisi dei rischi climatici si possono trarre le conclusioni di seguito riportate.

I rischi derivano dall'interazione tra segnale climatico, esposizione e vulnerabilità

Nella presente analisi i rischi rappresentano la combinazione di segnale climatico, esposizione e vulnerabilità. Un incremento del segnale climatico comporta un rischio maggiore solo se le persone, i beni materiali o gli ecosistemi sono esposti e vulnerabili ai possibili cambiamenti. Di conseguenza, i rischi climatici derivano sempre da una combinazione di fattori climatici e non.

Per molti rischi si delinea un quadro complessivo simile: i cambiamenti climatici stanno amplificando il segnale climatico, cioè aumentano i pericoli legati al clima, come il caldo o la siccità. Da qui al 2060, anche l'esposizione è destinata ad aumentare nella gran parte dei casi, poiché la popolazione della Svizzera crescerà e molte persone vivranno in zone particolarmente esposte alle variazioni legate al clima, ad esempio in città e agglomerati molto caldi o zone situate lungo corsi e specchi d'acqua. Anche i beni materiali dovrebbero aumentare, tenuto conto della crescita economica prevista, incrementando l'esposizione pure in questo caso. In definitiva, sono pochi i rischi per cui l'esposizione potrebbe diminuire, ad esempio quella degli animali da reddito rispetto al caldo, in quanto il Consiglio federale prevede una loro riduzione entro il 2060³⁰. Gli elementi più difficili da valutare riguardano

l'andamento della vulnerabilità e l'incidenza delle misure di adattamento sui rischi climatici. In molti casi la vulnerabilità potrebbe diminuire, a condizione che si attuino tempestivamente misure appropriate e che i cambiamenti climatici rimangano contenuti. Ne sono un esempio le metodologie di costruzione di insediamenti ed edifici adattati al clima, le colture agricole resistenti alla siccità, la promozione di foreste diversificate e adattate al clima più caldo, le misure di protezione contro le piene o i materiali da costruzione resistenti alla grandine. Queste misure sono note ed è possibile che la loro attuazione si intensifichi con l'aumentare dei cambiamenti climatici. In alcuni settori, tuttavia, gli approcci per ridurre la vulnerabilità sono ancora poco conosciuti o diffusi, soprattutto in sistemi complessi come gli ecosistemi naturali della Svizzera, per i quali non vi sono ancora indicazioni chiare su quale sarà l'evoluzione delle vulnerabilità.

Le sfide, i rischi e i settori interessati sono diversificati

L'analisi dei rischi climatici mostra un quadro differenziato all'interno della Svizzera. Già oggi 12 dei 34 rischi analizzati sono classificati come elevati o molto elevati e da qui al 2060 sono attese variazioni importanti o molto importanti per 12 rischi. Riguardo a tutti i rischi che già oggi sono classificati come elevati o molto elevati, per il 2060 si prevedono incrementi da medi a molto rilevanti, che quindi determineranno un'ulteriore amplificazione.

Sul piano tematico sono rischi ad ampio spettro, conseguenza di una serie di sfide intersettoriali e associati a una varietà di settori diversi: salute, infrastrutture ed edifici, settori legati all'uso delle risorse naturali, come l'agricoltura, l'economia forestale, la gestione delle acque e la gestione della biodiversità, nonché settori economici quali industria, servizi e commercio, settore energetico e turismo.

Il caldo, la siccità estiva, le forti precipitazioni e il mutamento degli habitat rappresentano i rischi maggiori

Periodi di canicola nonché singole giornate e notti calde incidono sul benessere, la salute e le prestazioni della popolazione in ampie zone della Svizzera, soprattutto nelle città e negli agglomerati a bassa quota. Rappresentano già oggi un rischio molto elevato, destinato ad aumentare in misura rilevante da qui al 2060, non solo perché i periodi e le giornate di caldo si moltiplicheranno, ma anche perché questo fenomeno, a seguito dell'invecchiamento della società, interesserà un numero maggiore di persone vulnerabili, anziane e bisognose di cure.

L'aumento della siccità estiva è una delle sfide classificate come significativamente più rilevanti rispetto all'analisi dei rischi climatici del 2017. Le estati secche sono diventate più frequenti negli ultimi anni. Da qui al 2060 in estate cadrà fino a un quarto di pioggia in meno, mentre i periodi di siccità dureranno generalmente più a lungo, con conseguenze di vasta portata sull'agricoltura e l'economia forestale, ma anche sugli ecosistemi (v. a seguire). Le perdite di resa e di utilizzo e i danni aumenteranno in misura variabile, a seconda delle colture agricole e delle specie arboree. I rischi futuri per l'agricoltura e l'economia forestale sono elevati anche perché diverse sfide si sovrappongono, come il caldo e l'aumento di organismi nocivi, rafforzandosi a vicenda.

Pericoli quali forti precipitazioni, piene, grandine e tempeste causano già oggi danni ingenti a edifici e infrastrutture, oltre a danni secondari dovuti a interruzioni dell'esercizio. Piene e ruscellamento superficiale sono tra gli eventi di pericolo naturale più costosi in Svizzera. Rispetto alla prima analisi dei rischi climatici del 2017, ora è soprattutto il ruscellamento a richiamare più attenzione, dal momento che i rischi associati a questo fenomeno sono destinati ad aumentare per la maggiore frequenza e intensità delle forti precipitazioni nonché per il potenziale di danno più elevato derivante dall'accumulo di beni materiali e da fattori non climatici, come la crescente impermeabilizzazione dei suoli.

Gli ecosistemi naturali sono sempre più minacciati da varie sfide legate al clima: caldo, siccità, mutato regime idrico e

delle temperature, organismi nocivi stanno già mettendo a dura prova diversi ecosistemi. Al momento è difficile stimare come l'interazione di fattori climatici e non climatici, quali la comparsa di specie esotiche invasive, l'uso intensivo del suolo o l'inquinamento di suolo, acqua e aria, incideranno sugli ecosistemi in futuro. Nel complesso, tuttavia, è lecito presumere che i fattori di stress aumenteranno e che i servizi ecosistemici, come la fornitura di acqua pulita, l'impollinazione per l'agricoltura o il valore ricreativo dei paesaggi, subiranno una pressione crescente. Singole specie che beneficiano dei cambiamenti climatici sono inoltre portatrici di malattie infettive. Il periodo vegetativo più lungo comporta anche maggiori problemi a causa delle piante allergeniche. Ne consegue che i mutamenti negli ecosistemi avranno un impatto anche sulla salute umana.

Le opportunità legate al clima non compensano in alcun modo i rischi crescenti

Alcune variazioni legate al clima, come le temperature più miti in tutte le stagioni, possono anche avere effetti positivi, ad esempio il risparmio di energia per il riscaldamento o i maggiori introiti derivanti da alcune colture agricole. Se si considera un settore nel suo insieme, tuttavia, spesso tali effetti non sono proporzionati ai rispettivi rischi. Le temperature più miti, ad esempio, consentono lo sviluppo del turismo durante tutto l'anno, ma nelle regioni di montagna il potenziale aumento delle entrate non può compensare le perdite del turismo invernale, attualmente molto redditizio. In agricoltura l'aumento delle temperature medie e i periodi vegetativi prolungati offrono una serie di opportunità, come l'espansione di zone di coltivazione favorevoli a quote più elevate, la coltivazione di nuove colture e una migliore qualità di singoli prodotti. Allo stesso tempo, però, poiché le piante fioriscono prima, possono aumentare i danni da gelo o propagarsi maggiormente i vettori di malattie e gli organismi nocivi, causando danni alle colture agricole.

I rischi variano a seconda delle regioni

Già oggi l'intero territorio della Svizzera è interessato da rischi climatici e, in assenza di misure adeguate, lo sarà sempre più da qui al 2060, sebbene in misura diversa. Alcuni rischi e opportunità possono essere comuni a tutte le

regioni, come il ruscellamento superficiale, le restrizioni alla produzione di elettricità, il mutamento degli ecosistemi, o la riduzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento sul fronte delle opportunità. Altri rischi appaiono più amplificati soprattutto nell'Altopiano centrale, interessando così una grande parte della popolazione svizzera, come i rischi per la salute legati al caldo, i rischi di piena lungo i principali corsi d'acqua e i rischi legati alla siccità in agricoltura e nell'economia forestale. Infine, anche le regioni di montagna sono interessate da rischi specifici e in aumento, come la perdita di introiti per il turismo invernale o i danni a cose e persone causati da movimenti di versante gravitativi. In queste regioni anche il mutamento del paesaggio dovuto al ritiro dei ghiacciai è particolarmente marcato.

I rischi climatici non riguardano tutti i gruppi di popolazione nella stessa misura

Non tutti i gruppi di popolazione sono colpiti dai rischi climatici nella stessa misura. Nel complesso, tuttavia, è probabile che in Svizzera le vulnerabilità differiscano meno tra i gruppi di popolazione rispetto ad altri Paesi, poiché si applicano standard minimi per gli edifici, le carte di pericolo garantiscono un approccio uniforme all'utilizzazione di zone potenzialmente a rischio e le istituzioni statali funzionano bene in generale. È comunque importante analizzare l'impatto diversificato sui singoli gruppi di popolazione e integrare le conoscenze acquisite nel processo di gestione, impostandolo nel modo più inclusivo possibile. I rischi per la salute presentano notevoli differenze fra loro, in particolare quelli legati al caldo, che possono gravare in particolare sulle persone anziane, su quelle bisognose di cure o con malattie croniche, su donne incinte, bambini e neonati. Possono essere vulnerabili anche quei gruppi di popolazione che lavorano in settori economici particolarmente esposti, come il turismo invernale o il settore edile, le persone con mobilità ridotta o quelle con abilità linguistiche e di lettura limitate, meno in grado di reagire efficacemente a messaggi di allerta e di allarme per problemi di comprensione. Inoltre, potrebbero essere più colpite le famiglie a basso reddito, per le quali l'aumento dei costi energetici e della spesa alimentare, ad esempio, ha un'incidenza maggiore, o perché tali famiglie hanno meno opportunità di evitare lo stress da calore con le classiche «fughe dalla città» nei fine settimana.

Le combinazioni di pericoli amplificano i rischi climatici

I rischi climatici non sono solo una conseguenza di singoli pericoli, come il caldo, la siccità o le forti precipitazioni, piuttosto, i pericoli possono anche sovrapporsi nello spazio e nel tempo o verificarsi uno dopo l'altro. Combinazioni di tali pericoli sono, ad esempio, la concomitanza di caldo e siccità, che colpisce le colture agricole e causa danni alle foreste, le forti precipitazioni dopo la siccità, che rendono difficile l'assorbimento dell'acqua da parte del suolo, o la siccità ricorrente per diversi anni, che danneggia alcune specie arboree. Se non si presta sufficiente attenzione a queste interdipendenze, si rischia di sottovalutare i rischi complessivi.

Occorre dunque tenerne conto anche quando si affrontano i rischi climatici. I cambiamenti climatici possono amplificare rivendicazioni e conflitti nella gestione delle risorse naturali, come accade con l'uso della risorsa acqua in presenza di un regime di deflusso mutato. Le portate più elevate in inverno consentono una maggiore produzione idroelettrica. Contemporaneamente, si sta pensando sempre più spesso di utilizzare i bacini di accumulazione come serbatoi idrici per l'irrigazione durante i periodi di scarse precipitazioni in primavera e in estate, con l'obiettivo di armonizzare le diverse utilizzazioni in condizioni quadro mutate, tenendo conto delle loro interdipendenze.

Gli effetti dei cambiamenti climatici all'estero influenzano lo sviluppo economico della Svizzera

In quanto economia interconnessa che gestisce tutta una serie di relazioni economiche e politiche, la Svizzera è particolarmente coinvolta dai cambiamenti climatici che si verificano all'estero. I fattori climatici possono interagire con fattori non climatici, ad esempio le concentrazioni di mercato o gli sviluppi geopolitici, e manifestarsi in ritardi e problemi di fornitura, perdite di qualità, aumento dei prezzi per i prodotti importati, nonché in mercati di sbocco compromessi per i prodotti esportati e i servizi. Poiché questi cambiamenti climatici all'estero interessano il nucleo centrale dell'economia svizzera, il potenziale di danno è probabilmente maggiore di quello causato dai

cambiamenti climatici all'interno del Paese. Nel prossimo futuro non si prevedono vere e proprie difficoltà di approvvigionamento dovute al clima, poiché i partner commerciali più importanti dell'UE sono relativamente meno vulnerabili ai cambiamenti climatici e il rischio può essere attenuato attraverso catene commerciali diversificate o la sostituzione di beni. Si tratta tuttavia di rischi sistemici cui prestare un'attenzione crescente, dal momento che un'anomalia in un punto del sistema può avere conseguenze potenzialmente gravi sulle catene di fornitura e l'intero sistema.

I rischi difficili da valutare devono essere tenuti in considerazione

Oltre ai cambiamenti climatici da qui al 2060, che sono alla base delle sfide intersettoriali del capitolo 2, in condizioni climatiche mutate non si possono escludere futuri eventi inattesi, come eventi estremi, combinazioni di rischi o punti di non ritorno. Poiché tali eventi possono avere conseguenze di vasta portata anche per la Svizzera e un potenziale di danno significativamente più elevato, sarà importante effettuare «stress test» anche per questi rischi difficili da valutare. Occorre inoltre adottare misure appropriate per rafforzare la resistenza generale nonché la capacità di adattamento e di rigenerazione della società, dell'economia e dell'ambiente naturale.

Utilizzare l'analisi dei rischi climatici come base per l'adattamento

L'analisi dei rischi climatici mostra gli effetti attuali e futuri dei cambiamenti climatici, come pure quali rischi climatici sono importanti oggi e lo saranno domani. Dall'ultima analisi dei rischi del 2017, la percezione di determinati rischi si è accentuata e alcuni di questi hanno destato maggiore attenzione. A titolo di esempio si possono citare i rischi legati alla siccità, oggi classificati come più elevati, gli ecosistemi come le foreste, che probabilmente saranno colpiti dai cambiamenti climatici più del previsto, il settore energetico, che sta affrontando nuove sfide, l'interdipendenza economica con altri Paesi e i relativi rischi per il nostro benessere, che sono sempre più in evidenza. L'analisi dei rischi fornisce una base per pianificare l'adattamento ai cambiamenti climatici e aiuta a fissare le priorità nonché a utilizzare i mezzi in modo mirato. L'analisi chiarisce inoltre che l'adattamento può diminuire le vulnerabilità e in parte l'esposizione, riducendo in ultima analisi anche i rischi climatici, come dimostrano i primi successi di questo processo in vari settori. Tuttavia, sono necessarie ulteriori misure di adattamento ai cambiamenti climatici per ridurre al minimo i rischi futuri. La riduzione costante delle emissioni nette di gas serra a zero entro il 2050 rimane un obiettivo di primaria importanza per evitare gli effetti più gravi e potenzialmente incontrollabili.

Allegato

A1 Metodologia

Panoramica

L'obiettivo della metodologia alla base dell'analisi dei rischi climatici è quello di riprodurre nel modo più esaustivo possibile la complessa ed eterogenea matrice dei rischi legati ai cambiamenti climatici. L'approccio metodologico intende inoltre consentire una valutazione dei rischi climatici e dei loro effetti per la Svizzera. L'approccio metodologico scelto è descritto nel dettaglio in un rapporto separato in materia¹⁴⁴. Le linee generali della metodologia si richiamano alla prima analisi dei rischi climatici del 2017,

- ossia un procedimento semiquantitativo basato su criteri per convertire i vari effetti dei cambiamenti climatici in una metrica comune.
- Il coinvolgimento iterativo di esperti assicura che i risultati e i messaggi principali siano ampiamente supportati e consolidati.
- Inoltre, in linea con il principio di prevenzione, l'analisi continua a fare riferimento a uno scenario di emissione RCP8.5, in cui cioè non si adottano provvedimenti per il clima.
- Infine, i rischi climatici e le opportunità legate al clima sono analizzati da due punti di vista: da un lato si esaminano la rilevanza dei rischi e delle opportunità nel contesto attuale, dall'altro i cambiamenti attesi da qui al 2060.

Le quattro tappe dell'analisi dei rischi climatici che riportiamo qui di seguito:

1. Identificazione dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima
2. Analisi dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima
3. Valutazione dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima
4. Rappresentazione dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima

Identificazione dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima

L'analisi dei rischi climatici del 2017 contiene un elenco di 49 rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici, a loro volta suddivisi in circa 150 rischi e opportunità parziali, che sono stati sottoposti a una revisione e un aggiornamento. Attraverso interviste e confronti con le analisi dei rischi climatici di altri Paesi si sono creati nuovi raggruppamenti di rischi e opportunità e si sono aggiunti ulteriori rischi. Analogamente al 2017, nella presente analisi i rischi e le opportunità sono suddivisi come di seguito riportato (Tabella 1).

Tabella 1

Classificazione dei rischi e delle opportunità nell'analisi dei rischi climatici

Le sfide intersettoriali	si collocano al primo posto della classifica. Si tratta di effetti generali dei cambiamenti climatici che incidono su diversi settori. Esempio: «Crescente stress da calore».
I rischi climatici e le opportunità legate al clima	sono di volta in volta attribuiti a una sfida intersettoriale. Si tratta di rischi e opportunità generali che riguardano uno o più settori. La valutazione e la definizione delle priorità avvengono a questo livello. Esempio: «Ripercussioni sulla salute umana e sul benessere dovute al caldo».
I rischi e le opportunità parziali	specificano i rischi climatici e le opportunità legate al clima, come pure descrivono meccanismi d'azione concreti o il coinvolgimento di singoli settori. Tali rischi e opportunità parziali sono funzionali alla comprensione, ma la loro valutazione e la definizione delle priorità non avvengono separatamente. Esempio: «Decessi dovuti al caldo».

Non tutti i rischi e le opportunità rientrano nella gerarchia summenzionata, poiché non sono attribuibili a un'unica sfida intersettoriale, ma sono la conseguenza di una serie di sfide che interagiscono tra loro. Valutare questi rischi con la stessa metodologia e le stesse scale non

è opportuno, per cui, data la loro complessità, vengono descritti sul piano qualitativo e in alcuni casi spiegati solo a titolo di esempio. Nello specifico, si tratta dei rischi legati ai cambiamenti climatici all'estero e dei rischi difficili da valutare.

Analisi dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima

L’approccio metodologico si concentra sulle analisi dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima, a loro volta basate su un’ampia ricerca bibliografica, sugli scenari climatici per la Svizzera CH2018 e sulle conoscenze acquisite attraverso i colloqui con 46 esperti. Gli esperti provengono da istituti di ricerca, uffici di ingegneria, uffici federali e amministrazioni cantonali di

diverse regioni della Svizzera; sono stati altresì coinvolti rappresentanti di settori economici, come le assicurazioni e il commercio al dettaglio (v. all. 3).

L’analisi dei rischi e delle opportunità si basa sulla definizione di rischio secondo l’IPCC, che comprende le tre componenti «segnale climatico» (o pericolosità), «esposizione» e «vulnerabilità», il cui prodotto è il rischio (Tabella 2).

Tabella 2
Applicazione della definizione di rischio secondo l’IPCC nell’analisi dei rischi climatici

Il segnale climatico (per l’IPCC «hazard» o pericolosità)	descrive l’impatto già esistente e i cambiamenti climatici attesi. Nell’analisi dei rischi climatici si usa «segnale climatico» al posto di «pericolosità» affinché la terminologia possa essere applicata anche alle opportunità legate al clima. Tanto più è intenso il segnale, quanto maggiore tende a essere il rischio climatico o l’opportunità legata al clima.
L’esposizione (per l’IPCC «Exposure»)	descrive la distribuzione spaziale di persone, beni materiali, infrastrutture critiche, superfici agricole ed ecosistemi che potrebbero essere interessati da un segnale climatico. Tanto più è ampia l’esposizione, quanto maggiore tende a essere il rischio climatico o l’opportunità legata al clima. Per quanto possibile, nel descrivere la futura esposizione si è fatto riferimento a statistiche e scenari. Sono stati utilizzati gli scenari di riferimento della Confederazione, come quello per l’evoluzione demografica dell’Ufficio federale di statistica o la variante di base per lo sviluppo del mix elettrico in Svizzera secondo le Prospettive energetiche 2050+ dell’Ufficio federale dell’energia.
La vulnerabilità (per l’IPCC «Vulnerability»)	descrive la misura in cui un segnale climatico si traduce in un effetto in presenza di un’esposizione. La vulnerabilità dipende principalmente dalla sensibilità di un sistema (o, nel caso di opportunità legate al clima, dalle possibilità di sfruttare potenziali vantaggi). Tanto più è elevata la vulnerabilità, quanto maggiore tende a essere il rischio climatico o l’opportunità legata al clima. Anche le capacità di gestione e di adattamento influenzano la vulnerabilità (e in parte anche l’esposizione). Poiché è difficile stimare la futura capacità di adattamento o le misure di adattamento che saranno adottate per ridurre la vulnerabilità, vengono prese in considerazione solo le misure già consolidate, come la gestione dei rischi naturali. Si presume che queste misure verranno portate avanti e contribuiranno a ridurre i rischi anche in futuro. Quelle che a oggi sono state giudicate troppo costose o che non sono ancora tecnicamente attuabili, non sono incluse nell’analisi dei rischi climatici.

Le conoscenze acquisite durante i colloqui con gli esperti nonché nel corso di due workshop specifici (sicurezza dell'approvvigionamento alimentare a fronte dei cambiamenti climatici, sicurezza dell'approvvigionamento elettrico a fronte dei cambiamenti climatici) sono state integrate anche nell'analisi dei rischi climatici all'estero e dei rischi difficili da valutare. Tuttavia, a differenza degli altri rischi climatici e delle opportunità legate al clima, questi rischi non vengono valutati.

Lo stesso vale per gli effetti dei cambiamenti climatici su determinati gruppi di popolazione, descritti solo in termini qualitativi. Gli effetti non colpiscono tutti nella stessa misura. I fattori che accentuano l'impatto sulle persone sono molto eterogenei e possono riguardare l'età, lo stato di salute, il sesso, l'occupazione, lo stato socioeconomico o il luogo di residenza.

Valutazione dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima

Per poter confrontare rischi e opportunità, le rispettive descrizioni vengono convertite in valutazioni da - 1 a + 5 (o da + 1 a + 5 per le opportunità). Analogamente alle analisi dei rischi climatici di altri Paesi, le valutazioni non sono rese strettamente operative attraverso valori soglia, in quanto si tiene conto dell'eterogeneità e della complessità dei rischi nonché delle loro interazioni. Si utilizza invece un approccio che consente di convertire una base di dati eterogenea e un'ampia varietà di rischi e opportunità in valutazioni semi-quantitative. Una prima stima delle valutazioni secondo la scala di cui alla Tabella 3 è stata fatta sulla base dell'analisi di segnale climatico, esposizione e vulnerabilità e delle valutazioni dell'analisi dei rischi climatici del 2017. Successivamente, le valutazioni sono state costantemente affinate attraverso varie fasi di revisione con il coinvolgimento di esperti, verificandone la coerenza mediante confronti incrociati tra i vari rischi e opportunità.

Tabella 3

Scala per la valutazione qualitativa dei rischi climatici (le opportunità vengono valutate in modo analogo, utilizzando però una scala da + 1 a + 5)

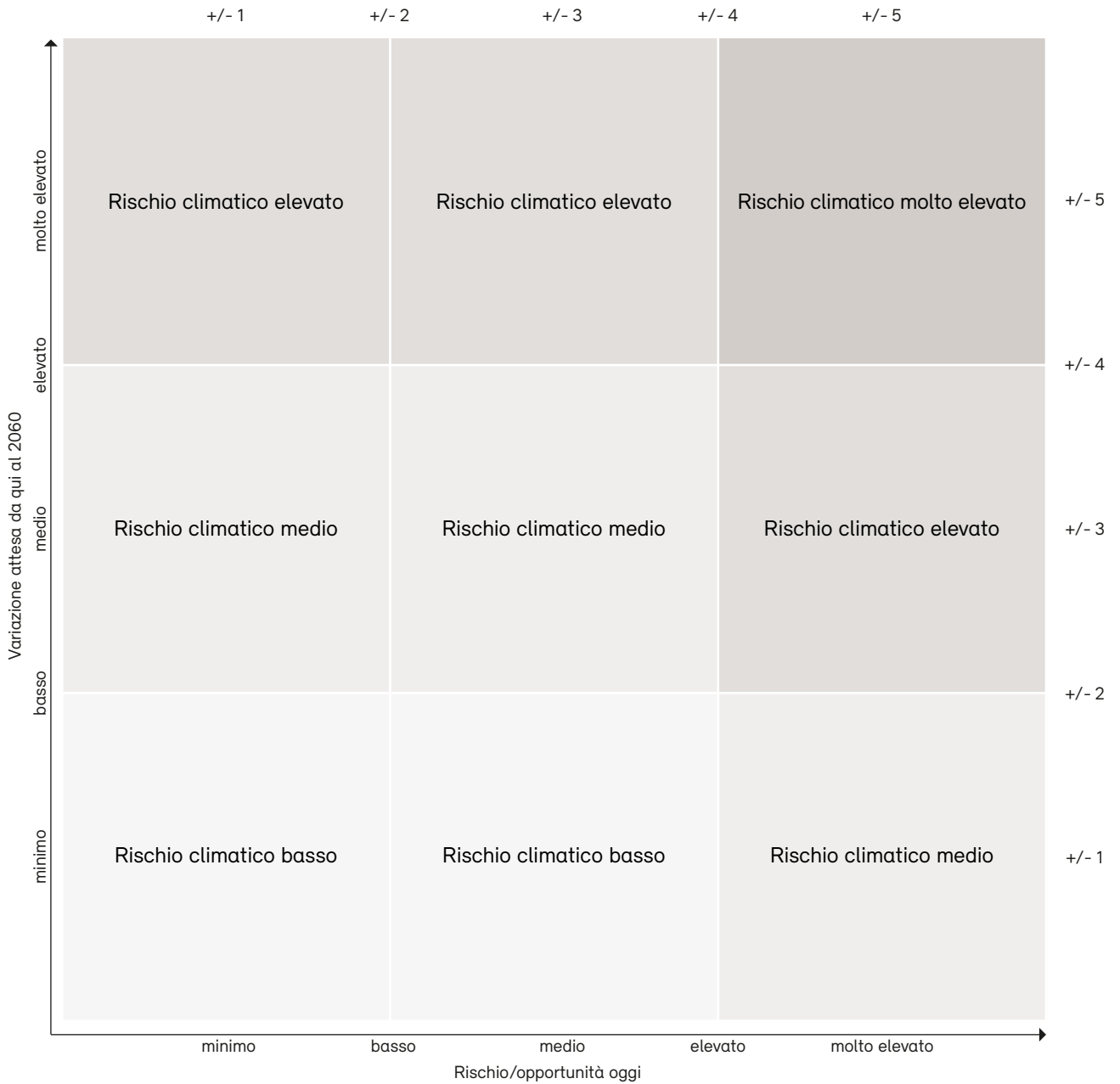
	Designazione	Valore	Valutazione qualitativa
Rischio/opportunità oggi	Rischio molto elevato	- 5	Segnale climatico attuale già molto forte (o pericolo esistente molto elevato), combinato con esposizione / vulnerabilità elevata
	Rischio elevato	- 4	Segnale climatico attuale già forte (o pericolo esistente elevato), combinato con esposizione / vulnerabilità elevata
	Rischio medio	- 3	Segnale climatico attuale già forte (o pericolo esistente elevato), combinato con esposizione / vulnerabilità media
	Rischio basso	- 2	Segnale climatico attuale medio (o pericolo esistente medio), combinato con esposizione / vulnerabilità bassa
	Rischio molto basso	- 1	Segnale climatico piuttosto debole (o pericolo esistente piuttosto basso), combinato con esposizione / vulnerabilità bassa
Cambiamenti entro il 2060	Aumento molto consistente del rischio	- 5	Segnale climatico in forte aumento entro il 2060 (cioè pericolo supplementare molto elevato), combinato con aumento molto consistente di esposizione / vulnerabilità
	Aumento consistente del rischio	- 4	Segnale climatico in aumento entro il 2060 (cioè pericolo supplementare elevato), combinato con aumento consistente di esposizione / vulnerabilità
	Aumento moderato del rischio	- 3	Segnale climatico in aumento entro il 2060 (cioè pericolo supplementare elevato), combinato con aumento moderato di esposizione / vulnerabilità
	Aumento lieve del rischio	- 2	Segnale climatico in moderato aumento entro il 2060 (cioè pericolo supplementare medio), combinato con aumento lieve di esposizione / vulnerabilità
	Aumento molto lieve del rischio	- 1	Segnale climatico in minimo aumento entro il 2060 (cioè pericolo supplementare minimo), combinato con aumento lieve di esposizione / vulnerabilità

Rappresentazione dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima

Per una migliore comparabilità, i singoli rischi derivanti dai cambiamenti climatici vengono posizionati bidimensionalmente nelle cosiddette matrici a 9 campi (fig. 10). Gli assi riportano le valutazioni dei rischi (da - 1 a - 5) o delle opportunità (da + 1 a + 5).

- **L'asse delle ascisse rappresenta la situazione di rischio attuale**, con i rischi e le opportunità che già oggi sono significativi situati più a destra nella matrice.
- **L'asse delle ordinate mostra la dinamica dei cambiamenti da qui al 2060**, con i rischi e le opportunità per cui si attendono variazioni rilevanti situati più in alto nella matrice.

Figura 10
Rappresentazione dei rischi climatici nella matrice a 9 campi



Sono considerati *rischi climatici molto elevati* quelli che attualmente sono già di grande o grandissima entità e per i quali da qui al 2060 sono attese variazioni rilevanti o molto rilevanti. I *rischi climatici elevati* sono quelli che attualmente sono già di grande o grandissima entità e per i quali sono attese variazioni poco o mediamente rilevanti. Sono considerati tali anche quei rischi che, sebbene oggi siano ancora classificati come molto bassi o medi, da qui al 2060 potrebbero essere soggetti a variazioni rilevanti o molto rilevanti. I *rischi climatici medi* sono quelli che attualmente sono già di grande o grandissima entità e per i quali sono attese soltanto variazioni molto poco rilevanti oppure quelli che sono classificati oggi da molto bassi a medi e per i quali anche le variazioni attese vanno da poco a mediamente rilevanti. Infine, sono considerati *rischi climatici bassi* quelli che attualmente sono classificati da molto bassi a medi e per i quali le variazioni attese da qui al 2060 sono molto poco rilevanti. Le opportunità sono classificate in modo analogo, ossia per opportunità molto grande s'intende una che attualmente è già di grande o grandissima entità e per la quale sono attese variazioni rilevanti o molto rilevanti. Nel rapporto sull'analisi dei rischi climatici sono descritti i rischi e le opportunità classificati almeno come medi.

A2 Elenco completo di tutti i rischi climatici e delle opportunità legate al clima

Di seguito una panoramica dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima con i relativi rischi e opportunità parziali per le sfide intersettoriali all'interno della Svizzera, dei rischi legati ai cambiamenti climatici all'estero e dei rischi dovuti a eventi inattesi e rischi combinati. Sono riportate anche le denominazioni brevi utilizzate nella matrice a 9 campi (9FM).

Rischi climatici	Rischi parziali
	Crescente stress da calore
Ripercussioni sulla salute umana e sul benessere dovute al caldo 9FM: Ripercussioni sulla salute umana (caldo)	• Decessi causati dal caldo • Compromissione dello stato di salute a causa del caldo (incl. ammissioni in pronto soccorso) • Compromissione del benessere e della salute mentale a causa del caldo • Aumento del rischio di cancro alla pelle dovuto al caldo • Aumento del rischio di incidenti in seguito alla maggiore attività di balneazione durante i periodi di canicola
Riduzione delle prestazioni a causa del caldo 9FM: Riduzione delle prestazioni (caldo)	• Cali della produttività sul lavoro e nella formazione a causa del caldo • Interruzioni dell'esercizio dovute al caldo e limitazione delle attività economiche esposte al caldo
Ripercussioni sulla salute degli animali da reddito dovute al caldo 9FM: Ripercussioni sulla salute degli animali (caldo)	• Decessi di animali da reddito dovuti al caldo • Ripercussioni sul benessere degli animali da reddito dovute al caldo • Perdite di resa nella fabbricazione di prodotti animali dovute al caldo • Comparsa di zoonosi negli animali da reddito durante i periodi di canicola
Ripercussioni sull'approvvigionamento elettrico a causa del caldo 9FM: Ripercussioni sull'approvvigionamento elettrico (caldo)	• Limitazione delle centrali termiche a causa della ridotta capacità di acqua di raffreddamento durante i periodi di canicola • Ripercussioni sulla sicurezza dell'approvvigionamento della rete elettrica a causa del caldo • Limitazione dei processi industriali a causa della ridotta capacità di acqua di raffreddamento durante i periodi di canicola
Perdite di resa agricola dovute al caldo 9FM: Perdite di resa agricola (caldo)	• Perdite di raccolto agricolo dovute al caldo • Bruciature alle piante dovute all'irrigazione durante i periodi di canicola • Danni da gelo causati da periodi caldi seguiti da gelate in primavera • Perdite di qualità nelle rese agricole dovute al caldo
Ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco a causa del caldo 9FM: Ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco (caldo)	• Diminuzione del potenziale di utilizzo del legno e mutamento della composizione di specie arboree a causa del caldo • Ripercussioni sull'effetto protettivo del bosco a causa del caldo • Diminuzione della funzione ricreativa del bosco e maggiori costi per il disboscamento preventivo a causa del caldo
Ripercussioni sulle infrastrutture di trasporto a causa del caldo 9FM: Ripercussioni sulle infrastrutture di trasporto (caldo)	• Ripercussioni sulle infrastrutture di trasporto e ritardi associati a causa del caldo • Ripercussioni sulle infrastrutture di comunicazione a causa del caldo (ad es. centro server)

Rischi climatici	Rischi parziali
Aumento della siccità estiva	
Perdite di resa agricola dovute alla siccità 9FM: Perdite di resa agricola (siccità)	• Perdite di raccolto dovute alla siccità • Mutamento dell'idoneità al sito e spostamento di zone di coltivazione • Perdite di qualità nelle rese agricole dovute alla siccità
Danni materiali e ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco in seguito a incendi boschivi causati dalla siccità 9FM: Danni causati da incendi boschivi	• Ripercussioni sull'effetto protettivo del bosco a causa di incendi boschivi • Diminuzione del potenziale di utilizzo del legno a causa di incendi boschivi • Diminuzione della funzione ricreativa del bosco a causa di incendi boschivi • Danni a edifici e infrastrutture causati da incendi boschivi • Danni a infrastrutture energetiche causati da incendi boschivi • Ripercussioni sulla qualità dell'aria in seguito a incendi boschivi
Scarsità di acqua nell'approvvigionamento idrico pubblico dovuta alla siccità 9FM: Ripercussioni sull'approvvigionamento idrico	• Scarsità di acqua nell'approvvigionamento idrico pubblico dovuta alla siccità • Scarsità di acqua nell'approvvigionamento idrico pubblico per la diminuzione della qualità dell'acqua dovuta alla siccità
Scarsità di acqua nei bacini di accumulazione dovuta alla siccità 9FM: Scarsità di acqua nei bacini di accumulazione	• Limitazione della produzione idroelettrica estiva a causa della siccità • Riduzione delle riserve di energia elettrica per l'inverno a causa della siccità e delle mutate esigenze di utilizzazione nelle estati secche
Ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco a causa della siccità 9FM: Ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco (siccità)	• Diminuzione del potenziale di utilizzo del legno e mutamento della composizione di specie arboree a causa della siccità • Ripercussioni sull'effetto protettivo del bosco a causa della siccità • Diminuzione della funzione ricreativa del bosco e maggiori costi per il disboscamento preventivo a causa della siccità
Limitazione della navigazione a causa della siccità 9FM: Limitazione della navigazione	• Limitazione della navigazione sul Reno in seguito all'abbassamento del livello dell'acqua dovuto alla siccità • Ripercussioni sulle infrastrutture di approdo in seguito all'abbassamento del livello dell'acqua dovuto alla siccità

Rischi climatici	Rischi parziali
Aumento del potenziale di pericolo	
Danni alle persone causati da eventi di piena su aree estese 9FM: Danni alle persone causati dalle piene	• Decessi, lesioni e richieste di sostegno in seguito a eventi di piena
Danni materiali causati da eventi di piena su aree estese 9FM: Danni materiali causati dalle piene	• Danni agli edifici causati dalle piene • Danni alle infrastrutture di comunicazione causati dalle piene • Danni alle infrastrutture di trasporto e ai veicoli causati dalle piene • Danni alle infrastrutture di approvvigionamento energetico causati dalle piene • Danni agli impianti idroelettrici causati dal maggiore trasporto solido di fondo e in sospensione in seguito a piene e ruscellamento superficiale • Danni alle infrastrutture idriche causati dalle piene • Danni ai beni culturali, agli spazi ricreativi e alle infrastrutture turistiche causati dalle piene
Interruzioni dell'esercizio causate da eventi di piena su aree estese 9FM: Interruzioni dell'esercizio causate da eventi di piena	• Interruzioni dell'esercizio e perdite economiche causate da piene e ruscellamento superficiale • Limitazione della produzione idroelettrica causata da piene e ruscellamento superficiale
Danni materiali causati da ruscellamento superficiale e piene a livello locale 9FM: Danni materiali causati da ruscellamento superficiale	• Danni agli edifici causati da ruscellamento superficiale • Danni alle infrastrutture di trasporto e ai veicoli causati da ruscellamento superficiale • Danni alle colture agricole ed erosione causati da ruscellamento superficiale
Interruzioni dell'esercizio causate da ruscellamento superficiale e piene a livello locale 9FM: Interruzioni dell'esercizio causate da ruscellamento superficiale	• Interruzioni dell'esercizio e perdite economiche causate da piene e ruscellamento superficiale • Limitazione della produzione idroelettrica causata da piene e ruscellamento superficiale
Danni alle persone causati da movimenti di versante 9FM: Danni alle persone causati da movimenti di versante	• Decessi, lesioni e richieste di sostegno in seguito a movimenti di versante
Danni materiali e costi di manutenzione causati da movimenti di versante 9FM: Danni materiali causati da movimenti di versante	• Danni agli edifici causati da movimenti di versante • Danni alle infrastrutture di comunicazione causati da movimenti di versante • Danni alle infrastrutture di trasporto e ai veicoli causati da movimenti di versante • Danni alle infrastrutture di approvvigionamento energetico causati da movimenti di versante • Danni ai beni culturali e alle infrastrutture turistiche causati da movimenti di versante • Maggiori costi di manutenzione per l'aumento dei depositi di materiale solido di fondo e sedimenti causato da movimenti di versante • Ridotta capacità di ritenzione dei bacini di accumulazione per l'aumento dei depositi di materiale solido di fondo e sedimenti causato da movimenti di versante
Interruzioni dell'esercizio causate da movimenti di versante 9FM: Interruzioni dell'esercizio causate da movimenti di versante	• Interruzioni dell'esercizio e perdite economiche causate da movimenti di versante • Limitazione della produzione idroelettrica causata da movimenti di versante
Danni alle persone causati da grandine e tempeste 9FM: Danni alle persone causati da grandine / tempeste	• Decessi, lesioni e richieste di sostegno in seguito a grandinate e attività temporalesca

Rischi climatici	Rischi parziali
Aumento del potenziale di pericolo	
Danni materiali causati da grandine e tempeste 9FM: Danni materiali causati da grandine / tempeste	• Danni agli edifici causati da attività temporalesca • Danni alle infrastrutture di comunicazione causati da attività temporalesca • Danni alle infrastrutture di trasporto e ai veicoli causati da attività temporalesca • Danni alle infrastrutture di approvvigionamento energetico causati da attività temporalesca • Danni alle foreste causati da attività temporalesca • Danni alle colture agricole e alle/nelle serre causati da attività temporalesca • Minore efficienza e danni agli impianti eolici causati da attività temporalesca • Danni agli spazi ricreativi di prossimità (in particolare boschi) causati da attività temporalesca • Danni agli edifici causati dalla grandine • Danni ai veicoli causati dalla grandine • Danni alle colture agricole e alle/nelle serre causati dalla grandine
Interruzioni dell'esercizio causate da grandine e tempeste 9FM: Interruzioni dell'esercizio causate da grandine / tempeste	• Interruzioni dell'esercizio e perdite economiche causate da grandinate e attività temporalesca

Rischi climatici/opportunità legate al clima	Rischi/opportunità parziali
Aumento delle temperature medie	
Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento grazie a inverni più miti 9FM: Risparmio di energia per il riscaldamento	• Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento grazie all'innalzamento della temperatura media
Aumento delle rese agricole grazie a una primavera e a un autunno più miti 9FM: Aumento delle rese agricole	• Aumento delle rese agricole grazie alla coltivazione di nuove varietà (ad es. nella viticoltura) • Aumento delle rese agricole grazie all'innalzamento della temperatura media • Aumento della disponibilità di biomassa per scopi energetici grazie all'innalzamento della temperatura media
Perdita di introiti per il turismo invernale in seguito a inverni più miti 9FM: Perdita di introiti per il turismo invernale	• Interruzioni dell'esercizio e perdite economiche nel turismo causate da scarsità di neve • Mancanza di motivazione per gli sport invernali in seguito alla potenziale scomparsa del paesaggio invernale nell'Altopiano per l'innalzamento del limite delle nevicate
Aumento degli introiti nel turismo durante tutto l'anno grazie alle temperature più miti 9FM: Aumento degli introiti nel turismo durante tutto l'anno	• Aumento degli introiti nel turismo estivo grazie al minor numero di giorni di pioggia, alle temperature più elevate e alla stagione più lunga • Aumento dell'attrattiva delle regioni di montagna durante i periodi di canicola • Aumento dell'attrattiva delle regioni lacustri durante i periodi di canicola
Aumento della produzione di elettricità in inverno grazie a inverni più miti 9FM: Aumento della produzione di elettricità in inverno	• Aumento della produzione idroelettrica in inverno grazie all'innalzamento del limite delle nevicate • Aumento della produzione di energia solare e termica grazie alla minore durata della copertura nevosa
Diminuzione dei costi di costruzione e manutenzione delle infrastrutture grazie a inverni più miti 9FM: Diminuzione dei costi per la manutenzione delle infrastrutture in inverno	• Diminuzione dei costi del servizio invernale grazie all'innalzamento del limite delle nevicate • Diminuzione dei danni da valanghe nonché dei danni alle infrastrutture causati dalla pressione della neve grazie all'innalzamento del limite delle nevicate • Diminuzione dei danni da gelo alle infrastrutture di trasporto e ai veicoli nonché diminuzione dei costi di costruzione e manutenzione grazie all'innalzamento del limite delle nevicate • Diminuzione dei danni da gelo agli edifici nonché diminuzione dei costi di costruzione e manutenzione grazie all'innalzamento del limite delle nevicate • Diminuzione dei danni da gelo alle infrastrutture idriche nonché diminuzione dei costi di costi di costruzione e manutenzione grazie all'innalzamento del limite delle nevicate
Miglioramento della sicurezza stradale grazie a inverni più miti 9FM: Miglioramento della sicurezza stradale in inverno	• Diminuzione degli incidenti su carreggiate e marciapiedi coperti di neve grazie all'innalzamento del limite delle nevicate

Rischi climatici	Rischi/opportunità parziali
Crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie	
Ripercussioni su zone umide, ecosistemi acquatici e sui loro servizi 9FM: Ripercussioni sugli ecosistemi acquatici	• Ripercussioni sugli ecosistemi acquatici a causa di temperature dell'acqua più elevate durante i periodi di canicola • Ripercussioni sugli ecosistemi acquatici a causa di temperature più miti e alla mancanza di circolazione nei laghi • Ripercussioni sugli ecosistemi acquatici a causa della siccità • Ripercussioni sugli ecosistemi acquatici in seguito alla comparsa di specie invasive e organismi nocivi • Ripercussioni sulla qualità dell'acqua in seguito alla presenza di cianobatteri nocivi per la salute nelle acque di balneazione durante i periodi di canicola • Ripercussioni sulla qualità dell'acqua in seguito alla minore diluizione degli inquinanti a causa della siccità • Ripercussioni sulla qualità dell'acqua causate dalle acque di scarico in seguito a immissioni da canalizzazioni e bacini di chiarificazione sovraccarichi in caso di forti precipitazioni • Ripercussioni sulla qualità dell'acqua in seguito al dilavamento di prodotti fitosanitari, altre sostanze tossiche o materiale organico in caso di forti precipitazioni
Ripercussioni sugli ecosistemi forestali e sui loro servizi 9FM: Ripercussioni sugli ecosistemi forestali	• Ripercussioni sugli ecosistemi forestali a causa del caldo • Ripercussioni sugli ecosistemi forestali causate dalla degradazione accelerata dell'humus in seguito alle temperature più elevate • Ripercussioni sugli ecosistemi forestali a causa della siccità • Ripercussioni sugli ecosistemi forestali in seguito a incendi boschivi • Ripercussioni sugli ecosistemi forestali in seguito alla comparsa di specie invasive e organismi nocivi
Ripercussioni sugli ecosistemi alpini e sui loro servizi 9FM: Ripercussioni sugli ecosistemi alpini	• Ripercussioni sugli ecosistemi alpini a causa del caldo • Ripercussioni sugli ecosistemi alpini dovuto allo spostamento a quote più alte in seguito alle temperature più miti • Ripercussioni sugli ecosistemi alpini a causa della siccità • Ripercussioni sugli ecosistemi alpini in seguito alla comparsa di specie invasive e organismi nocivi • Nascita di nuovi habitat in previsione del ritiro dei ghiacciai
Ripercussioni sugli ecosistemi e sui loro servizi nei terreni agricoli e nello spazio urbano 9FM: Ripercussioni sugli ecosistemi del paesaggio rurale	• Ripercussioni sugli ecosistemi terrestri a causa del caldo • Ripercussioni sugli ecosistemi terrestri a causa della siccità • Ripercussioni sugli ecosistemi terrestri in seguito alla comparsa di specie invasive e organismi nocivi • Ripercussioni sulla fertilità del suolo dovute alla degradazione accelerata dell'humus in seguito alle temperature più miti • Ripercussioni sulla fertilità del suolo dovute all'erosione in caso di forti precipitazioni • Ripercussioni sulla fertilità del suolo dovute all'inquinamento in caso di forti precipitazioni
Ripercussioni sulla salute umana e sul benessere dovute a vettori di malattie e piante allergeniche 9FM: Ripercussioni sulla salute umana (organismi nocivi)	• Diffusione di piante allergeniche e prolungamento della stagione dei pollini • Diffusione di zecche a quote più alte • Comparsa di malattie vettoriali sensibili al clima • Presenza di zanzare fastidiose che disturbano il benessere delle persone • Comparsa di malattie sensibili al clima e trasmesse attraverso l'acqua e gli alimenti in seguito alle temperature più elevate
Ripercussioni sulla salute degli animali da reddito dovute a vettori di malattie e specie invasive 9FM: Ripercussioni sulla salute degli animali (organismi nocivi)	• Ripercussioni sulla salute degli animali da reddito dovute a malattie vettoriali sensibili al clima • Ripercussioni sulla salute degli animali da reddito dovute a specie invasive • Comparsa di malattie sensibili al clima e trasmesse attraverso l'acqua e gli alimenti per animali

Rischi climatici	Rischi/opportunità parziali
Crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie	
Perdite di resa agricola dovute a organismi nocivi e specie invasive 9FM: Perdite di resa agricola (organismi nocivi)	• Perdite di resa agricola dovute a organismi nocivi e specie invasive
Ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco in seguito alla comparsa di organismi nocivi e specie invasive 9FM: Ripercussioni sui servizi ecosistemici del bosco (organismi nocivi)	• Ripercussioni sulla funzione protettiva del bosco in seguito alla comparsa di organismi nocivi e specie invasive • Ripercussioni sul potenziale di utilizzo del legno e mutamento della composizione di specie arboree in seguito alla comparsa di organismi nocivi • Ripercussioni sulla funzione ricreativa del bosco e maggiori costi per il disboscamento preventivo in seguito alla comparsa di organismi nocivi
Ripercussioni sull'attrattiva del paesaggio 9FM: Ripercussioni sul paesaggio	• Mutamento dell'attrattiva del paesaggio dovuto alla crescente mancanza di copertura nevosa • Mutamento dell'attrattiva del paesaggio dovuto al ritiro dei ghiacciai in alta montagna • Mutamento dell'attrattiva del paesaggio dovuto all'innalzamento del limite del bosco • Mutamento dell'attrattiva del paesaggio dovuto a prati e boschi aridi • Mutamento dell'attrattiva del paesaggio dovuto alla modifica delle associazioni vegetali • Mutamento dell'attrattiva del paesaggio dovuto a fiumi e laghi prosciugati

Rischi climatici	Rischi parziali
Rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero	
Rischi per le catene di fornitura internazionali derivanti dai cambiamenti climatici all'estero	• Aumento della volatilità dei prezzi delle importazioni dovuto agli effetti dei cambiamenti climatici all'estero • Aumento dei costi di trasporto dovuto ai danni subiti dalle infrastrutture all'estero a causa del clima • Ripercussioni sulla disponibilità e sulla qualità dei beni importati a causa degli effetti dei cambiamenti climatici all'estero • Ripercussioni sull'approvvigionamento di beni critici come derrate alimentari, medicinali o componenti tecnici a causa degli effetti dei cambiamenti climatici all'estero • Modifica delle condizioni di vendita e perdite di guadagno per prodotti e servizi realizzati in Svizzera a causa degli effetti dei cambiamenti climatici all'estero
Rischi per i sistemi infrastrutturali transfrontalieri derivanti dai cambiamenti climatici all'estero	• Danni e maggiori sollecitazioni delle infrastrutture transfrontaliere di trasporto, elettricità, energia, comunicazione e mediche a causa degli effetti dei cambiamenti climatici all'estero • Interruzioni dell'approvvigionamento nei sistemi infrastrutturali critici a causa degli effetti dei cambiamenti climatici all'estero
Rischi per il sistema finanziario globale derivanti dai cambiamenti climatici all'estero	• Perdite di produzione e di cifra d'affari nonché danni fisici agli oggetti d'investimento e relativi rischi d'investimento a causa dei cambiamenti climatici all'estero • Ripercussioni a cascata e instabilità sui mercati immobiliari e assicurativi a causa degli effetti dei cambiamenti climatici all'estero • Diminuzione della crescita economica e della stabilità del sistema finanziario a causa dei cambiamenti climatici all'estero
Rischi per la sicurezza e la stabilità internazionali derivanti dai cambiamenti climatici all'estero	• Aumento della domanda di aiuti in caso di catastrofi e di cooperazione allo sviluppo in seguito alla messa in pericolo delle basi vitali di gruppi di popolazione vulnerabili e/o a rischio di povertà all'estero • Aumento dei flussi migratori globali in seguito alla messa in pericolo delle basi vitali di gruppi di popolazione vulnerabili e/o a rischio di povertà all'estero • Intensificazione delle situazioni di conflitto a causa dei cambiamenti climatici ed effetti associati sulla stabilità politica e la sicurezza internazionale

Rischi climatici	Rischi parziali
Eventi inattesi e rischi combinati	
Rischi dovuti a eventi inattesi e rischi combinati	• Effetti significativi dovuti a eventi particolarmente estremi che superano di molto l'intensità dei valori finora misurati
	• Ripercussioni significative sulla salute umana in seguito alla comparsa di nuove malattie precedentemente sconosciute e di nuove piante allergeniche
	• Ripercussioni significative sulle colture agricole e sulla produzione animale in seguito alla comparsa di nuovi organismi nocivi e alla diffusione di nuove malattie
	• Ripercussioni significative sulla biodiversità in seguito alla comparsa di nuove specie invasive
	• Danni ingenti alle foreste causati dalla diffusione di nuovi organismi nocivi e malattie
	• Danni ingenti causati dalla sequenza critica di diversi pericoli o dalla concentrazione straordinaria di uno stesso pericolo
	• Danni ingenti causati da conseguenze non ancora stimabili delle catene di causa ed effetto rappresentate da cambiamenti climatici–pericoli naturali (compresi nuovi modelli di processo)
	• Danni ingenti causati da modifiche del potenziale di rigenerazione delle zone interessate da pericoli naturali
	• Ripercussioni significative sulle basi vitali in seguito all'imprevisto collasso simultaneo di più infrastrutture critiche
	• Danni significativi causati da punti di non ritorno nel sistema climatico che provocano cambiamenti nella circolazione e nei modelli meteorologici
	• Effetti significativi sulla biodiversità e/o sui servizi ecosistemici in seguito al superamento di punti di non ritorno degli ecosistemi
	• Effetti significativi in seguito al superamento di punti di non ritorno a livello sociale

A3 Elenchi

A3.1 Esperti coinvolti

Le persone indicate di seguito hanno contribuito all'analisi dei rischi con le loro conoscenze e le loro valutazioni. A loro va il sentito ringraziamento dell'UFAM e degli autori per l'impegno dimostrato.

- Adey Bryan (PF Zurigo)
- Arendt Frank (Migros)
- Bischof Angelika (UFPP)
- Bischof Vincenz (UFPP)
- Björnsen Astrid (WSL)
- Bloin-Wibe Luna (PF Zurigo)
- Bolliger-Maiolino Conradin (réservesuisse)
- Brandes Julia (EBP)
- Brem Stefan (UFPP)
- Bresch David (PF Zurigo)
- Brown Samuel (Celsius Pro)
- Burri Elena (UFE)
- Calanca Pierluigi (Agroscope)
- Caprez Riccarda (DFAE)
- Conedera Marco (WSL)
- Corger-Lattion Mireille (SECO)
- Corti Thierry (Swiss Re)
- Croci-Maspoli Mischa (MeteoSvizzera)
- Cuche Alain (USTRA)
- De-Sassi Claudio (UFAM)
- Evers Frederic (PF Zurigo)
- Fauvain Hervé (Cantone di Ginevra)
- Felder Daniel (UFAG)
- Fischer Andreas (MeteoSvizzera)
- Fischer Erich (PF Zurigo)
- Fontaine Delia (Cantone di Ginevra)
- Fürer Stephanie (UFAB)
- Fussen Denise (EBP)
- Geisser Tobias (Migros)
- Gerber Basil (UFAM)
- Gicquel Guirec (UFAM)
- Gicquel Melanie (ARE)
- Graff Dominique (Cantone di San Gallo)
- Gregori Sascha (Cantone dei Grigioni)
- Grob Ueli (SECO)
- Gubler Lena (WSL)
- Gumy Damien (Cantone di Ginevra)
- Hählen Nils (Cantone di Berna)
- Hama Michiko (MeteoSvizzera)
- Heer Ines (UFAG)
- Hohl Bernhard (UFE)
- Holthausen Niels (Cantone di Zurigo)
- Huber Nina (UFSP)
- Jenni Robert (UFAM)
- Jöckel Andreas (ECom)
- Jordi Martin (AICA)
- Joss Rosmarie (Swissgrid)
- Knutti Reto (PF Zurigo)
- Kopp Thomas (VSGF)
- Kräuchi Norbert (Cantone di Argovia)
- Lanz Simon (UFAG)
- Mauchle Fabian (UFAM)
- Meier Matthias (HAFL)
- Merino-Saum Albert (Cantone di Ginevra)
- Muccione Veruska (WSL)
- Müller Adrian (FiBL)
- Neuhaus Katrin (FFS)
- Olschewski André (UFAM)
- Olsthoorn Patrick (AFF)
- Pfeil Anne (UFC)
- Pütz Marco (WSL)
- Ragettli Martina (Swiss TPH)
- Rigling Andreas (PF Zurigo)
- Ritzel Christian (Agroscope)
- Riva Klaus (UFE)
- Romppainen-Martius Olivia (Università di Berna)
- Roth Vincent (UFAM)
- Rothe Björn (ECom)
- Schärer Michael (UFAM)
- Schärpf Carolin (UFAM)
- Schlegel Thomas (MeteoSvizzera)
- Schluep Isabelle (SECO)
- Schmandt Cyra (UFAG)
- Schmid Tanja (Cantone di Zurigo)
- Schmocker-Fackel Petra (UFAM)
- Schüpbach Gertraud (Università di Berna)
- Schwilch Gudrun (UFAM)
- Spicker Jörg (Swissgrid)
- Szelecsenyi Arlette (USAV)
- Trauerstein Mareike (UFE)
- Walter Esther (UFSP)
- Walther Gian-Reto (UFAM)
- Weingartner Rolf (Università di Berna)
- Werner Christoph (UFPP)
- Zappa Massimiliano (WSL)
- Zinder Remy (Cantone di Ginevra)

A3.2 Elenco delle figure

Figura 1

Rappresentazione delle valutazioni dei rischi climatici e delle opportunità legate al clima in Svizzera nella matrice a 9 campi allo stato attuale (asse delle ascisse) e delle loro variazioni attese da qui al 2060 (asse delle ordinate)

9

Figura 2

Cambiamenti rilevanti del clima svizzero in base ai dati di osservazione

13

Figura 3

Definizione di rischio secondo l'IPCC

14

Figura 4

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dal crescente stress da calore in Svizzera

19

Figura 5

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dall'aumento della siccità estiva in Svizzera

27

Figura 6

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dall'aumento del potenziale di pericolo in Svizzera

35

Figura 7

Panoramica dei rischi (•), delle opportunità (☆) e dei settori maggiormente colpiti dall'aumento delle temperature medie in Svizzera

43

Figura 8

Panoramica dei rischi e dei settori maggiormente colpiti dal crescente mutamento degli habitat e della composizione delle specie in Svizzera

49

Figura 9

Panoramica dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici all'estero per la Svizzera

58

Figura 10

Rappresentazione dei rischi climatici nella matrice a 9 campi

78

A3.3 Elenco delle tabelle

Tabella 1

Classificazione dei rischi e delle opportunità nell'analisi dei rischi climatici	75
---	----

Tabella 2

Applicazione della definizione di rischio secondo l'IPCC nell'analisi dei rischi climatici	76
---	----

Tabella 3

Scala per la valutazione qualitativa dei rischi climatici (le opportunità vengono valutate in modo analogo, utilizzando però una scala da + 1 a + 5)	77
--	----

A3.4 Bibliografia

- 1 Schumacher et al. Exacerbated summer European warming not captured by climate models neglecting long-term aerosol changes. *DOI: 10.1038/s43247-024-01332-8* (2024).
- 2 NCCS. Programma NCCS-Impacts. www.nccs.admin.ch > *Programma NCCS-Impacts* (stato 2023).
- 3 UFPP. Rapporto sull'analisi nazionale dei rischi. Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera 2020. UFPP, Berna (2020).
- 4 UST. Attualizzazione 2020 dei livelli geografici non istituzionali. Spazio a carattere urbano, agglomerati e tipologie: rapporto esplicativo. Numero UST: 2297-2000 (2024).
- 5 NCCS. Opuscolo CH2018 – Scenari climatici per la Svizzera. National Centre for Climate Services, Zurigo. Pag. 24. Numero ISBN 978-3-9525031-0-2 (2018).
- 6 Mutschler et al. Benchmarking cooling and heating energy demands considering climate change, population growth and cooling device uptake. *DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116636* (2021) (in inglese).
- 7 Istituto tropicale e di salute pubblica svizzero (Swiss TPH). Monitoring hitzebedingte Todesfälle 2000 bis 2022. Impact-Indikator «Hitzebedingte Todesfälle». Synthesebericht Juli 2023. Im Auftrag des BAFU und BAG (2023) (in tedesco, con riassunto in italiano e francese).
- 8 Swiss TPH. Monitoraggio dei decessi causati dal caldo: Sommer 2023. Impact-Indikator «Hitzebedingte Todesfälle». Juni 2024. Im Auftrag des BAFU und BAG (2024) (in tedesco, con riassunto in italiano e francese).
- 9 UFAM. Rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici. Sintesi nazionale. www.bafu.admin.ch/uw-1706-i (2017).
- 10 EBP & KlimaHandlung. Anpassung an den Klimawandel: Strategien und Massnahmen von Schweizer Unternehmen. Im Auftrag des BAFU (2023) (in tedesco).
- 11 Stalhandske et al. Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland. *DOI: 10.5194/nhess-22-2531-2022* (2022) (in inglese).
- 12 Swiss TPH. Hitzekompetenz der Bevölkerung 50+ in der Schweiz: Wissen, Betroffenheit, Handeln im Sommer 2023, März 2024. Im Auftrag des BAG und BAFU (2024) (in tedesco e francese, con riassunto in italiano).
- 13 UST. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone 2020–2050. Numero UST: 201-2000 (2020) (in tedesco e francese).
- 14 NCCS. Programma NCCS-Impacts. Progetto Impatto dei cambiamenti climatici sulla salute umana e animale. www.nccs.admin.ch > *Programma NCCS-Impacts* > *Progetto «Salute umana e animale»* (stato 2023).
- 15 Vicedo-Cabrera et al. The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *DOI: 10.1088/1748-9326/ace0d0* (2023) (in inglese).
- 16 NCCS. Programma pilota Adattamento ai cambiamenti climatici. Fase 2. Progetto A.06 Il caldo e la salute. www.nccs.admin.ch > *Programma pilota Adattamento ai cambiamenti climatici* > *A.06* (stato 2023).

-
- 17 Agenzia europea dell'Ambiente. European climate risk assessment: Full report. EEA Report 01/2024. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/8671471> (2024) (in inglese).
- 18 Wicki et al. Socio-environmental modifiers of heat-related mortality in eight Swiss cities: A case time series analysis. DOI: 10.1016/j.envres.2024.118116 (2024) (in inglese).
- 19 De Schrijver et al. Exploring vulnerability to heat and cold across urban and rural populations in Switzerland. DOI: 10.1088/2752-5309/acab78 (2023) (in inglese).
- 20 Swiss Economics. Bedeutung des Klimawandels für die Infrastrukturen in der Schweiz. Stand der Literatur. ISSN 2235-1868 (2019) (in tedesco).
- 21 Swissgrid. Gli effetti della canicola sulla rete ad altissima tensione. www.swissgrid.ch > *Un tema scottante* (stato 14.7.2022).
- 22 UFE. Prospettive energetiche 2050+. www.bfe.admin.ch > *Prospettive energetiche 2050+* (2022).
- 23 ETH Klimarunde. Wetterextreme: Einfluss auf die Stromversorgung. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/c2sm-dam/events/Klimarunde2022/Wetterextreme-Stromversorgung-Schaffner-Klimarunde-2022.pdf> (2022) (in tedesco).
- 24 Ispettorato federale della sicurezza nucleare (IFSN). Die Kernkraftwerke im Hitzesommer. www.ensi.admin.ch > *Die Kernkraftwerke im Hitzesommer* (stato 15.8.2024) (in tedesco).
- 25 Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). Angst um Versorgungssicherheit. AKW Beznau darf trotz zu hoher Wassertemperatur weiterlaufen. www.srf.ch > *AKW Beznau darf trotz zu hoher Wassertemperatur weiterlaufen* (stato 26.7.2022) (in tedesco).
- 26 UST. Conto della produzione. www.bfs.admin.ch > *Conto della produzione* (stato 2022).
- 27 UST. La statistica della superficie in Svizzera. Rilevazione dell'utilizzazione e della copertura del suolo. Numero UST 2305-2400 (2024).
- 28 SAFOSO AG. Vorstudie für das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. Abschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit. Eine One-Health-Perspektive (2019) (in tedesco).
- 29 Agroscope. Hitzesommer und Landwirtschaft – eine brenzlige Kombination. ISSN 1023-2958 (2015) (in tedesco e francese).
- 30 Consiglio federale. Futuro orientamento della politica agricola. Rapporto del Consiglio federale in adempimento dei postulati 20.3931 della CET-S del 20 agosto 2020 e 21.3015 della CET-N del 2 febbraio 2021 (2022).
- 31 Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL). Inventario Forestale Nazionale svizzero. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. DOI: 10.16904/envidat.146 (2020) (in tedesco e francese).
- 32 NCCS. Produzione di legname a rischio. www.nccs.admin.ch > *Produzione di legname a rischio* (stato 11.11.2021).
- 33 SRF. Kartoffelanbau in der Schweiz. Die Kartoffel leidet unter den hohen Temperaturen. www.srf.ch > *Die Kartoffel leidet unter den hohen Temperaturen* (stato 12.10.2023) (in tedesco).
- 34 UFAM. Effetti dei cambiamenti climatici sulle acque della Svizzera. Idrologia, ecologia delle acque e gestione delle acque. www.bafu.admin.ch > *uw-2101-i* (2021).
- 35 UFAM. Canicola e siccità nell'estate 2022. www.bafu.admin.ch > *Canicola e siccità nell'estate 2022* (stato 10.7.2023).

-
- 36 SLF. SLF News. Il rischio di incendi boschivi aumenta a causa dei cambiamenti climatici. www.slf.ch > *Il rischio di incendi boschivi aumenta a causa dei cambiamenti climatici* (stato 23.4.2024).
- 37 WSL. Influenza della siccità estiva sugli incendi boschivi indotti dai fulmini. www.wsl.ch > *Influenza della siccità estiva sugli incendi boschivi indotti dai fulmini* (stato 2023).
- 38 Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG). Strategia climatica per l'agricoltura e l'alimentazione 2050. www.blw.admin.ch > *Strategia climatica per l'agricoltura e l'alimentazione 2050* (2023).
- 39 PF Zurigo. Resilienz des Schweizer Ernährungssystems. Abschlussbericht zum Projekt Oktober 2020 (2020) (in tedesco).
- 40 UST. Agricoltura e alimentazione: statistica tascabile 2023. Numero UST: 871-2300 (2023).
- 41 Agroscope. Campicoltura resiliente al clima 2035. DOI: 10.34776/as177g (2024).
- 42 UFAM. SilvaProtect-CH. www.bafu.admin.ch > *Pericoli naturali > SilvaProtect-CH* (stato 2016).
- 43 Calanca et. al. Auswirkungen der Trockenheit auf die Produktivität des Schweizer Grünlands. Agrarforschung Schweiz 13: 135–144 (2022) (in tedesco).
- 44 Agristat. Aktuell 11–18. Das Trockenjahr 2018 (2018) (in tedesco e francese).
- 45 EBP. Trockenheit im Sommer 2022. Befragung der kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen zu Auswirkungen und Massnahmen. Im Auftrag des BAFU (2023) (in tedesco).
- 46 UST. Spese dettagliate secondo la classe di reddito. www.bfs.admin.ch > *Spese dettagliate secondo la classe di reddito* (stato 2021).
- 47 WSL. Pericoli causati dal fuoco: Incendi boschivi. www.wsl.ch > *Incendi boschivi* (stato 2023).
- 48 UFAM. La superficie forestale svizzera. www.bafu.admin.ch > *La superficie forestale svizzera* (stato 2023).
- 49 UFAM. Il pericolo di incendi boschivi aumenta: cosa possiamo fare? www.bafu.admin.ch > *Il pericolo di incendi boschivi aumenta: cosa possiamo fare?* (stato 2023).
- 50 Pronovo AG. Etichettatura elettricità. www.strom.ch/it/service/etichettatura-elettricit (stato 2023).
- 51 BFE. Dashboard sull'energia Svizzera. <https://dashboardenergie.admin.ch/strom/import-export> (stato 2024).
- 52 Ufficio federale dei trasporti (UFT). Navigazione sul Reno. www.bav.admin.ch > *Navigazione sul Reno* (stato 2024).
- 53 UST. Trasporto merci via aria, acqua e oleodotto. www.bfs.admin.ch > *Trasporto merci via aria, acqua e oleodotto* (stato 2022).
- 54 UFAM. Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. www.bafu.admin.ch/uz-1901-d (2019) (in tedesco e francese).
- 55 Consiglio federale. Rapporto sull'approvvigionamento idrico sicuro e la gestione delle acque. Rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato 18.3610 del 15 giugno 2018 (2021) (in tedesco e francese).
- 56 NCCS. CH2018 - Climate Scenarios for Switzerland, Rapporto tecnico Versione 2. National Centre for Climate Services, Zurigo, 271 pagine. ISBN 978-3-9525031-4-0 (2023).

-
- 57 UFAM. Gestione integrale dei rischi. www.bafu.admin.ch > *Gestione integrale dei rischi* (stato 2024).
- 58 UFAM. Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz. Auf Basis der Vernehmlassung bei den Kantonen überarbeitete Version vom 27.11.2023 (2023) (in tedesco e francese).
- 59 Mobiliar Lab für Naturrisiken. Schadenpotenzial Hochwasser. www.hochwasserrisiko.ch/de#schadenpotenzial (stato 2024) (in tedesco).
- 60 geo7 AG. Klimawandel und Naturgefahren in der Schweiz – stato des Wissens. Im Auftrag des BAFU (2020) (in tedesco).
- 61 MeteoSvizzera. Climatologia svizzera della grandine: dati, risultati e documentazione. DOI: 10.18751/PMCH/TR/283. *HagelklimaSchweiz/1.0* (2023).
- 62 PF Zurigo. scClim. <https://scclim.ethz.ch> (stato 2024) (in inglese).
- 63 UFAM. Danni e insegnamenti tratti dagli eventi naturali. www.bafu.admin.ch > *Documentazione sui pericoli* > *Danni* (stato 2023).
- 64 WSL. Number of natural hazard fatalities per year in Switzerland since 1946. DOI: 10.16904/envdat.33 (2019) (in inglese).
- 65 UFAM. Piene del luglio 2021: le intense precipitazioni causano inondazioni diffuse. www.bafu.admin.ch > *Piene del luglio 2021: le intense precipitazioni causano inondazioni diffuse* (stato 26.7.2021).
- 66 Bernet et al. Surface water floods in Switzerland: what insurance claim records tell us about the damage in space and time. DOI: 10.5194/nhess-17-1659-2017 (2017) (in inglese).
- 67 Mobiliar Lab für Naturrisiken. Schadenpotenzial Oberflächenabfluss. https://hochwasserrisiko.giub.unibe.ch/Schadenpotenzial_OFA/de (stato 2024) (in tedesco).
- 68 MeteoSvizzera. MeteoSchweiz-Blog. 22. Juni 2024. Rückblick auf die Gewitterlage vom 21. Juni 2024 auf der Alpensüdseite (2024) (in tedesco).
- 69 Ufficio federale delle strade (USTRA). Riapertura dell'autostrada A13 tra Lostallo e Mesocco e del passo del Sempione. www.news.admin.ch/it/nsb?id=101764 (stato 4.7.2024).
- 70 MeteoSvizzera. Movimento di masse. www.meteosvizzera.admin.ch > *Movimento di masse* (stato 2024).
- 71 Accademia svizzera di scienze naturali (SCNAT). ProClim Flash 67. Dominoeffekt in den Alpen (2017) (in tedesco).
- 72 UFAM. Pericoli naturali: in breve. www.bafu.admin.ch > *Pericoli naturali: in breve* (stato 2024).
- 73 Comune di Samedan. Pubblicazione ufficiale del Comune di Samedan. Bergsturz in der Val Roseg – vom Betreten des Gebietes wird abgeraten (2024) (in tedesco).
- 74 MeteoSvizzera. Blogartikel. 6. Juli 2021. Schwere Hagelgewitter im Juni – wie aussergewöhnlich war der Monat? (2021) (in tedesco).
- 75 Neue Zürcher Zeitung (NZZ). 2 Milliarden Franken wegen Sturm und Hagel: 2021 wird für die Schweiz eines der teuersten Schadenjahre aller Zeiten. www.nzz.ch > *2 Milliarden Franken wegen Sturm und Hagel: 2021 wird für die Schweiz eines der teuersten Schadenjahre aller Zeiten* (stato 28.10.2021) (in tedesco).

-
- 76 MeteoSvizzera. I cambiamenti climatici. www.meteosvizzera.admin.ch > *Clima > I cambiamenti climatici* (stato 2023).
- 77 MeteoSvizzera. Indicatori climatici. www.meteosvizzera.admin.ch/servizi-e-pubblicazioni/applicazioni/ext/climate-indicators-public.html (stato 2024).
- 78 UFE. Monatliche Heizgradtage in der Schweiz (gewichtet). <https://opendata.swiss/de/dataset/monatliche-heizgradtage-in-der-schweiz-gewichtet> (2024) (in tedesco e francese).
- 79 WSL. WSL News. Cambiamenti climatici e ... valanghe. www.wsl.ch > *Cambiamenti climatici e ... valanghe* (stato 30.11.2023).
- 80 UFE. Consumo di energia per categorie di utilizzazione. www.ufe.admin.ch > *Consumo di energia per categorie di utilizzazione* (stato 2023).
- 81 UFE. Potenzial und Massnahmen zur Steigerung der Stromeffizienz bis 2025. Analyse zu Handen GS UVEK / Bundesrat (2022) (in tedesco).
- 82 Calanca et al. Klimawandel führt zu längerer Vegetationszeit und begünstigt höher gelegene Anbauflächen. DOI: 10.34776/afs14-150 (2023) (in tedesco, francese e inglese).
- 83 regiosuisse – La piattaforma per lo sviluppo regionale in Svizzera. Tourismus. <https://regiosuisse.ch/node/3407> (stato 2023) (in tedesco e francese).
- 84 Consiglio federale svizzero. Strategia del turismo della Confederazione. www.seco.admin.ch > *Strategia del turismo della Confederazione* (2021).
- 85 Agroscope. Dossiers. Il cambiamento climatico: una sfida. www.agroscope.admin.ch > *Il cambiamento climatico: una sfida* (stato 2024).
- 86 UST. Conto satellite del turismo. www.bfs.admin.ch > *Conto satellite del turismo* (stato 2017).
- 87 Funivie Svizzere. Fakten & Zahlen 2023 (2023) (in tedesco e francese).
- 88 UFAM. Klima: Indikatoren. Pisten mit Beschneiungsanlagen. www.bafu.admin.ch > *Klima: Indikatoren > Pisten mit Beschneiungsanlagen* (stato 2023) (in tedesco e francese).
- 89 NCCS. Programma NCCS-Impacts. Progetto Costi degli impatti dei cambiamenti climatici in Svizzera. www.nccs.admin.ch > *Programma NCCS-Impacts > Progetto «Costi del cambiamento climatico»* (stato 2023).
- 90 UST. Strassenverkehrsunfälle. www.bfs.admin.ch > *Strassenverkehrsunfälle* (stato 2023) (in tedesco e francese).
- 91 Ufficio federale dello sviluppo territoriale (ARE). Prospettive di traffico 2050. www.are.admin.ch > *Prospettive di traffico 2050* (2022).
- 92 MeteoSvizzera. Auftausalzverbrauch im Klimawandel. Im Auftrag der Schweizer Salinen AG. ISSN 2296-0058 (2015) (in tedesco).
- 93 SRF. Kein lukratives Geschäft. Schneemangel zwingt Winterorte zum Sommerbetrieb. www.srf.ch > *Schneemangel zwingt Winterorte zum Sommerbetrieb* (stato 9.2.2024) (in tedesco).
- 94 MeteoSvizzera. Bollettino del clima Febbraio 2024 (2024).
- 95 UFAM. Biodiversität in der Schweiz. Zustand und Entwicklung. www.bafu.admin.ch/uz-2306-d (2023) (in tedesco e francese).
- 96 NCCS. Scenari climatici CH2018 Alpi. www.nccs.admin.ch > *Scenari climatici CH2018 Alpi* (stato 2021).
- 97 UFAM. Bosco e legno: in breve. www.bafu.admin.ch > *Bosco e legno: in breve* (stato 2022).

-
- 98 NCCS. Programma pilota Adattamento ai cambiamenti climatici. Fase 2. Progetto F.13 Misure di protezione ittica in caso di eventi di canicola. www.bafu.admin.ch > *Programma pilota Adattamento ai cambiamenti climatici > F.13* (stato 2023).
- 99 Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA). Malattie trasmesse da vettori. www.efsa.europa.eu/it/topics/topic/vector-borne-diseases (stato 21.12.2023).
- 100 UFAM. Specie esotiche in Svizzera. Una panoramica delle specie esotiche e dei loro effetti. www.bafu.admin.ch/uw-2220-i (2022).
- 101 NCCS. Salute animale e sicurezza delle derrate alimentari. www.nccs.admin.ch/nccs > *Salute animale e sicurezza delle derrate alimentari* (stato 2020).
- 102 UFSP. Zeckenübertragene Krankheiten – Lagebericht Schweiz. www.bag.admin.ch > *Zeckenübertragene Krankheiten – Lagebericht Schweiz* (stato 2023) (in tedesco e francese).
- 103 SCNAT. Pollenallergie – Auswirkungen eines sich wandelnden Klimas. DOI: 10.5281/zenodo.11124573 (2024) (in tedesco, francese e inglese).
- 104 NCCS. Organismi nocivi invasivi e cambiamenti climatici: aumento dell'idoneità climatica e della disponibilità di piante ospiti. www.nccs.admin.ch/nccs > *Organismi nocivi invasivi e cambiamenti climatici* (stato 2020).
- 105 WSL. WSL News. I danni causati dal bostrico dell'abete rosso sono aumentati ancora nel 2023. www.wsl.ch > *I danni causati dal bostrico dell'abete rosso sono aumentati ancora nel 2023* (stato 17.4.2024).
- 106 Swiss TPH. Asiatische Tigermücke. www.swisstph.ch/de/topics/tigermuecke (stato 2023) (in tedesco e inglese).
- 107 UFAM. Forum «Landschaft bewegt die Schweiz». www.bafu.admin.ch > *Forum Landschaft bewegt die Schweiz* (stato 2021) (in tedesco e francese).
- 108 Tobias et al. + 4 °C und mehr: Schweizer Landschaften im Klimawandel. DOI: 10.55419/wsl:35308 (2023) (in tedesco e francese).
- 109 Huss et al. Kann künstliche Beschneidung die Gletscher-Schmelze bremsen? DOI: 10.5167/uzh-258263 (2023).
- 110 SCNAT. Comunicato stampa. Zwei Extremjahre vernichten 10 Prozent des Schweizer Gletschervolumens. <https://scnat.ch/de> > *Zwei Extremjahre vernichten 10 Prozent des Schweizer Gletschervolumens* (stato 28.9.2023) (in tedesco, francese e inglese).
- 111 SRF. Klimaerwärmung geht ans Eis. Diskussion um Gletscher-Abdeckungen. www.srf.ch > *Diskussion um Gletscher-Abdeckungen* (stato 17.7.2023) (in tedesco).
- 112 WSL. WSL News. Abdecken von Gletscher-Eis wirksam, aber teuer. www.wsl.ch > *Abdecken von Gletscher-Eis wirksam, aber teuer.* (stato 31.3.2021) (in tedesco e inglese).
- 113 HM Government. UK Climate Change Risk Assessment 2022. ISBN 978-1-5286-3136-5 (2022) (in inglese).
- 114 Umweltbundesamt. Wie der Klimawandel den deutschen Außenhandel trifft. ISSN 2363-8311 (2019) (in tedesco).
- 115 INFRAS. Auswirkungen des Klimawandels im Ausland – Risiken und Chancen für die Schweiz. Im Auftrag des BAFU (2018) (in tedesco).
- 116 NCCS. Programma NCCS-Impacts. Progetto Impatto del cambiamento climatico globale sulla Svizzera. www.nccs.admin.ch > *Programma NCCS-Impacts > Progetto «Impatti globali»* (stato 2023).

-
- 117 Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (2017) (in inglese).
- 118 Consiglio federale. Radicata in Svizzera, all'avanguardia nel mondo: Politica per una piazza finanziaria svizzera sostenibile (2020).
- 119 Swiss Re Institute. World insurance market developments in 5 charts. www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2023-03/5-charts-wold-insurance-2023.html (stato 2023) (in inglese).
- 120 IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. DOI: 10.1017/9781009325844.001 (2022) (in inglese).
- 121 Seneviratne et al. Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Chapter 11: Weather and climate extreme events in a changing climate. DOI: 10.1017/9781009157896.013 (2021) (in inglese).
- 122 Grüter et al. Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. DOI: 10.1371/journal.pone.0261976 (2022) (in inglese).
- 123 Kaufmann D. Climate change could cut off the Panama Canal. www.dw.com/en/will-climate-change-cut-off-the-panama-canal-and-global-supply-chains/a-65761965 (stato 29.5.2023) (in inglese).
- 124 UFAG. Rapporto agricolo 2023. <https://2023.agrarbericht.ch/it> (2023).
- 125 Ritzel et al. Vulnerability assessment of food imports – Conceptual framework and empirical application to the case of Switzerland. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e27058 (2024) (in inglese).
- 126 Agristat. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Kapitel 7 Nahrungsmittelbilanz 2022 (2023) (in tedesco).
- 127 Ufficio federale della dogana e della sicurezza dei confini (UDSC). Swiss-Impex. www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml (stato 2023) (in tedesco, francese e inglese).
- 128 Schweizer Plattform für Nachhaltigen Kakao. Kakao-Statistik. www.kakaoplattform.ch/de/ueber-kakao/kakao-statistik (stato 2024) (in tedesco, francese e inglese).
- 129 Ufficio federale per l'approvvigionamento economico del Paese (UFAE). Assortimento delle scorte. www.bwl.admin.ch/it > Assortimento delle scorte (stato 2024).
- 130 Miller E. The Big Brazil Frost. www.gcrmag.com/brazil-frost (stato 3.11.2021) (in inglese).
- 131 International Coffee Organization. Coffee Market Report November 2021. www.ico.org/documents/cy2021-22/cmr-1121-e.pdf (2021).
- 132 UFE. Sicurezza dell'approvvigionamento elettrico. www.bfe.admin.ch > Sicurezza dell'approvvigionamento elettrico (stato 2023).
- 133 NCCS. Programma NCCS-Impacts. Progetto Effetti dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture critiche. www.nccs.admin.ch > Programma NCCS-Impacts > Progetto «Infrastrutture critiche» (stato 2023).
- 134 UST. Energia. www.bfs.admin.ch > Energia (stato 2024).
- 135 UFE. Accordo sull'energia elettrica Svizzera – UE. www.bfe.admin.ch > Accordo sull'energia elettrica Svizzera – UE (stato 2024).
- 136 Fischer et al. Storylines for unprecedented heatwaves based on ensemble boosting. DOI: 10.1038/s41467-023-40112-4 (2023) (in inglese).

-
- 137 Zscheischler et al. A typology of compound weather and climate events. *DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-8572* (2020) (in inglese).
- 138 IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Full Report. *DOI: 10.1017/9781009325844* (2022) (in inglese).
- 139 Université de Fribourg und Universität Zürich. Kombinierte Klimarisiken in der Schweiz. www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=43129 (2021) (in tedesco).
- 140 Schutz vor Naturgefahren. Einfluss von Hagel auf den Oberflächenabfluss. www.schutz-vor-naturgefahren.ch/bauherr/service/videoportal/47-einfluss-von-hagel-auf-den-oberflaechenabfluss.html (stato 2024) (in tedesco e francese).
- 141 Zscheischler et al. Future climate risk from compound events. *DOI: 10.1038/s41558-018-0156-3* (2018) (in inglese).
- 142 Brasseur et al. Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. *DOI: 10.1007/978-3-662-66696-8* (2024) (in tedesco).
- 143 Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Infothek. Kippelemente – Großrisiken im Erdsystem. www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente (stato 2024) (in tedesco).
- 144 INFRAS. Klima-Risikoanalyse für die Schweiz. Methodik. Im Auftrag des BAFU (2025) (in tedesco).