

28
07

> Il cambiamento climatico in Svizzera

Indicatori riguardanti cause, effetti e misure



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

28
—
07

> Il cambiamento climatico in Svizzera

Indicatori riguardanti cause, effetti e misure

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).

Autori

Nicole North, Natascha Kljun, Florian Kasser, Jürg Heldstab, Markus Maibach, Judith Reutimann, Madeleine Guyer (INFRAS)

Ringraziamenti

L'editore ringrazia l'Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera (Christof Appenzeller, Stephan Bader, Claudio Defila, Christoph Frei, Evelyn Zenklusen), Zurigo, per i dati, le analisi e le interpretazioni fornite in merito all'evoluzione del clima in Svizzera.

Coordinamento UFAM

Markus Nauser, sezione Clima

Indicazione bibliografica

North N., Kljun N., Kasser F., Heldstab J., Maibach M., Reutimann J., Guyer M. 2007: Il cambiamento climatico in Svizzera. Indicatori riguardanti cause, effetti e misure. Stato dell'ambiente n. 0728. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 77 p.

Traduzione

Enzo Remondini e Maria Raffaella Bruno Realini

Grafica e impaginazione

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Foto di copertina

Triftgletscher, Cantone di Berna, 1948 e 2003.

Archivi VAW / PF Zurigo E. Gyger (1948), M. Funk (2003)

Distribuzione

UFAM

Documentazione

CH-3003 Berna

Fax +41 (0)31 324 02 16

docu@bafu.admin.ch

<http://www.ambiente-svizzera.ch/uz-0728-i>

Numero d'ordinazione / Prezzo

UZ-0728-I / CHF 20.- (IVA compresa)

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese (UZ-0728-D/F).

© UFAM 2007

> Indice

Abstracts	5		
Prefazione	7		
Compendio	8		
Introduzione	11		
<hr/>			
1	Emissioni di gas serra	17	
1.1	Emissioni di CO ₂ a livello mondiale	17	
1.2	Emissioni di CO ₂ in un alcuni Paesi scelti	18	
1.3	Emissioni di gas serra in Svizzera	19	
1.4	Emissioni di gas serra e fattori d'influenza	20	
1.4.1	Economie domestiche	20	
1.4.2	Industria	21	
1.4.3	Trasporti	22	
1.4.4	Trasporto stradale	24	
1.5	Emissioni di gas serra per tipo di gas	25	
1.6	Intensità dei gas serra	26	
1.7	Emissioni di CO ₂ per economia domestica in confronto ad altri Paesi	27	
1.8	Emissioni grigie di CO ₂	28	
<hr/>			
2	Evoluzione del clima in Svizzera	30	
2.1	Evoluzione della temperatura	30	
2.2	Temperature massime e temperature minime giornaliere	32	
2.3	Giorni di canicola e giorni di gelo, notti tropicali e giorni di disgelo	33	
2.4	Precipitazioni di forte intensità	35	
2.5	Innevamento sull'Altipiano e nelle Prealpi	37	
<hr/>			
3	Effetti a livello di ambiente naturale	38	
3.1	Bilancio di massa e variazione di lunghezza dei ghiacciai	38	
3.2	Variazioni di temperatura nel permafrost	40	
3.3	Regime idrico	41	
3.4	Temperatura dei corsi d'acqua	42	
3.5	Popolazioni di trote di fiume	44	
3.6	Formazione di ghiaccio sui laghi dell'Altipiano	45	
3.7	Periodo di fioritura dei ciliegi a Liestal	46	
<hr/>			
			49
3.8	Diffusione della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale		49
<hr/>			
4	Effetti a livello di società ed economia	49	
4.1	Giorni riscaldamento e giorni raffreddamento	49	
4.2	Garanzia d'innevamento nelle stazioni sportive invernali	50	
4.3	Diffusione delle zecche e casi di meningoencefalite da zecche	51	
4.4	Eventi meteorologici estremi e danni assicurati	53	
<hr/>			
5	Risposte al cambiamento climatico	55	
5.1	Misure di riduzione delle emissioni	55	
5.1.1	Panoramica	55	
5.1.2	Attuazione della legge sul CO ₂	56	
5.1.3	Consumo ed emissioni di CO ₂ delle automobili nuove	58	
5.1.4	Superficie di riferimento energetico di edifici certificati	61	
5.1.5	Ripercussioni dei programmi cantonali d'incentivazione sulle emissioni di CO ₂	62	
5.2	Strategie di gestione degli effetti del cambiamento climatico	64	
5.2.1	Panoramica	64	
5.2.2	Carte dei pericoli e prevenzione dei pericoli naturali	64	
5.2.3	Misure di adattamento in ambito turistico	66	
5.2.4	Irrigazione in ambito agricolo	68	
5.2.5	Adattamento della gestione forestale	69	
<hr/>			
6	Prospettive	71	
<hr/>			
	Indici		72
	Abbreviazioni		72
	Elenco delle figure		72
	Elenco delle tabelle		74
	Bibliografia		74

> Abstracts

The climate is changing at a global scale. Switzerland – particularly the alpine regions – is affected above average by this change. Various indicators give evidence of the warming and its manifold impacts on nature, society, and the economy in Switzerland. By means of selected examples, the report illustrates the connections and interrelations between climate change, state of the environment, and society in the course of time and documents policy and economic responses to these changes.

Das Klima ändert sich weltweit, und die Schweiz – insbesondere der Alpenraum – ist davon überdurchschnittlich betroffen. Verschiedene Indikatoren belegen die Klimaerwärmung und deren mannigfaltige Auswirkungen auf Natur, Gesellschaft und Wirtschaft in der Schweiz. Der Bericht illustriert anhand von ausgewählten Beispielen die Beziehungen und Zusammenhänge zwischen Klimaänderung, Umweltzustand und Gesellschaft im Zeitverlauf und dokumentiert, wie Politik und Wirtschaft auf diese Veränderungen reagieren.

Le climat de la Terre se modifie et la Suisse est particulièrement touchée, surtout dans l'Arc alpin. Différents indicateurs attestent du réchauffement climatique et de ses multiples effets sur la nature, la société et l'économie en Suisse. À l'aide d'exemples choisis, le présent rapport illustre les liens et les corrélations entre les changements climatiques, l'état de l'environnement et la société au cours du temps et montre la manière dont la politique et l'économie réagissent à ces modifications.

Il clima della Terra sta cambiando. La Svizzera, soprattutto la regione alpina, è particolarmente interessata da tale fenomeno. Diversi indicatori attestano il riscaldamento climatico e i suoi molteplici effetti su natura, società ed economia in Svizzera. Sulla base di esempi appositamente selezionati, il presente rapporto illustra le relazioni e i nessi esistenti tra cambiamenti climatici, stato dell'ambiente e società nel corso del tempo e passa in rassegna le risposte date dalla politica e dall'economia a questi cambiamenti.

Keywords:

Climate change, global warming, climate policy, impacts, adaptation, indicator, Switzerland

Stichwörter:

Klimawandel, Klimaänderung, globale Erwärmung, Klimapolitik, Auswirkungen, Anpassung, Indikator, Schweiz

Mots-clés :

changements climatiques, réchauffement global, politique climatique, effets, adaptation, indicateur, Suisse

Parole chiave:

mutamento climatico, cambiamento climatico, riscaldamento globale, politica climatica, effetti, adattamento, indicatore, Svizzera

> Prefazione

La consapevolezza delle cause e degli effetti più macroscopici del mutamento climatico è, negli ultimi anni, notevolmente aumentata tanto nel modo economico e politico quanto fra la popolazione. Oggi, l'urgenza di un intervento coordinato a livello planetario è ormai perlopiù incontestata e numerose sono le iniziative che già vengono attuate a favore della protezione del clima.

Il mutamento climatico non si manifesta unicamente nelle anomalie meteorologiche e nelle catastrofi naturali che occupano le cronache dei media. Le trasformazioni subdole e spesso irreversibili che si sono prodotte negli ultimi decenni – e che avranno gioco-forza un impatto sempre più forte sulla nostra vita quotidiana – sono importanti almeno quanto gli eventi meteorologici estremi. Il presente rapporto intende dunque fornire una visione più approfondita di questi effetti striscianti e a lungo termine del cambiamento climatico, contribuendo così a dare maggiore fattualità alla discussione sull'argomento.

Il rapporto mostra peraltro, in modo esemplificativo, che la Svizzera ha già iniziato a dover fare i conti con le sfide poste dal cambiamento climatico: il turismo invernale fa fronte alla crescente penuria di «neve garantita» grazie all'innnevamento artificiale e nella regione dell'Altipiano aumentano le richieste di sovvenzioni per impianti d'irrigazione. Rispondere al cambiamento climatico ricorrendo a simili soluzioni non è solo dispendioso, ma accresce nel contempo la pressione esercitata su risorse naturali quali acqua ed energia. Di qui appare chiara una cosa: politica economica e politica climatica, per essere efficaci, devono procedere di pari passo.

Perché si possa procedere in modo organico agli opportuni adattamenti di natura politica ed economica occorre però che gli effetti negativi del cambiamento climatico siano individuati il più presto possibile e che l'efficacia delle misure adottate sia sottoposta a costante valutazione. È in questo intento che l'UFAM continuerà a lavorare, fornendo documentazione su indicatori attendibili e pubblicando periodicamente le nuove conoscenze acquisite.

Bruno Oberle
Direttore
Ufficio federale dell'ambiente UFAM

> Compendio

Oggi, negli ambienti specialistici, sono tutti d'accordo: il clima sta cambiando e se ne avvertono gli effetti sulla natura e sulla società. Che sia in atto un cambiamento climatico si vede soprattutto dall'aumento delle temperature osservato a livello mondiale. La regione alpina, data la maggiore influenza che il clima ha sulle condizioni di vita in montagna, è tuttavia particolarmente interessata dalle ripercussioni di questo mutamento.

Il presente rapporto si sofferma su alcuni indicatori che illustrano le relazioni e i nessi instauratisi tra (cambiamento del) clima, stato dell'ambiente e società nel corso del tempo. La sua struttura segue quella del processo a catena che, partendo dall'uomo in quanto causa del cambiamento climatico, passa via via attraverso gli effetti di tale cambiamento per giungere poi alle attività volte a limitarli e a gestirli. Il rapporto si articola attorno a cinque punti cardine:

- > evoluzione delle emissioni di gas serra;
- > effetti sul sistema climatico;
- > effetti sull'ambiente naturale;
- > effetti su società ed economia;
- > misure di riduzione del cambiamento climatico e di adattamento agli effetti.

Società ed economia sono in un rapporto di stretta interazione con le condizioni climatiche. È anche per questo che le previsioni meteorologiche sono costantemente oggetto di interesse da parte dell'opinione pubblica e che condizioni di maltempo inconsuete vengono sempre più spesso poste in relazione con il cambiamento climatico causato dall'uomo. Non tutti i capricci del tempo vanno tuttavia interpretati come indizi di un mutamento climatico. Il tempo meteorologico, infatti, presenta per sua natura una forte volubilità, e distinguere questa variabilità naturale dal cambiamento climatico, che ha invece decorso più lento, è possibile solo sull'arco di estesi lassi temporali. Per operare questa distinzione è dunque indispensabile disporre di lunghe serie di osservazioni.

Tra i numerosi indizi del cambiamento climatico, la presente pubblicazione sceglie perciò alcuni esempi ben documentati, con l'ausilio dei quali è possibile evidenziare i complessi rapporti di reciproca dipendenza tra clima, natura e società. Da ciò emerge un primo e approssimativo quadro dell'evoluzione del clima e delle sue conseguenze in Svizzera. Per poter disporre delle basi decisionali necessarie per valutare le necessità di intervento, per controllare l'efficacia dei provvedimenti, ma anche per evitare misure d'adattamento errate, è poi necessario approfondire e documentare lo studio di altri ambiti tematici.

Una panoramica dei principali indicatori presentati nel rapporto è riportata nella tabella seguente (Tab. 1).

Tab. 1 > Principali indicatori e informazioni riguardanti cause, effetti e misure

La tabella presenta una selezione di indicatori nonché le informazioni e le tendenze più importanti che se ne possono evincere per i diversi settori. Altri indicatori sono presentati nel corpo del rapporto.

Settore	Indicatore	Informazioni e tendenze più importanti
Emissioni di gas serra	Emissioni di gas serra per settori	In Svizzera le emissioni di GES ¹ stagnano dal 1990, ma sono tuttavia lievemente variate le quote percentuali dei singoli settori. Il maggior emittente di GES è il settore dei trasporti, seguito dalle economie domestiche e dall'industria.
	Emissioni di gas serra delle economie domestiche	A partire dal 1990 si è riusciti a ridurre il consumo di energia da riscaldamento per m ² di superficie abitativa. In confronto a quelle di altri Paesi le emissioni di CO ₂ delle economie domestiche svizzere restano tuttavia nettamente superiori. A contribuirvi sono le ridotte tasse su combustibili e carburanti e le automobili più potenti.
	Emissioni di gas serra dell'industria	Produzione industriale ed emissioni di GES continuano a procedere di pari passo. Non si riscontra alcun disaccoppiamento tra sviluppo della produzione ed emissioni.
	Emissioni di gas serra dei trasporti	Dal 1990 le emissioni di GES del trasporto stradale sono aumentate in misura considerevole. Dopo un crollo a cavallo tra il 2001 e il 2003, sono nuovamente in crescita anche le emissioni del trasporto aereo.
	Emissioni di gas serra per tipo di gas	A seguito dei grandi cambiamenti intervenuti nella società e nell'economia, dal 1950 la percentuale di CO ₂ è aumentata passando dal 54 % all'85 %, mentre la percentuale di CH ₄ e N ₂ O è diminuita passando dal 46 % al 13 %.
	Intensità dei gas serra	In rapporto alla popolazione, al prodotto interno lordo (PIL) e al consumo di energia, le emissioni sono diminuite sino alla fine degli anni Novanta. Da allora sono in fase di ristagno.
	Emissioni di CO ₂ pro capite rispetto ad altri Paesi	Il computo delle emissioni generate da attività preliminari effettuate all'estero accresce le emissioni medie pro capite di CO ₂ della Svizzera portandole da 5,8 t a 9,5 t di CO ₂ (stato 1995).
Evoluzione del clima in Svizzera	Temperatura media annua	Dal 1900 le temperature medie annue sono aumentate di circa 1,5 °C, dal 1961 di ben 0,4 °C ogni decennio. A partire dal 1900, 13 dei 20 anni più caldi sono stati registrati dopo il 1990. L'aumento delle temperature è stato più sensibile in estate che in inverno.
	Temperature massime e minime	Dal 1960 i valori medi annui delle temperature diurne massime e minime sono aumentati in tutte le regioni del Paese di 0,3–0,5 °C ogni decennio.
	Giorni di canicola e giorni di gelo, notti tropicali e giorni di disgelo	Negli ultimi decenni il numero dei giorni di canicola ha subito un netto aumento in tutta la Svizzera, mentre è sensibilmente diminuito il numero dei giorni di gelo. Finora le notti tropicali sono fortemente aumentate solo nella Svizzera meridionale. L'aumento dei giorni di disgelo è importante soprattutto per le regioni alpine d'alta quota con permafrost.
	Precipitazioni di forte intensità	Mentre per le precipitazioni (media annua) non è possibile delineare alcuna tendenza significativa dall'inizio del XX secolo, la frequenza di precipitazioni intense, specie sul versante Nord delle Alpi, è aumentata fino del 70 % in inverno e in autunno.
	Innevamento sull'Altipiano e nelle Prealpi	Negli ultimi 50 anni l'isoterma di zero gradi è salita nei mesi invernali di 67 m ogni decennio. Sull'Altipiano e nelle Prealpi diminuiscono di conseguenza la quantità di neve e la frequenza della nevicata.
Effetti a livello di ambiente naturale	Bilancio di massa dei ghiacciai	I ghiacciai sono tra gli indicatori climatici più attendibili in fatto di monitoraggio globale dell'ambiente. Dalla metà degli anni Ottanta si osserva una chiara tendenza dei ghiacciai alpini verso una continua e accelerata perdita di massa.
	Variazioni di temperatura nel permafrost	Lo spessore dello strato di gelo-disgelo del permafrost mostra in molte località una tendenza all'aumento con punte massime a partire dall'inizio di questo decennio.
	Formazione di ghiaccio sui laghi dell'Altipiano	In undici laghi dell'Altipiano si osserva dagli anni Quaranta una tendenza verso una formazione meno frequente del ghiaccio.

¹ GES: gas a effetto serra.

Settore	Indicatore	Informazioni e tendenze più importanti
Effetti a livello di ambiente naturale (continuazione)	Temperatura dei corsi d'acqua e popolazione di trote di fiume	Dagli anni Sessanta l'acqua dei fiumi dell'Altipiano diventa sempre più calda. Aumenta anche il numero di ore in cui la temperatura dell'acqua supera i 18 °C. Diminuisce, in concomitanza con questo riscaldamento, la popolazione di trote di fiume.
	Periodo di fioritura dei ciliegi	L'osservazione delle fasi di sviluppo delle piante fornisce buoni indizi sugli effetti locali del cambiamento climatico. Dal 1950 si manifesta una tendenza a una fioritura dei ciliegi anticipata di 15–20 giorni.
	Diffusione della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale	Dagli anni Cinquanta i sempre più numerosi inverni senza gelo hanno favorito la diffusione in Ticino della Palma del Giappone e vi sono già segnalazioni che indicano una sua diffusione a Nord delle Alpi.
Effetti a livello di società ed economia	Giorni riscaldamento e giorni raffreddamento	I giorni riscaldamento (temperature medie esterne < 12 °C) diminuiscono in tutta la Svizzera e tendono ad aumentare i giorni raffreddamento (temperature medie esterne > 18,3 °C).
	Garanzia d'innevamento nelle stazioni invernali	Il numero di giorni di neve tende a diminuire soprattutto in stazioni al di sotto dei 1500 m s.l.m. Uno slittamento temporale delle precipitazioni nevose verso il tardo inverno si manifesta anche nelle stazioni a più alta quota.
	Diffusione delle zecche e casi di meningoencefalite da zecche	L'aumento dei casi di meningoencefalite da zecche è spiegabile solo in parte con il riscaldamento climatico. Sono infatti determinanti anche altri fattori.
	Eventi meteorologici estremi e danni assicurati	Dall'inizio degli anni Settanta si osserva un aumento dei costi per danni provocati da piene e frane. Tale incremento è tuttavia proporzionalmente inferiore rispetto a quello della popolazione, della superficie d'insediamento e della densità di beni.
Risposte al cambiamento climatico a) Riduzione delle emissioni di gas serra	Attuazione della legge sul CO ₂	Dal 1990 si è riusciti a rendere stabili le emissioni di gas serra ma non ad abbassarle. La politica energetica (programma SvizzeraEnergia), le misure volontarie dell'industria e la diminuzione delle emissioni in agricoltura inducono una riduzione delle emissioni che è tuttavia compensata dall'aumento delle emissioni nel settore dei trasporti e dalla tendenza all'incremento dovuta allo sviluppo demografico ed economico.
	Emissioni di CO ₂ delle automobili nuove	Le emissioni medie di CO ₂ delle automobili nuove sono state ridotte a 187 g di CO ₂ /km, l'obiettivo di riduzione del consumo di carburante convenuto per il 2008 non è tuttavia in linea con l'attuale evoluzione tendenziale.
	Superficie di riferimento energetico di edifici certificati	Dal 1998 la superficie di riferimento energetico di edifici certificati (MINERGIE e MINERGIE-P) è in costante aumento, ma nel 2006 ammontava solo allo 0,9 % dell'intera superficie di riferimento energetico in Svizzera.
	Programmi cantonali d'incentivazione	Grazie a misure d'incentivazione adottate nel quadro del programma SvizzeraEnergia, Basilea-città è il Cantone che consegue il risparmio di CO ₂ di gran lunga più elevato. Alcuni Cantoni non dispongono a tutt'oggi di alcun programma d'incentivazione.
b) Strategie di gestione degli effetti del cambiamento climatico	Carte dei pericoli e prevenzione dei pericoli naturali	Le carte dei pericoli costituiscono uno strumento fondamentale per la gestione dei pericoli naturali. Esistono carte dei pericoli di piena, frana e caduta massi per circa il 30 % del territorio nazionale, ma nei piani di utilizzazione dei Comuni queste carte sono tuttavia impiegate solo in misura limitata.
	Misure nel settore del turismo invernale	Gli impianti d'innevamento artificiale costituiscono, specie nelle stazioni ad alta quota, uno strumento appropriato per assicurare lo svolgimento dell'attività sciistica durante gli inverni con poca neve. Dall'inizio degli anni Novanta il loro impiego in Svizzera ha fatto registrare un aumento esponenziale. Nel 2005 si è potuto innevare in questo modo quasi il 20 % di tutte le piste.
	Irrigazione in agricoltura	Dal 2005 la Confederazione ha modificato la prassi in materia di sussidi per gli impianti d'irrigazione. Oggigiorno vengono concessi versamenti a fondo perso non solo nelle valli interne alpine a clima secco del Vallese e dei Grigioni meridionali. Manca ancora tuttavia una regolamentazione generale dei diritti dei diversi utenti in caso di ricorrente penuria d'acqua.
	Adattamento della gestione forestale	I boschi misti di latifoglie indigene si adattano meglio al riscaldamento climatico rispetto ai boschi di conifere. Da qualche tempo si presta maggiore attenzione al criterio di adattabilità al sito delle specie arboree.

> Introduzione

Il clima cambia

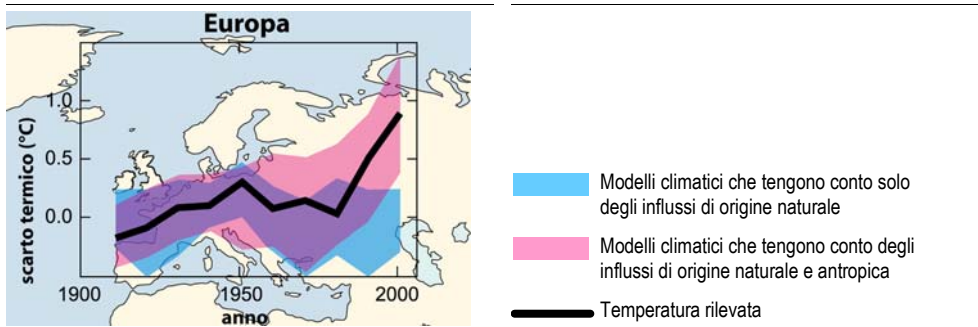
La pubblicazione, nel febbraio del 2007, del quarto rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007a) ha notevolmente accresciuto il bagaglio di conoscenze di cui disponevamo quanto alle relazioni esistenti tra emissioni di gas serra, concentrazioni di gas serra nell'atmosfera e riscaldamento globale.

L'aumento della temperatura media globale registrato a partire dalla seconda metà del XX secolo è causato in gran parte dall'incremento nell'atmosfera delle concentrazioni di gas serra di origine antropica. Dal 1970 circa si osserva a livello mondiale un riscaldamento che non può più essere spiegato solo da fattori naturali (p.es. variazioni dell'attività solare o eruzioni vulcaniche). La figura seguente illustra l'evoluzione del fenomeno in Europa (Fig. 1).

Oggi le incertezze quanto all'influenza sul clima delle emissioni di gas serra di origine antropica, ossia generate dall'uomo, sono ormai totalmente fugate.

Fig. 1 > Evoluzione effettiva delle temperature in Europa rispetto ai modelli climatici

Il tracciato in nero indica, per gli ultimi cento anni, lo scarto della media decennale delle temperature rispetto al valore medio del periodo 1901–1950. Sullo sfondo, a colori, è invece raffigurata la banda d'oscillazione calcolata da modelli climatici che tengono conto solo degli influssi di origine naturale (blu) o di quelli di origine naturale e antropica (rosa).



IPCC (2007a)

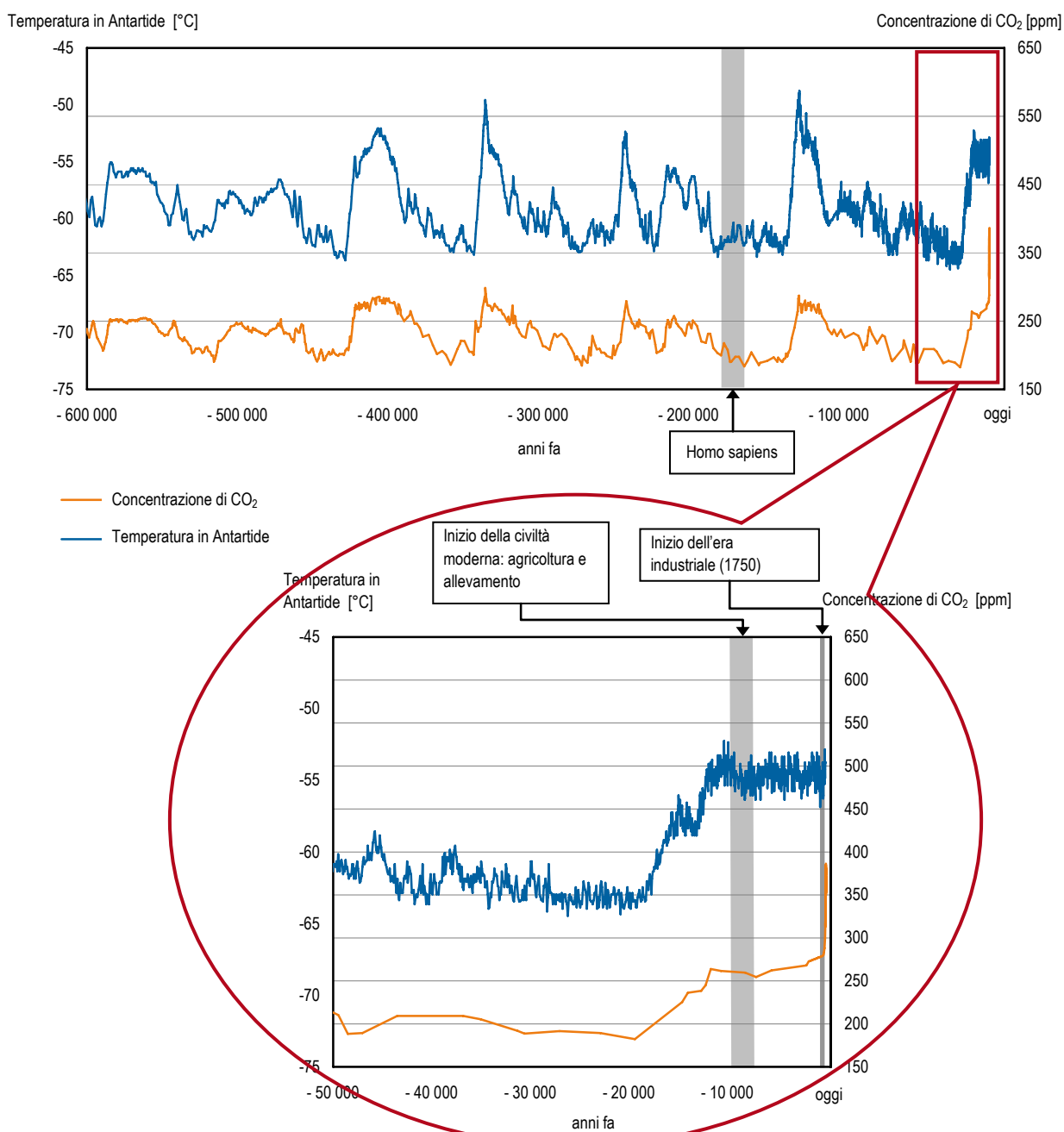
La concentrazione di CO₂ nell'atmosfera è aumentata per effetto delle attività umane (principalmente per via del consumo di combustibili fossili e dei cambiamenti di utilizzazione del suolo), passando da un valore pre-industriale di circa 280 ppm nel 1750 a oltre 380 ppm nel 2007.² L'odierna concentrazione di CO₂ supera di gran lunga la banda d'oscillazione naturale dei valori degli ultimi 600 000 anni (da 180 a 300 ppm), determinata a partire dai carotaggi effettuati nei ghiacci dell'Antartide. Mai in questo lasso di tempo la concentrazione di CO₂ è aumentata in modo così rapido come negli ultimi 50 anni. L'analisi delle carote di ghiaccio mostra anche che, negli ultimi 600 000 anni, un'alta concentrazione di CO₂ nell'atmosfera è sempre stata abbinata a temperature esterne elevate (Fig. 2).

L'anidride carbonica (CO₂) è il principale gas serra di origine antropica. La sua concentrazione è misurata in ppm (numero di molecole per milione di molecole di aria secca).

² Dati Mauna Loa (NOAA/ESRL/GMD DATA).

Fig. 2 > Concentrazione di CO₂ e temperature in Antartide

Evoluzione della concentrazione di CO₂ (arancione) e della temperatura in Antartide (blu) durante gli ultimi 600 000 anni (sopra) e durante gli ultimi 50 000 anni (sotto). I dati sono ricavati dall'analisi delle carote di ghiaccio estratte dalla calotta antartica. L'analisi delle bolle d'aria imprigionate nel ghiaccio permette di accertare la concentrazione di CO₂. La temperatura è desunta invece dalla concentrazione di deuterio nel ghiaccio. Strati annuali e misurazioni fisico-chimiche del ghiaccio consentono di trarre conclusioni circa l'età del ghiaccio analizzato. I dati relativi alla concentrazione di CO₂ a partire dal 1958 provengono da rilevamenti effettuati presso la stazione di ricerca di Mauna Loa, Hawaii.



EPICA Community Members (2004), Siegenthaler et al. (2005), NOAA (2007)

L'uomo moderno (*Homo sapiens*), comparso sulla Terra più di 150 000 anni fa, ha vissuto importanti oscillazioni climatiche. La sua diffusione su tutto il pianeta viene fra l'altro attribuita proprio alla sua notevole capacità di adattarsi a climi diversi. Da quando l'umanità si è sedentarizzata e ha cominciato a praticare l'agricoltura e l'allevamento (11 500–5500 anni fa), il clima globale è stato tuttavia caratterizzato da una fase di relativa stabilità. Il mutamento climatico innescato dall'uomo in tempi recenti minaccia di mettere repentinamente fine a questa fase e potrebbe far registrare livelli di temperatura mai raggiunti prima nella storia della civiltà moderna.

Gli effetti del mutamento climatico diventano percepibili – a livello mondiale e in Svizzera

Oggi, in tutto il pianeta, esistono prove evidenti di quanto i sistemi naturali risentano di cambiamenti climatici regionali dovuti in particolare all'innalzamento delle temperature. In molte regioni del mondo il riscaldamento antropogenico osservato contribuisce, ad esempio, con tutta probabilità allo scioglimento dei ghiacciai, a modificare i tassi di deflusso dei corsi d'acqua, ad innalzare le temperature delle acque, ad anticipare le epoche di fioritura, a prolungare i periodi di vegetazione e a spostare la migrazione di animali e piante verso latitudini più settentrionali o zone poste a quote più elevate (IPCC, 2007b).

L'Organo consultivo svizzero sui cambiamenti climatici (OcCC) e il Forum per il clima e il cambiamento globale dell'Accademia svizzera di scienze naturali (ProClim-) hanno elaborato, sulla base di uno scenario di mutamento climatico regionale fino al 2050, una valutazione qualitativa della vulnerabilità al cambiamento di diversi sistemi naturali e umani della Svizzera (OcCC/ProClim-, 2007). Basandosi sullo studio dell'OcCC, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ha inoltre disposto la realizzazione di studi sugli effetti economici del mutamento climatico. In questo contesto, oltre ad esaminare le conseguenze del cambiamento climatico a livello nazionale, sono state analizzate anche le ripercussioni che il mutamento climatico registrato in altre parti del mondo ha sulla Svizzera in quanto piccola economia, fortemente orientata verso l'estero (Ecoplan et al., 2007; Infras et al., 2007).

In Svizzera gli effetti negativi del riscaldamento climatico che sono documentati e previsti riguardano in particolar modo la natura inanimata (ciclo idrologico, ghiacciai, permafrost, manto nevoso), il manifestarsi di eventi calamitosi (estremi termici, precipitazioni di forte intensità, piene, smottamenti e colate detritiche, siccità) e gli ecosistemi (flora e fauna, boschi). Oltre all'ambiente naturale, i settori più vulnerabili sono quelli del turismo invernale, dell'energia e della salute. Altri settori, come l'agricoltura, possono trarre vantaggio da un riscaldamento climatico moderato, a condizione che il cambiamento non assuma dimensioni superiori a quelle attese per il 2050. Le ricerche hanno inoltre mostrato che le conseguenze cui la Svizzera potrebbe essere esposta a causa dell'incidenza negativa del clima sui rapporti commerciali internazionali sono di una portata perlomeno paragonabile a quelle che si potrebbero prevedere in ambito strettamente nazionale.

Numerosi sistemi naturali hanno già reagito ai cambiamenti climatici regionali.

Stando a previsioni basate su osservazioni e modelli di calcolo attuali, la Svizzera (specialmente la sua regione alpina) sarà interessata dal cambiamento climatico in maniera superiore alla media.

Problemi di «misurazione» del mutamento climatico e dei suoi effetti

Valutare gli effetti del cambiamento climatico sull'ambiente naturale e umano è un compito estremamente impegnativo.

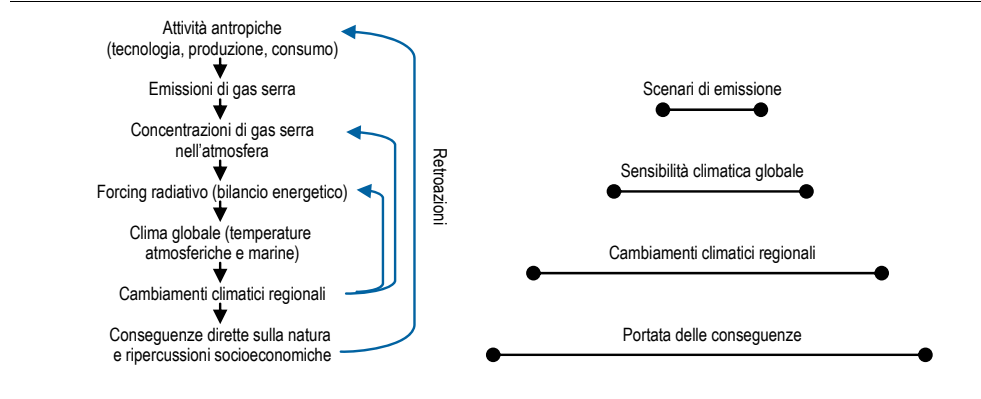
1. L'ampia banda di oscillazione dei fenomeni meteorologici sull'arco di settimane, mesi e anni sottolinea l'elevata variabilità naturale del clima. Ciò vale in special modo per la Svizzera, che, essendo situata a cavallo del crinale alpino, è esposta alle condizioni meteorologiche più diverse. Questa forte variabilità naturale rende difficile il riconoscimento di nuove tendenze climatologiche.
2. In virtù della sostanziale inerzia del sistema climatico, il cambiamento del clima innescato dall'uomo si compie in modo lento ma inarrestabile sull'arco di periodi di tempo che possono estendersi su decenni o secoli. Gli effetti del mutamento climatico vengono perciò solitamente sopravanzati da evoluzioni sociali ed economiche a più rapido sviluppo (p.es. mutamenti strutturali dell'economia, progressi tecnologici). Il più delle volte è dunque impossibile isolare completamente gli effetti del cambiamento climatico da altri fattori di influenza.
3. Tra l'influenza dell'uomo sul clima e gli adattamenti, le reazioni di compensazione e i feedback che si compiono a breve, medio e lungo termine nel sistema climatico, come pure in settori della natura inanimata e animata soggetti all'azione del clima, vigono complessi rapporti di interazione e di dipendenza. Descrivere questi rapporti usando una nozione di semplice relazione di causa (nel sistema climatico) ed effetto (negli ecosistemi o nella vita quotidiana della società) non rende però appieno la loro complessità. Gli indicatori degli effetti del cambiamento climatico poggiano dunque su relazioni di causa-effetto sì scientificamente fondate e plausibili, ma spesso non completamente dimostrabili.

Nella figura seguente (Fig. 3) è schematizzato, con riferimento al terzo punto, un meccanismo semplificato del mutamento climatico che mostra come il grado di incertezza aumenti a mano a mano che si approfondisce il livello di analisi. L'illustrazione evidenzia inoltre come i processi di feedback incidano sugli effetti, andando così a complicarne ulteriormente l'analisi.

La complessità del sistema climatico e delle sue interazioni con la natura non si presta ad essere descritta mediante semplici relazioni di causa-effetto.

Fig. 3 > Reazione a catena e grado di incertezza

Reazione a catena delle emissioni di gas serra in riferimento agli effetti su natura e società (a sinistra) e grado di incertezza ivi connesso (a destra). Gli effetti di feedback (blu) sono presentati a titolo d'esempio. Sensibilità del clima: grado di reazione del sistema climatico a una modifica della concentrazione di gas serra.



Rappresentazione propria secondo dati OCSE (2004) e Hope (2005).

Indicatori dell'evoluzione del clima e dei suoi effetti su natura e società in Svizzera

Il presente rapporto fornisce informazioni su indicatori per i quali esistono già dati relativamente facili da acquisire. Il suo obiettivo è illustrare in modo chiaro e sulla base di esempi ben documentati le relazioni e i nessi che si instaurano tra (cambiamento del) clima, stato dell'ambiente e società nel corso del tempo. Gli indicatori recensiti e interpretati riguardano i seguenti ambiti:

- > evoluzione delle emissioni di gas serra in Svizzera (secondo il tipo di gas, i settori, i fattori, ecc.);
- > evoluzione del clima, specie a partire dal 1960 (temperatura, precipitazioni);
- > effetti sulla natura (ghiacciai, regime idrico, acque, flora e fauna);
- > effetti su società ed economia (energia, turismo, sanità, eventi meteorologici estremi);
- > risposta della politica in fatto di riduzione del cambiamento climatico (con particolare riferimento all'attuazione della legge sul CO₂) e in fatto di gestione degli effetti già rilevabili o attesi.

Gli indicatori illustrano il cambiamento climatico e le sue ripercussioni su natura, società, economia e politica in Svizzera.

Grazie agli inventari delle emissioni da presentare annualmente nel quadro della Convenzione sul clima e ai controlli di efficacia relativi all'attuazione della legge sul CO₂, l'UFAM dispone già di informazioni dettagliate circa l'evoluzione delle emissioni di gas serra. Tali informazioni consentono di seguire i cambiamenti che avvengono tra i diversi gruppi di emittenti e aiutano ad identificare i settori in cui la necessità di misure per la riduzione delle emissioni è particolarmente forte. Poiché tutti gli Stati Parte della Convenzione sul clima, specie quelli industrializzati, sono tenuti dal 1990 ad allestire inventari di emissioni comparabili, ci è inoltre data la possibilità di presentare la situazione della Svizzera alla luce del confronto internazionale.

Nel settore delle informazioni meteorologiche e climatologiche esiste una fitta rete di stazioni di monitoraggio, distribuite su tutto il territorio, che raccoglie serie anche molto lunghe di rilevamenti. Dal 2005 l'Ufficio federale di meteorologia e climatologia (MeteoSvizzera) gestisce inoltre un servizio (Swiss GCOS Office), integrato nella rete internazionale di monitoraggio Global Climate Observing System, che coordina i diversi programmi di monitoraggio in materia di clima gestiti da Uffici federali, scuole universitarie e istituti di ricerca, assicurando continuità alle maggiori serie storiche di dati nel quadro di un sistema nazionale di monitoraggio del clima (Seiz, Foppa, in corso di stampa). Il servizio contribuisce così in modo significativo a documentare l'evoluzione del cambiamento climatico e dei suoi effetti sull'ambiente naturale in Svizzera. I rilevamenti condotti dall'UFAM rivestono particolare importanza per quel che riguarda gli effetti sulle acque. Per ciò che concerne invece l'evoluzione della flora e della fauna si può inoltre far capo ai risultati di singoli progetti di ricerca e di monitoraggio.

Circa gli effetti del cambiamento climatico su società ed economia non esistono finora rilevamenti sistematici. A questo livello è inoltre particolarmente acuto il problema legato alla difficoltà di scindere il ruolo dei fattori climatici da quello di altri fattori, ad esempio di natura economica e politica. Migliorare la base di dati è tuttavia importante sia ai fini di un loro riconoscimento precoce, sia ai fini del vaglio di opportune misure di adattamento.

Nel caso degli indicatori riguardanti misure motivate da ragioni di politica climatica, distinguere tra misure per la riduzione delle emissioni e misure per l'adattamento al mutamento climatico è di fondamentale importanza. Mentre per il controllo di efficacia delle misure che incidono sull'evoluzione delle emissioni si dispone di basi di dati abbastanza solide, la documentazione relativa alla gestione degli effetti del mutamento climatico – forse anche perché si tratta in genere di processi striscianti – è solo agli inizi. Soltanto nel settore dei pericoli naturali ci si può riallacciare alla tradizione esistente, a prescindere dal cambiamento climatico, in materia di valutazione e prevenzione dei pericoli.

Disporre di sistemi di monitoraggio efficaci costituisce una condizione base indispensabile per poter valutare le necessità d'intervento e pianificare i provvedimenti, evitare decisioni errate e verificare l'efficacia delle misure adottate. In futuro si dovrà dunque prestare maggiore attenzione ai settori la cui evoluzione è ancora oggi monitorata in modo assai lacunoso o in cui mancano basi per la valutazione dei possibili effetti. Dal momento poi che molte evoluzioni possono essere analizzate solo sul lungo periodo e che possono essere pienamente interpretate solo alla luce dell'effettiva necessità politica d'intervento, occorre nel contempo vegliare a che gli strumenti di monitoraggio esistenti vengano perfezionati e, ove necessario, potenziati.

1 > Emissioni di gas serra

Questo, a grandi linee, il quadro che appare ai nostri occhi gettando uno sguardo oltre i confini nazionali: le emissioni di gas serra nei Paesi industrializzati tendono ancora ad aumentare, negli Stati dell'ex blocco sovietico sono oggi nettamente inferiori rispetto al 1990, mentre continuano incessantemente a crescere nei Paesi in via di sviluppo. Dal 1990 in Svizzera il totale delle emissioni di gas serra è rimasto all'incirca costante: l'evoluzione è contraddistinta da un aumento nel settore energetico e da una corrispondente diminuzione nella maggior parte degli altri settori.

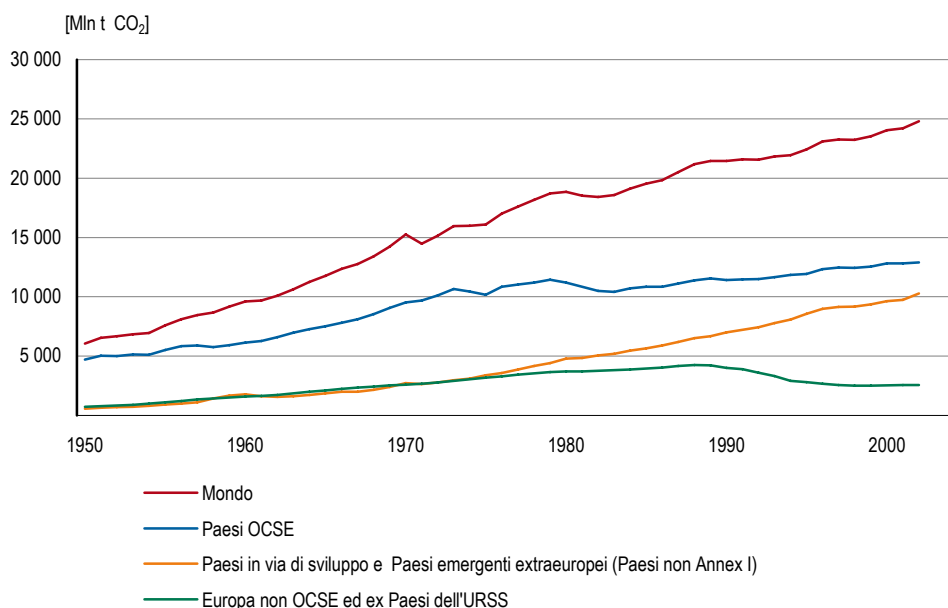
1.1 Emissioni di CO₂ a livello mondiale

La causa principale delle emissioni antropogeniche di CO₂ è costituita dalla combustione di vettori energetici fossili. Le emissioni globali di CO₂ crescono dall'avvento dell'industrializzazione. Quadruplicatesi tra il 1950 e il 2002, ammontavano nel 2002 a circa 25 miliardi di tonnellate (Fig. 4).

I vettori energetici più importanti a livello mondiale sono petrolio, carbone e gas naturale. La combustione di 1 kg di gasolio o di benzina produce 3,14 kg di CO₂.

Fig. 4 > Emissioni di CO₂ dal 1950 al 2002

Emissioni di CO₂ nel mondo e in tre gruppi di Paesi scelti. Ad essere rappresentate sono le emissioni derivanti dalla combustione di vettori energetici fossili e dalla produzione di cemento (non è compreso il bilancio delle emissioni derivanti da disboscamenti e rimboschimenti).



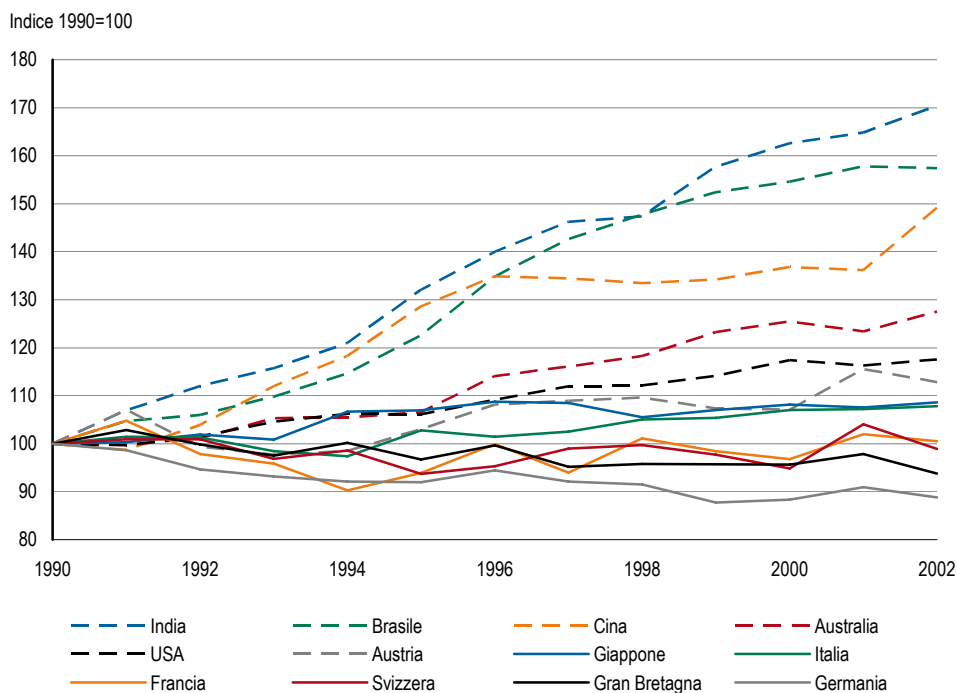
- > Nei Paesi OCSE il forte incremento verificatosi negli anni Sessanta è stato sì frenato dalle crisi petrolifere del 1973 e del 1979, ma la tendenza all'aumento perdura.
- > Dopo il crollo del blocco sovietico e la successiva dissoluzione dell'URSS si è avuta, nei Paesi interessati, una diminuzione delle emissioni di CO₂ dovuta al loro declino economico. Dal 2000 le emissioni sono invece rimaste più o meno stabili o hanno ripreso a crescere.
- > Sull'arco dell'intero periodo in esame – fino al 1970 lentamente e in seguito con sempre maggiore rapidità – le emissioni di CO₂ crescono pure nei Paesi extraeuropei in via di sviluppo e in quelli emergenti (p.es. Cina, India).

1.2 **Emissioni di CO₂ in un alcuni Paesi scelti**

A livello internazionale l'evoluzione delle emissioni di CO₂ segue dal 1990 un andamento estremamente differenziato. L'aumento più massiccio (in cifre assolute) si è registrato nei Paesi emergenti e solo in pochi Paesi europei si è riusciti a ottenere una qualche diminuzione.

Fig. 5 > Emissioni di CO₂ in alcuni Paesi scelti dal 1990 al 2002

Emissioni derivanti dalla combustione di vettori energetici fossili e dalla produzione di cemento (non è compreso il bilancio delle emissioni derivanti da disboscamenti e rimboschimenti).



World Resources Institute (2007)

Il raffronto delle emissioni di CO₂ prodotte tra il 1990 e il 2002 evidenzia le seguenti differenze nelle evoluzioni dei singoli Paesi.

- > **Crescita:** le emissioni dei Paesi emergenti India, Brasile e Cina sono aumentate in modo massiccio a seguito della crescita della loro produzione. Anche l'Australia e gli USA fanno registrare un notevole incremento delle loro emissioni.
- > **Stagnazione:** diversi Paesi d'Europa sono riusciti ad arrestare l'aumento delle emissioni. Tra questi vi sono la Svizzera e la Francia (come pure l'Olanda e il Belgio, non riportati nel grafico).
- > **Calo:** grazie al passaggio dal carbone al petrolio e al gas naturale e grazie alla promozione di vettori energetici rinnovabili la Gran Bretagna, insieme alla Svezia (non riportata nel grafico), è riuscita a ridurre le proprie emissioni. In Germania ha ulteriormente contribuito alla riduzione delle emissioni la ristrutturazione dell'economia nell'ex RDT.

1.3 Emissioni di gas serra in Svizzera

In Svizzera le emissioni di gas serra (anidride carbonica, metano, protossido di azoto, gas sintetici) non sono più aumentate dal 1990. È tuttavia lievemente variata la quota percentuale di emissioni dei singoli settori. Nel grafico seguente (Fig. 6) è rappresentata graficamente la somma delle emissioni di tutti i settori. Per sommare le emissioni dei diversi gas, questi devono essere ponderati secondo il loro potenziale di riscaldamento (GWP³). La somma ponderata dei gas viene espressa dall'unità «CO₂ equivalente».

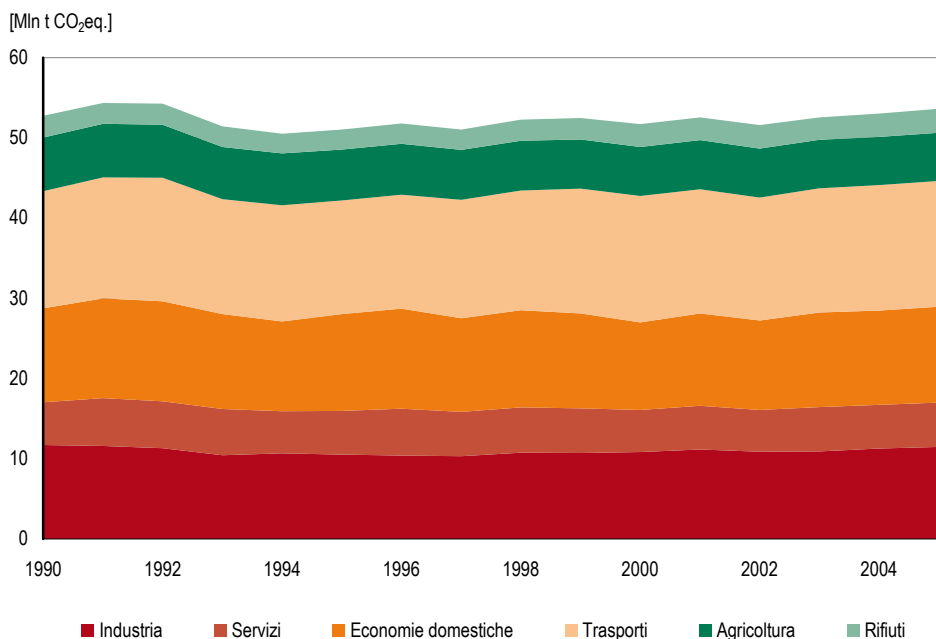
Il totale delle emissioni di gas serra mostra oscillazioni annue riconducibili essenzialmente alla variazione delle temperature invernali: negli inverni freddi si riscalda di più, il che accresce le emissioni prodotte dai settori delle economie domestiche e dei servizi. Le oscillazioni annue di questi due settori seguono la variazione dei giorni-grado di riscaldamento (cfr. capitolo 1.4.1).

Nel 2005 il totale delle emissioni è stato del 3% superiore rispetto al 1990. L'aumento più consistente è stato registrato dai trasporti (7%). Nel 2005, dopo una fase di stagnazione nel corso degli anni Novanta, le emissioni dell'industria sono tornate a crescere fin quasi a raggiungere il livello del 1990: nel 2005 erano di appena il 2% inferiori a quelle del 1990. In agricoltura le emissioni si sono ridotte del 10% rispecchiando la pari diminuzione registrata dall'effettivo degli animali da reddito. Nel settore dei rifiuti le emissioni sono aumentate di circa il 10%: la combustione dei rifiuti, tuttavia, genera sì CO₂, ma serve anche alla produzione di energia e, a lungo termine, evita più consistenti emissioni di metano provenienti dalle discariche di rifiuti.

³ GWP: Global Warming Potential. Il CO₂ è il gas di riferimento (GWP = 1). 1 t di metano corrisponde a 21 t di CO₂ (GWP = 21); 1 t di protossido di azoto corrisponde a 310 t di CO₂ (GWP = 310). I gas sintetici hanno valori GWP tra 140 (HFC 152s) e 23 900 (SF₆, esafluoruro di zolfo). I valori si riferiscono all'azione relativa di un gas sull'arco di 100 anni.

Fig. 6 > Emissioni di gas serra per settori dal 1990 al 2005

Evoluzione delle emissioni di gas serra in Svizzera tra il 1990 e il 2005, suddivisa in sei settori.



UFAM (2007a)

1.4 Emissioni di gas serra e fattori d'influenza

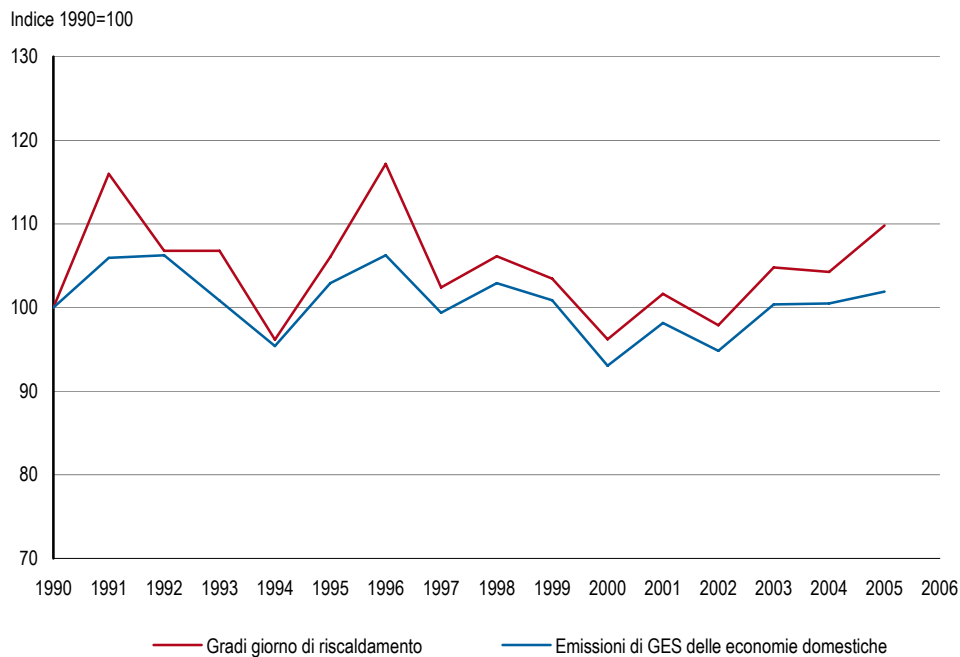
1.4.1 Economie domestiche

In Svizzera il calore ambiente e l'acqua calda sono ottenuti perlopiù mediante combustibili fossili, i quali rappresentano la fonte di gran lunga più consistente delle emissioni di gas serra provenienti dalle economie domestiche. La figura seguente (Fig. 7) mostra l'andamento dei giorni-grado di riscaldamento⁴ annuali (media svizzera) in giustapposizione a quello delle emissioni di gas serra delle economie domestiche.

⁴ Giorni-grado di riscaldamento: l'equivalenza è determinata calcolando, per ogni giorno con temperatura media inferiore ai 12 °C, la differenza tra detta temperatura media e 20 °C. Se p.es. un giorno la temperatura media è di 6 °C esso equivarrà a (20-6 =) 14 giorni-grado di riscaldamento.

Fig. 7 > Emissioni di gas serra delle economie domestiche e giorni-grado di riscaldamento dal 1990 al 2005

*Raffronto tra le emissioni di gas serra e i giorni-grado di riscaldamento annuali (indicizzati).
GES: gas a effetto serra.*



UFE (2006) e UFAM (2007a)

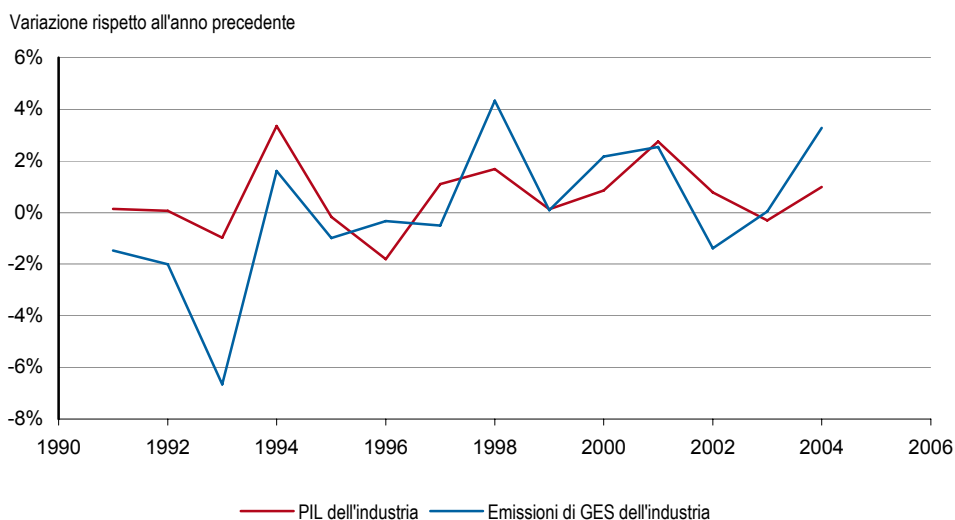
I due tracciati sono molto ben correlati, il che mette in rilievo il fatto che negli inverni freddi si scaldi di più che in quelli caldi. Tenuto conto che nello stesso arco di tempo il numero di persone, la superficie abitativa per persona e, dunque, la superficie riscaldata sono aumentati, se ne deduce che si è riusciti ad abbassare il consumo di energia da riscaldamento per metro quadrato di superficie abitativa (in caso contrario le emissioni di gas serra avrebbero fatto registrare un aumento superiore a quello del numero dei giorni-grado di riscaldamento). La riduzione del consumo di energia da riscaldamento è frutto della migliore coibentazione degli edifici e di una maggiore efficienza dei sistemi di riscaldamento. Tale circostanza è rappresentata quantitativamente nella figura 14 (cfr. capitolo 1.6).

1.4.2 Industria

Il volume di produzione dell'industria e le sue emissioni di gas serra sono strettamente interconnessi fra loro. La figura seguente (Fig. 8) mostra le variazioni dell'uno e delle altre in rapporto all'anno precedente (il segno negativo indica una diminuzione rispetto all'anno precedente).

Fig. 8 > Tasso di variazione annuo delle emissioni di gas serra e del PIL dell'industria dal 1990 al 2004

Emissioni di gas serra e prodotto interno lordo (PIL reale) dell'industria. Ad essere riportati non sono i valori assoluti, bensì le variazioni rispetto all'anno precedente. Nelle emissioni sono compresi anche i gas sintetici.⁵ GES: gas a effetto serra.



UFE (2006) e UFAM (2007a)

La produzione presenta, dopo un periodo di stagnazione all'inizio degli anni Novanta, oscillazioni consistenti e a breve termine. Produzione industriale ed emissioni di gas serra procedono di pari passo: a partire dal 1994 mostrano da un anno all'altro variazioni di entità pressoché uguale. Se la curva delle emissioni corresse al di sotto di quella della produzione espressa in termini di PIL oppure se entrambe le curve seguissero tracciati sempre più divergenti, si potrebbe dire che nell'industria si è compiuto un disaccoppiamento tra produzione ed emissioni. Detta tendenza non è però individuabile.

1.4.3 Trasporti

Il settore dei trasporti comprende il trasporto stradale, ferroviario, navale e aereo. Ai fini del Protocollo di Kyoto le emissioni di gas serra sono calcolate secondo il «principio del volume di vendita»; nel caso del trasporto stradale quest'ultimo corrisponde al volume di benzina e gasolio venduto da tutte le stazioni di servizio svizzere. Dato però che in Svizzera la benzina costa meno che all'estero, molti frontalieri fanno rifornimento nel nostro Paese accrescendone così il volume di vendita. L'inverso vale per il gasolio, anche se in misura più contenuta rispetto alla benzina. In termini netti si ottiene dunque un'esportazione di carburante che nel grafico seguente (Fig. 9) è indicata separatamente alla voce «turismo da rifornimento». Nel trasporto aereo il consumo

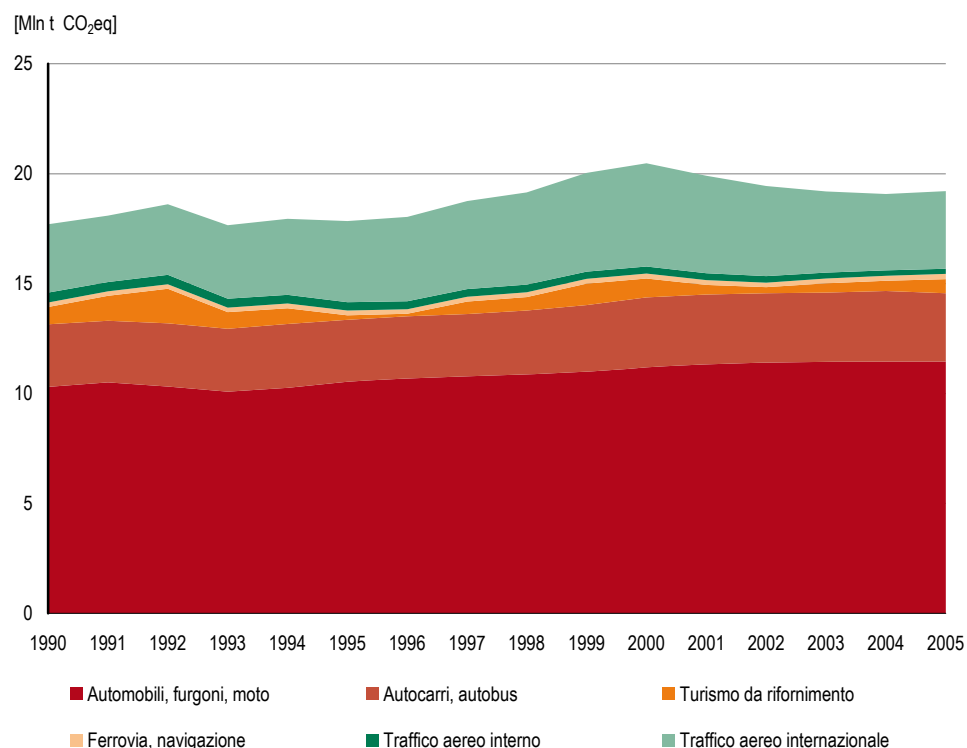
⁵ Tra i gas sintetici rientrano:

- gli idrofluorocarburi (HFC), impiegati p.es. in prodotti refrigeranti, prodotti schiumogeni e gas serra in bombolette spray;
- gli idrocarburi perfluorati (PFC), impiegati p.es. nella fabbricazione di semiconduttori, solventi e vettori termici;
- l'esfluoruro di zolfo (SF₆), impiegati p.es. in isolanti per alta tensione, leghe di alluminio e di magnesio o nella fabbricazione di semiconduttori.

di carburante dei voli interni e dei voli internazionali è calcolato separatamente. In questo caso, ai fini del Protocollo di Kyoto vale solo il consumo per i voli interni.

Fig. 9 > Emissioni di gas serra dei trasporti dal 1990 al 2005

Evoluzione delle emissioni di gas serra secondo i vettori di trasporto. Turismo da rifornimento di carburante: vedi spiegazione nel testo.



UFAM (2007b)

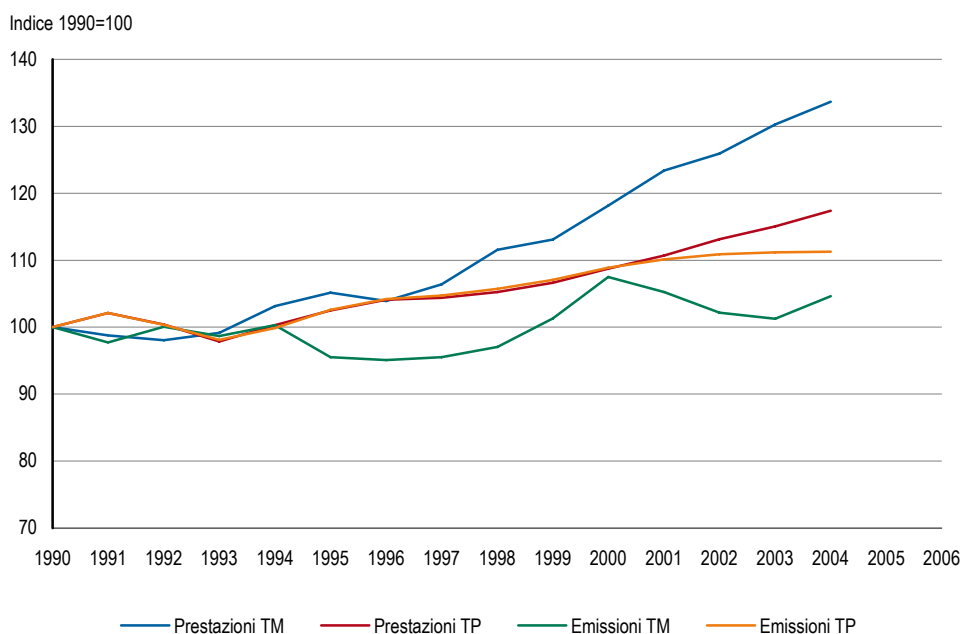
- > **Trasporto stradale:** nel periodo compreso tra il 1990 e il 2005 le emissioni di gas serra delle autovetture private e dei piccoli veicoli commerciali sono aumentate dell'11%, quelle degli autocarri e dei torpedoni del 10%. Il turismo da rifornimento è soggetto a forti fluttuazioni poiché è sensibile alle differenze di prezzo dei carburanti esistenti tra Svizzera e Paesi confinanti.
- > **Trasporto ferroviario e navigazione:** nel 2005 il trasporto su rotaia (locomotive diesel per traffico di manovra e di servizio) ha emesso quasi 100 000 tonnellate di CO₂ equivalenti, la navigazione sulle acque svizzere quasi 130 000 tonnellate di CO₂ equivalenti. Tra il 1990 e il 2005 le emissioni del traffico su rotaia sono aumentate del 15%, quelle della navigazione dell'1%.
- > **Trasporto aereo:** tra il 1990 e il 2005 le emissioni hanno registrato un incremento del 6%. Nel 2000 – prima del «grounding» di Swissair – si era toccato il massimo storico, con una punta che superava del 41% il valore del 1990. Dopo il «grounding» le emissioni sono andate calando fino al 2004 e da allora sono nuovamente tornate ad aumentare.

1.4.4 **Trasporto stradale**

Il settore del trasporto stradale abbraccia la mobilità ordinaria (trasporto passeggeri) e la mobilità di servizio (trasporto merci). Terminata la fase di stagnazione registratasi a cavallo tra il 1990 e il 1993, la mobilità è cresciuta tanto nel settore del trasporto passeggeri quanto in quello del trasporto merci.

Fig. 10 > Emissioni di gas serra del trasporto stradale e mobilità dal 1990 al 2004

Trasporto stradale ed emissioni di gas serra (indicizzate). La mobilità è espressa in persone-chilometro (TP: trasporto passeggeri) e in tonnellate-chilometro (TM: trasporto merci).



UFAM (2007b) e UST (2007a)

Le emissioni di gas serra del trasporto stradale sono determinate in primo luogo dall'andamento della capacità di percorrenza (chilometri percorsi) e quindi dal consumo di carburante. Tale circostanza è illustrata dal costante aumento delle emissioni prodotte dal trasporto passeggeri. Il trasporto merci fluttua più fortemente in reazione ad oscillazioni congiunturali. Grazie al costante miglioramento delle tecniche di trattamento dei gas di scarico (catalizzatori), le emissioni di metano e di protossido di azoto non aumentano nella stessa misura della capacità di percorrenza. Ad esercitare un effetto frenante sulle emissioni è inoltre il miglioramento dell'efficienza energetica delle automobili private e la tendenza a preferire autovetture a motore diesel. Mentre, infine, nel periodo compreso tra il 1990 e il 2000 emissioni e mobilità corrono parallelamente, a partire dal 2001 le emissioni vengono sopravanzate dalla mobilità come riflesso appunto dell'incremento ottenuto sul piano dell'efficienza.

Sul fronte delle emissioni del trasporto merci appare visibile l'effetto sortito dalla tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni che, dopo la sua introduzione nel

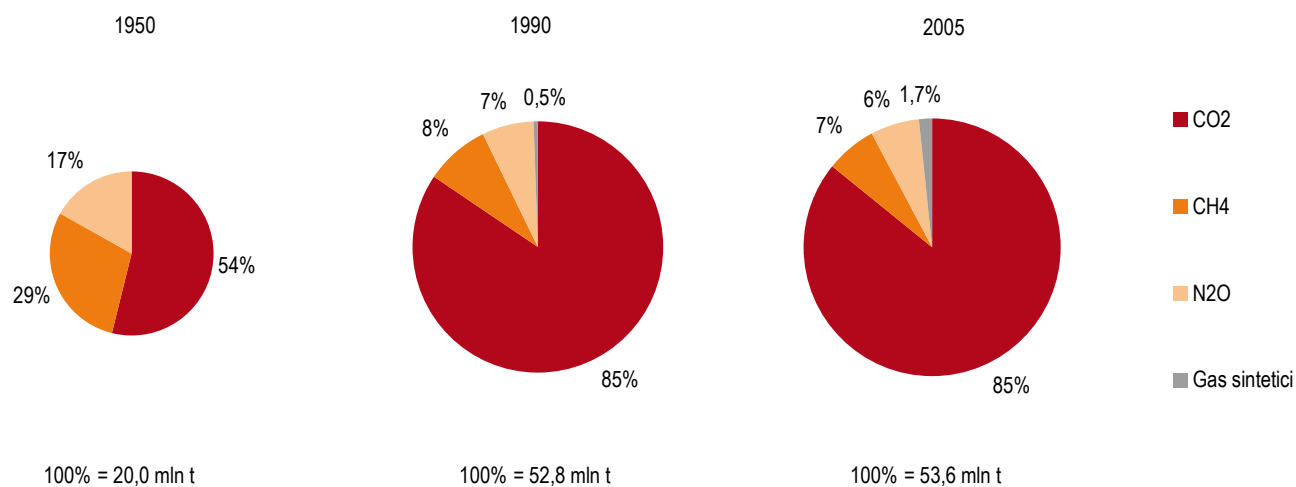
2001, ha portato a una temporanea riduzione (tra il 2001 e il 2003) dei chilometri percorsi. In concomitanza con un aumento della capacità di trasporto tale riduzione è normalmente dovuta all'impiego di veicoli merci più grossi, cosa che è di fatto avvenuta a seguito del progressivo passaggio dalle 28 alle 40 tonnellate.

1.5 Emissioni di gas serra per tipo di gas

Dal 1950 al 2005 la somma delle emissioni di gas serra in Svizzera si è moltiplicata per 2,7 passando così da 20,0 milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti⁶ a 53,6 milioni di tonnellate. La quota percentuale dell'anidride carbonica è aumentata dal 54 % fin quasi all'85 %, mentre quella di metano e protossido di azoto è calata dal 46 % al 13 %.

Fig. 11 > Emissioni di gas serra per tipo di gas nel 1950, nel 1990 e nel 2005

Quote percentuali di anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O) e gas sintetici (HCF, PCF e SF₆) sulle emissioni di gas serra totali della Svizzera (confronto sulla base dei CO₂ equivalenti). La dimensione dei diagrammi è proporzionale ai quantitativi assoluti di emissioni.



UFAFP (1995) e UFAM (2007b)

I motivi all'origine della variazione subita dalle quote percentuali dei diversi gas è da ricercarsi nelle grandi trasformazioni sociali ed economiche avvenute negli ultimi 50 anni.

> Il volume del trasporto su strada è aumentato enormemente: il numero di autovetture private è passato, ad esempio, da circa 150 000 a 3,8 milioni di unità. La capacità di percorrenza dell'insieme dei veicoli, che nel 1950 ammontava complessivamente a 3,5 miliardi di chilometri-veicolo, è passata nel 2005 a 63 miliardi di chilometri-veicolo. Risultano oggi essere aumentati in modo corrispondente anche il consumo di carburante e le emissioni di CO₂.

⁶ Cfr. capitolo 1.3

- > Abitanti, numero di abitazioni e volume di metri cubi riscaldati sono aumentati e con essi anche il consumo di combustibile e le emissioni di CO₂.
- > In agricoltura vi sono stati, rispetto al 1950, cambiamenti significativi nelle dimensioni e nelle strutture delle aziende. La superficie agricola utile e l'effettivo di animali da reddito sono tuttavia rimasti pressoché uguali. Le emissioni di metano e di protossido di azoto, tipiche dell'agricoltura, hanno di conseguenza conosciuto solo lievi variazioni (il calo di circa 10% subito dalle emissioni a partire dal 1990 corrisponde alla diminuzione registrata nell'effettivo degli animali da reddito). Sono invece molto più basse, in termini relativi, le quote percentuali di metano e di protossido di azoto: questo per via del forte aumento registrato dalle emissioni di CO₂ negli altri settori.
- > I gas sintetici non esistevano ancora nel 1950. Sono stati elaborati solo in concomitanza con l'avvento della criotecnica e della climatizzazione, delle materie plastiche espansive e della tecnica dei semiconduttori, trovando grande diffusione soprattutto da quando, negli anni Novanta, sono stati proibiti gas come i CFC e gli HCFC, che impoveriscono lo strato di ozono.

1.6 **Intensità dei gas serra**

Le intensità dei gas serra misurano le emissioni di tali gas in rapporto a diverse grandezze socioeconomiche.

Fig. 12 > Emissioni di gas serra e popolazione

*Emissioni di gas serra per abitante tra il 1990 e il 2005.
Indice 1990=100*

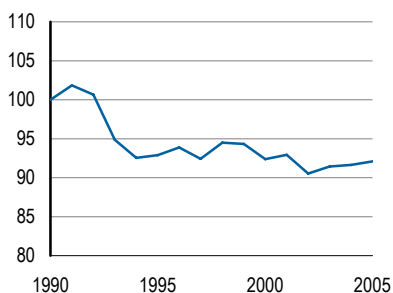


Fig. 13 > Emissioni di gas serra e prodotto interno lordo

*Emissioni di gas serra per prodotto interno lordo (reale) in franchi tra il 1990 e il 2005.
Indice 1990=100*

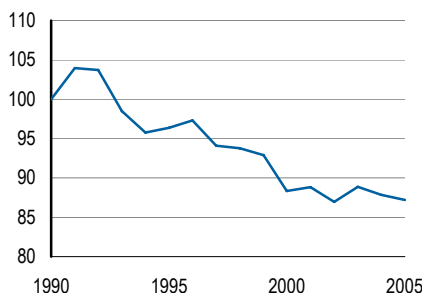
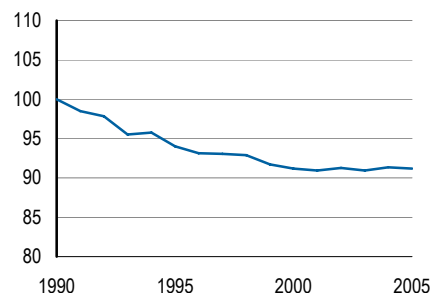


Fig. 14 > Emissioni di gas serra e consumo finale di energia

*Emissioni di gas serra per consumo finale di energia tra il 1990 e il 2005.
Indice 1990=100*



UFE (2006), UST (2007a) e UFAM (2007b)

- > Popolazione: le emissioni di gas serra rapportate al numero di abitanti (Fig. 12) mostrano che, agli inizi degli anni Novanta, le emissioni pro capite sono calate di circa il 7% e da allora si sono mantenute più o meno costanti attorno a 7,2 tonnellate di CO₂ equivalenti per abitante (solo CO₂: circa 6 t per abitante).
- > Prodotto interno lordo (PIL): una diminuzione delle emissioni di gas serra si registra anche in rapporto al PIL (Fig. 13). All'origine di questa tendenza, che dura dal 1991,

vi sono la terziarizzazione (trasformazione dell'economia dovuta al passaggio da una società industriale a una di servizi) e l'aumento dell'efficienza energetica della produzione.

- > Consumo finale di energia: tra il 1990 e il 1999 le emissioni di gas serra per unità finale di energia consumata sono diminuite dell'8% circa, il che è da mettere soprattutto in relazione con il passaggio dal petrolio al gas naturale e con la crescente importanza assunta dall'elettricità. Rimangono costanti, dal 2000, le emissioni specifiche (Fig. 14).

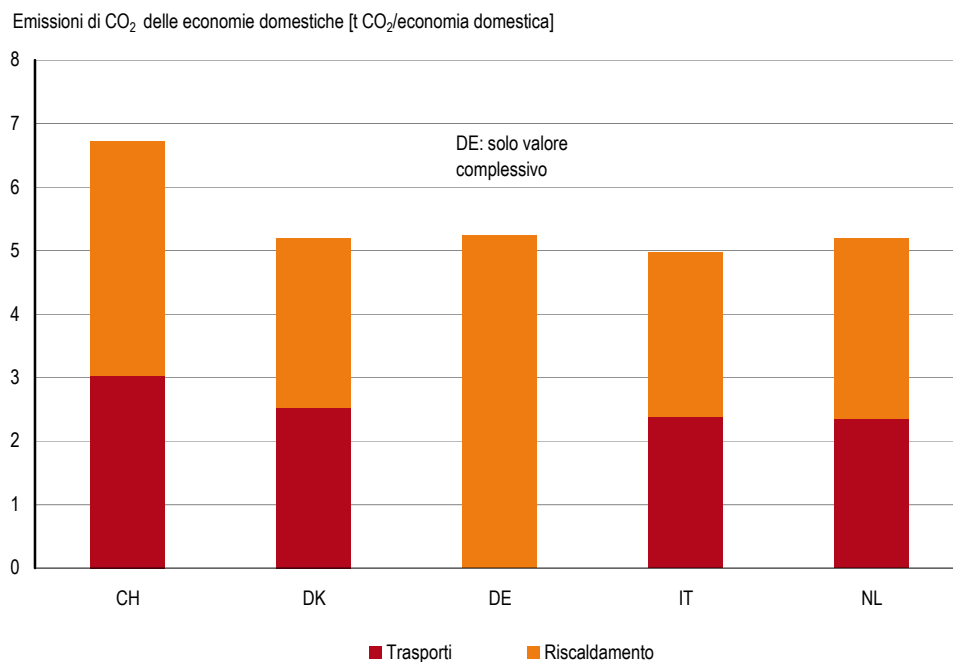
La tendenza comune ai tre indicatori mostra che sino alla fine degli anni Novanta si è riusciti a ridurre le emissioni anche in presenza di un aumento della popolazione, del PIL e del consumo finale di energia. Dopodiché si è entrati in fase di stagnazione. La riduzione delle emissioni totali richiesta dalla legge sul CO₂ e dal Protocollo di Kyoto, che per essere realizzata presuppone un duraturo disaccoppiamento delle emissioni dal consumo di energia, non è dunque stato raggiunto (cfr. capitolo 5.1).

1.7 Emissioni di CO₂ per economia domestica in confronto ad altri Paesi

In Svizzera le emissioni per economia domestica sono sensibilmente superiori rispetto ai valori comparativi di Danimarca, Germania, Italia e Olanda (UST, 2005).

Fig. 15 > Emissioni di CO₂ per economia domestica in confronto ad altri Paesi

Emissioni medie di CO₂ di un'economia domestica in Svizzera e in quattro Paesi dell'UE.



UST (2005)

Le maggiori emissioni di CO₂ delle economie domestiche svizzere sono dovute in particolare ai seguenti fattori.

- > In Svizzera le tasse su benzina, gasolio e nafta sono sensibilmente inferiori rispetto a quelle di altri Paesi europei e hanno un minor peso percentuale sulle spese delle economie domestiche. Ciò si traduce in un maggior consumo e in emissioni di CO₂ più elevate.
- > Nel 2001 un'automobile consumava in Svizzera una media di 8,3 litri ogni 100 chilometri, nell'UE invece solo 6,7 litri ogni 100 chilometri. Nel 2002 la potenza media delle autovetture nuove era in Svizzera di 100 kW (136 PS), nell'UE invece solo di 77 kW (105 PS). A parità di capacità di percorrenza con un'identica prestazione di trasporto ciò comporta un maggior consumo di carburante e maggiori emissioni di gas serra.

1.8 Emissioni grigie di CO₂

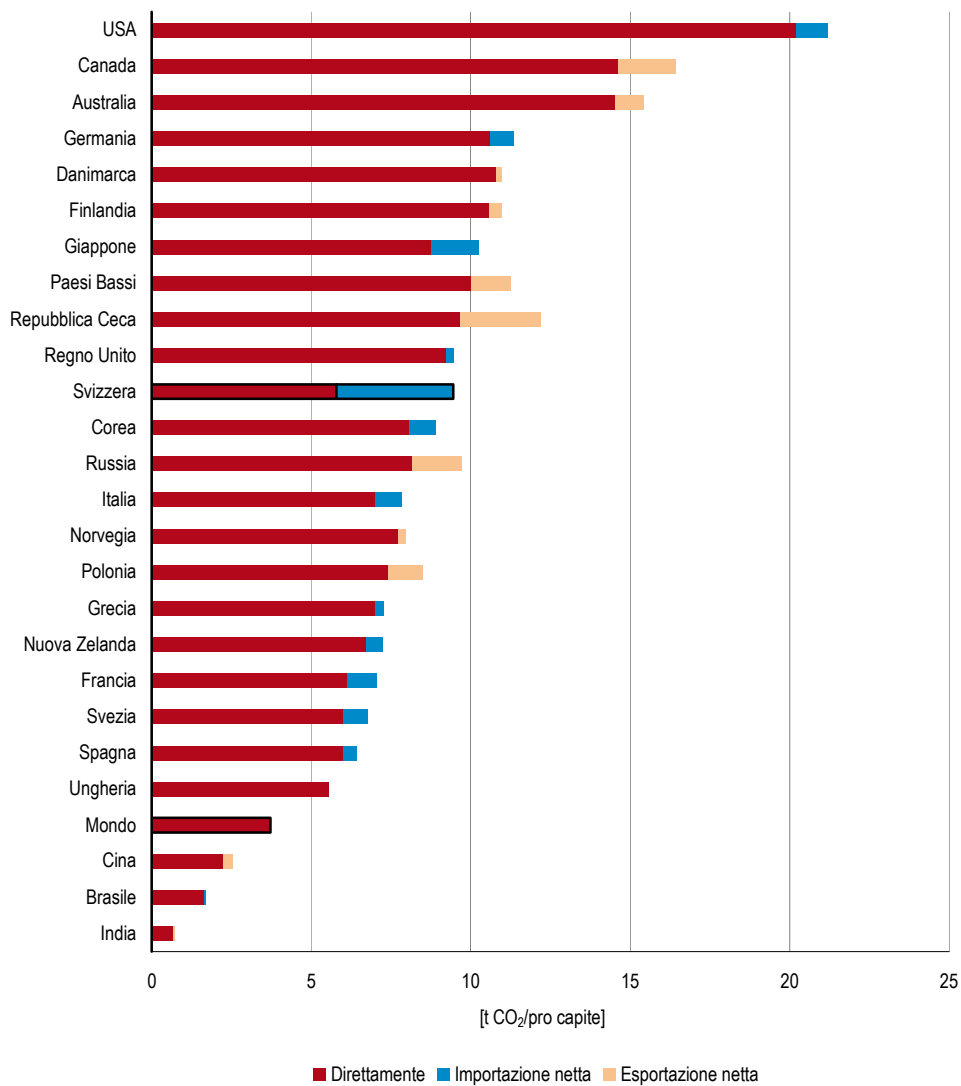
Nel quadro del Protocollo di Kyoto, ad essere determinanti ai fini del bilancio nazionale dei gas serra sono le emissioni generate all'interno del singolo Paese. Tale principio non tiene però conto delle emissioni «grigie», ossia di quelle emissioni generate all'estero dalla fabbricazione di un prodotto, dalla lavorazione di un vettore energetico o dallo smaltimento dei rifiuti di produzione (Jungbluth et al., 2007). Esempi emblematici di settori in cui si producono emissioni grigie sono l'estrazione e la trasformazione di petrolio greggio o la produzione di acciaio.

Il bilancio delle emissioni di economie che ricevono molte merci e servizi dall'estero presenta dunque solo una parte della realtà: le emissioni grigie delle merci importate in Svizzera figurano infatti nell'inventario dei gas serra del Paese produttore. È per questo quindi che, in confronto ad altri Paesi industrializzati, la Svizzera presenta emissioni pro capite relativamente ridotte.

Il computo dell'energia grigia nel calcolo delle emissioni fa crescere considerevolmente il loro volume di produzione per abitante (Fig. 16): nel 1995, anno per il quale si dispone di dati comparabili, l'emissione complessiva per abitante, comprese le importazioni e le esportazioni di emissioni grigie dovute al trasporto merci, ammontava a 9,5 tonnellate di CO₂, mentre senza emissioni grigie era pari a solo 5,8 tonnellate di CO₂ (Jungbluth et al., 2007). In questo calcolo sono state computate unicamente le emissioni di CO₂ legate al consumo di energia. Non sono comprese le emissioni di altri gas serra (come ad es. il metano e il protossido di azoto) né le emissioni di CO₂ legate a processi specifici (p.es. quelle prodotte da cementifici e vetrerie). Tenuto conto della consistente quota percentuale di importazioni e dell'elevato livello di consumi, la Svizzera va dunque a collocarsi, per quel che riguarda le emissioni per abitante, nella media dei Paesi dell'OCSE.

Fig. 16 > Emissioni di CO₂ pro capite in confronto ad altri Paesi (stato al 1995)

Emissioni di CO₂ pro capite di diversi Paesi nel 1995 tenuto conto delle importazioni e delle esportazioni «grigie» (le cifre prendono in considerazione solo le emissioni dovute al consumo di energia senza i trasporti merci e le emissioni del trasporto aereo).



2 > Evoluzione del clima in Svizzera

Dal 1970 in Svizzera la temperatura media è aumentata di 1,5 °C, cioè circa una volta e mezza più velocemente che sulla superficie terrestre dell'emisfero Nord. Vari indicatori climatici, tra i quali il numero di anni caldi, di giorni di canicola, di notti tropicali o anche l'innevamento sull'Altipiano, comprovano questa tendenza. Mentre però per l'insieme delle precipitazioni non è rilevabile alcuna chiara evoluzione, l'analisi delle precipitazioni di forte intensità indica una tendenza all'aumento.

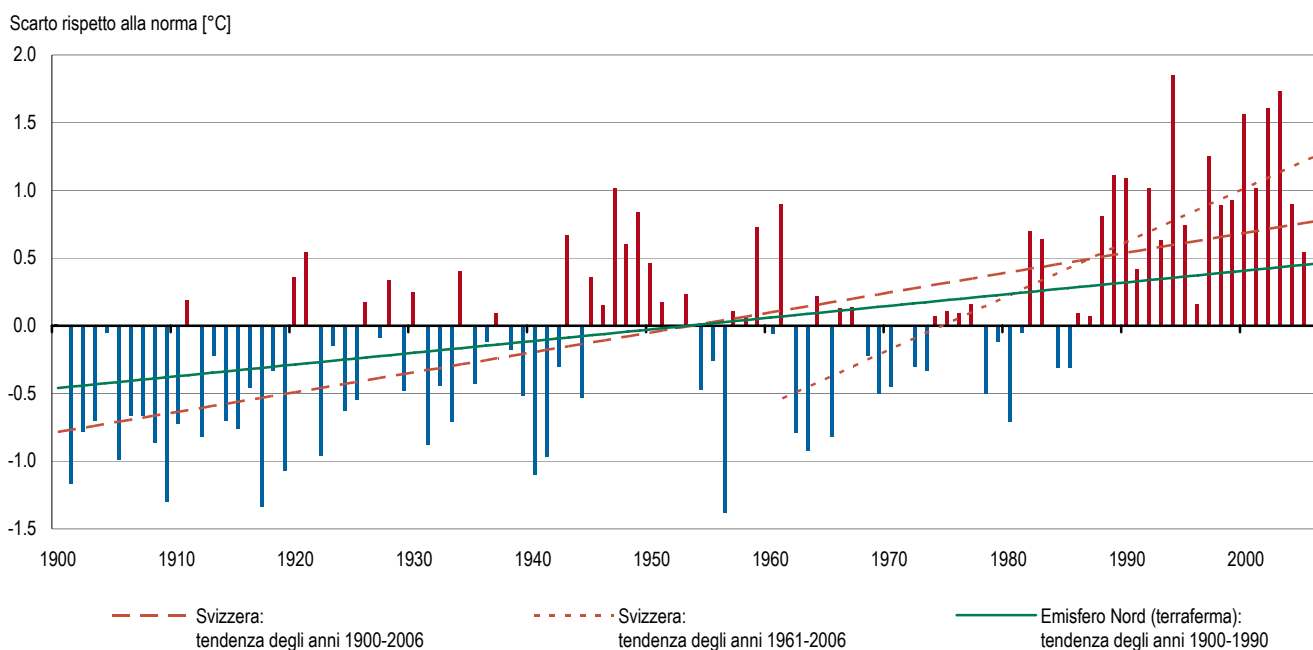
2.1 Evoluzione della temperatura

Il grafico seguente (Fig. 17) mostra gli scarti delle temperature medie annue registrate in Svizzera dal 1900 rispetto alla media di riferimento nel periodo 1961–1990 (colonne rosse e blu). Le linee tratteggiate indicano la tendenza relativa ai periodi 1900–2006 e 1961–2006. Nel diagramma è inoltre delineata la tendenza relativa agli scarti termici registrati sulla superficie terrestre dell'emisfero Nord rispetto alla media di riferimento nel periodo 1961–1990.

In Svizzera la temperatura media degli anni 1961–1990 è il valore di riferimento rispetto al quale vengono confrontate le temperature di periodi precedenti e successivi.

Fig. 17 > Temperature medie annue in Svizzera dal 1900 al 2006

Scarto della temperatura media annua in Svizzera tra il 1900 e il 2006 rispetto alla media di riferimento nel periodo 1961–1990; scarti annui rispetto alla media di riferimento (colonne) e tendenze (linee).

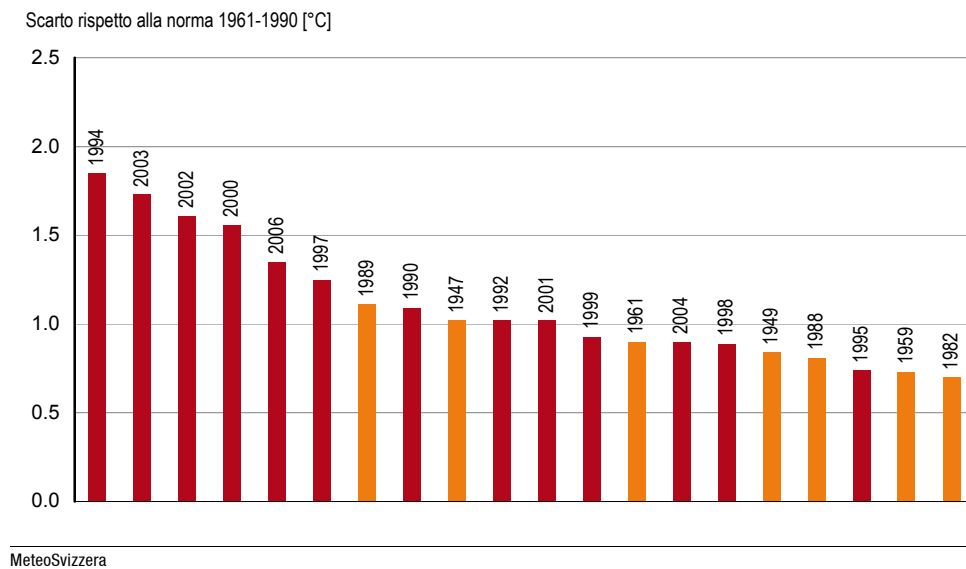


Verso la fine del XX secolo gli anni con temperatura media superiore alla media di riferimento del periodo 1961–1990 sono diventati molto più numerosi e, nel tempo, è aumentato anche lo scarto rispetto alla media di riferimento. La tendenza evolve in modo corrispondente: sull'arco dell'intero periodo compreso tra il 1900 e il 2006 le temperature medie sono aumentate in Svizzera di 1,47 °C, mentre nell'insieme dell'emisfero Nord sono cresciute di 0,87 °C. Questo dato mostra che nel nostro Paese l'aumento della temperatura è risultato essere sensibilmente più marcato.

L'aumento delle temperature medie annue in Svizzera risulta ancora più elevato se si prendono in considerazione solo le misurazioni effettuate dopo il 1961. Da questo anno in poi l'incremento delle temperature medie annue è stato di 0,4 °C per decennio. Dall'inizio degli anni Ottanta, quasi ogni anno è stato sensibilmente più caldo rispetto al valore medio del periodo di riferimento 1961–1990. La maggiore frequenza di anni caldi osservata negli ultimi tempi è comprovata anche dalla figura seguente (Fig. 18): dei 20 anni più caldi, 13 appartengono al periodo successivo al 1990.

Fig. 18 > Gli anni più caldi dal 1900

Classifica dei 20 anni più caldi dal 1900. Le colonne indicano lo scarto in °C della temperatura media annua rispetto alla media di riferimento del periodo 1961–1990. Gli anni successivi al 1990 sono colorati in rosso.



Esaminando l'evoluzione delle temperature secondo le stagioni nel corso degli ultimi 50 anni circa (Fig. 19 e Fig. 20) si osserva che le variazioni climatiche sono più accentuate in estate che in inverno (+0,54 °C rispetto a +0,33 °C per decennio). Stando ad alcuni modelli di calcolo tale evoluzione proseguirà e si accelererà nei prossimi anni (IPCC, 2007a). Per l'anno 2050 è atteso in Svizzera, rispetto al 1990, un ulteriore aumento della temperatura di circa 2 °C in inverno e di quasi 3 °C in estate (Occc/ProClim-, 2007).

Fig. 19 > Temperature estive dal 1961 al 2006

Scarto delle temperature medie estive in Svizzera rispetto alla media di riferimento del periodo 1961–1990. Il diagramma mostra l'andamento delle medie rilevate in 12 diverse stazioni di misurazione ad altitudini differenti della Svizzera settentrionale e meridionale, nonché la tendenza per il periodo 1961–2006.

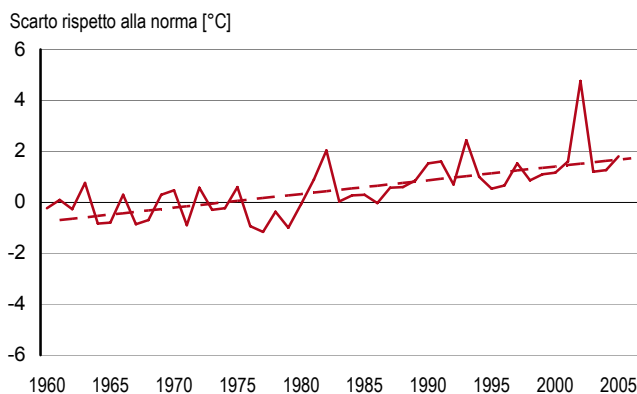
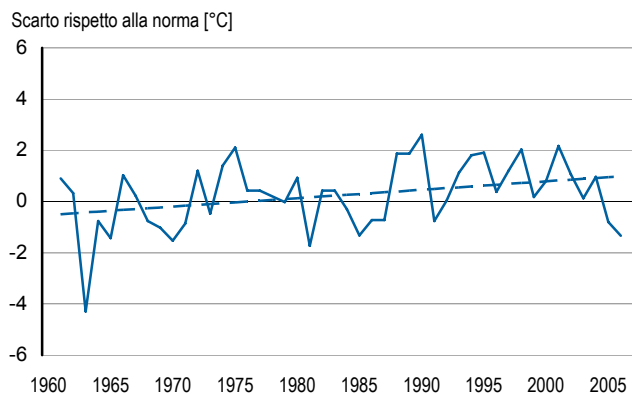


Fig. 20 > Temperature invernali dal 1961 al 2006

Scarto delle temperature medie invernali in Svizzera rispetto alla media di riferimento del periodo 1961–1990. Il diagramma mostra l'andamento delle medie rilevate in 12 diverse stazioni di misurazione ad altitudini differenti della Svizzera settentrionale e meridionale, nonché la tendenza per il periodo 1961–2006.



MeteoSvizzera (2007)

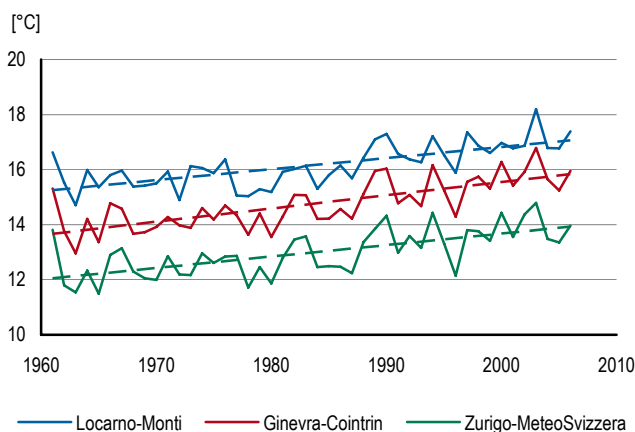
2.2 Temperature massime e temperature minime giornaliere

L'andamento delle massime giornaliere tra il 1961 e il 2006 a Locarno, Ginevra e Zurigo è osservabile nella figura in basso a sinistra (Fig. 21). Il diagramma visualizza l'andamento dei valori medi di tutte le massime giornaliere relative a un certo anno. Le diverse condizioni climatiche fanno sì che i valori assoluti delle tre località divergano notevolmente tra loro. La tendenza che emerge è però la medesima: negli ultimi 50 anni vi è stato un aumento del valore medio annuo delle temperature massime giornaliere. L'incremento è stato di 0,4–0,5 °C per decennio. Mostra un andamento analogo anche il diagramma relativo ai valori medi annui delle temperature minime giornaliere (Fig. 22). Qui, però, l'incremento è stato di 0,3–0,4 °C per decennio.

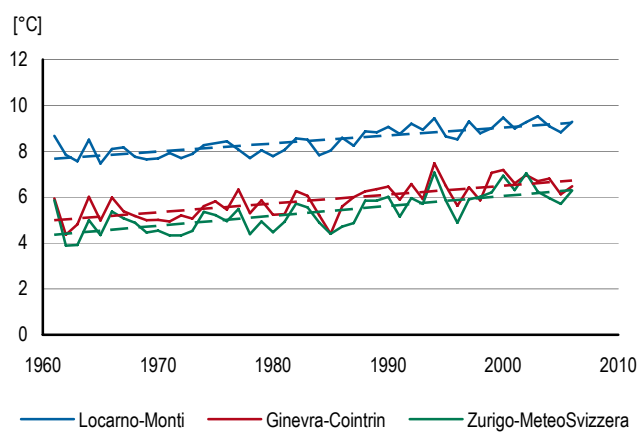
Per massima e minima giornaliera si intendono rispettivamente la temperatura più alta e più bassa registrata in un periodo di 24 ore.

Fig. 21 > Massime giornaliere dal 1961 al 2006

Andamento dei valori medi annui delle temperature massime giornaliere misurate nelle stazioni di Locarno-Monti, Ginevra-Cointrin e Zurigo-MeteoSvizzera tra il 1961 e il 2006 e relativa tendenza.

**Fig. 22 > Minime giornaliere dal 1961 al 2006**

Andamento dei valori medi annui delle temperature minime giornaliere misurate nelle stazioni di Locarno-Monti, Ginevra-Cointrin e Zurigo-MeteoSvizzera tra il 1961 e il 2006 e relativa tendenza.



MeteoSvizzera (2007)

2.3

Giorni di canicola e giorni di gelo, notti tropicali e giorni di disgelo

Negli ultimi decenni il numero di giorni di canicola è chiaramente aumentato (Fig. 23). Mentre negli anni Sessanta si registravano mediamente in Ticino uno-due giorni di canicola l'anno, adesso se ne registrano quasi 15 con una tendenza all'aumento. Nella regione dell'Altipiano l'andamento è analogo: nello spazio di 50 anni a Zurigo e a Ginevra il numero medio di giorni di canicola si è quadruplicato. Il picco toccato dalla canicola dell'estate 2003 è ben visibile nel grafico. Secondo l'OcCC/ProClim- (2007), con un riscaldamento climatico debole, estati di quel tipo resteranno ancora rare, con un riscaldamento più intenso, invece, fino alla metà del XXI secolo potrebbero verificarsi ogni 2-3 anni.

Contrariamente a quello dei giorni di canicola, è invece nettamente diminuito dagli anni Sessanta il numero di giorni di gelo (Fig. 24). L'OcCC/ProClim- (2007) presume fra l'altro che quest'evoluzione proseguirà anche nei prossimi decenni.

Nei giorni di canicola le temperature superano i 30 °C. Nei giorni di gelo la temperatura scende sotto lo zero.

Fig. 23 > Giorni di canicola dal 1961 al 2006

Numero di giorni per anno con temperatura massima superiore ai 30 °C e tendenza nel periodo 1961–2006.

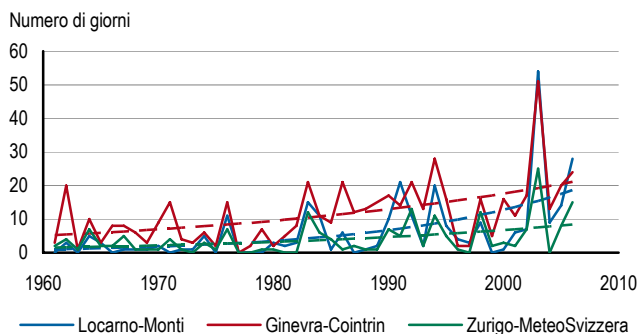
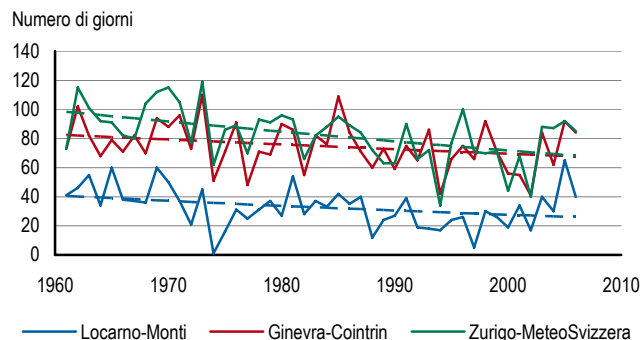


Fig. 24 > Giorni di gelo dal 1961 al 2006

Numero di giorni per anno con temperatura minima inferiore allo zero e tendenza nel periodo 1961–2006.



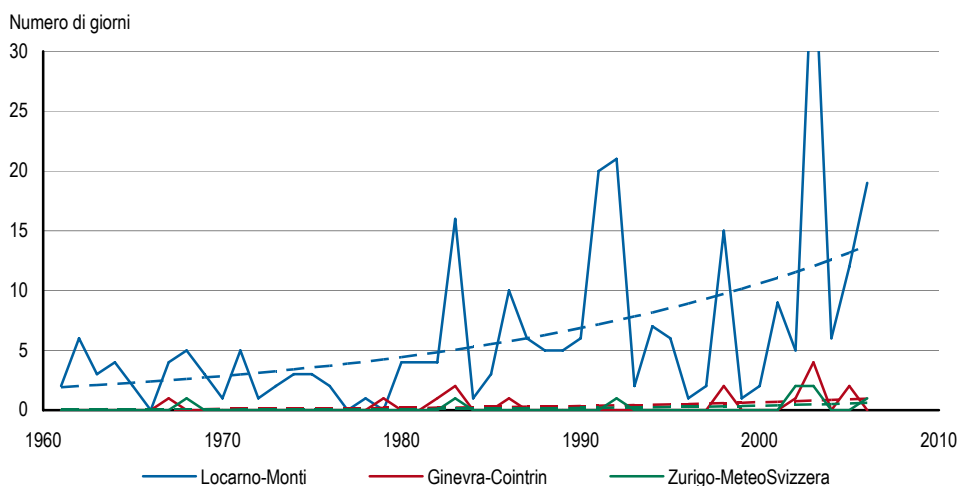
MeteoSvizzera (2007)

Sul versante Nord delle Alpi le notti tropicali (Fig. 25) sono estremamente rare e a partire dagli anni Sessanta la loro frequenza è cresciuta solo moderatamente. Nello stesso periodo di tempo, sul versante Sud delle Alpi, va invece a delinearsi un forte aumento del numero di notti tropicali, specie dall’inizio degli anni Ottanta. Durante l’estate canicolare del 2003 (cfr. anche capitolo 4.4), per ciò che riguarda la stazione di Locarno-Monti, sono state addirittura contate (fuori scala) 40 notti tropicali. Notti di questo genere risultano particolarmente provanti per le persone anziane o fisicamente debilitate.

Nelle notti tropicali le temperature non scendono sotto i 20 °C.

Fig. 25 > Notti tropicali dal 1961 al 2006

Numero annuo di notti con temperature superiori ai 20 °C rilevato dalle stazioni di Locarno-Monti, Ginevra-Cointrin e Zurigo-MeteoSvizzera e tendenza nel periodo 1961–2006.



MeteoSvizzera (2007)

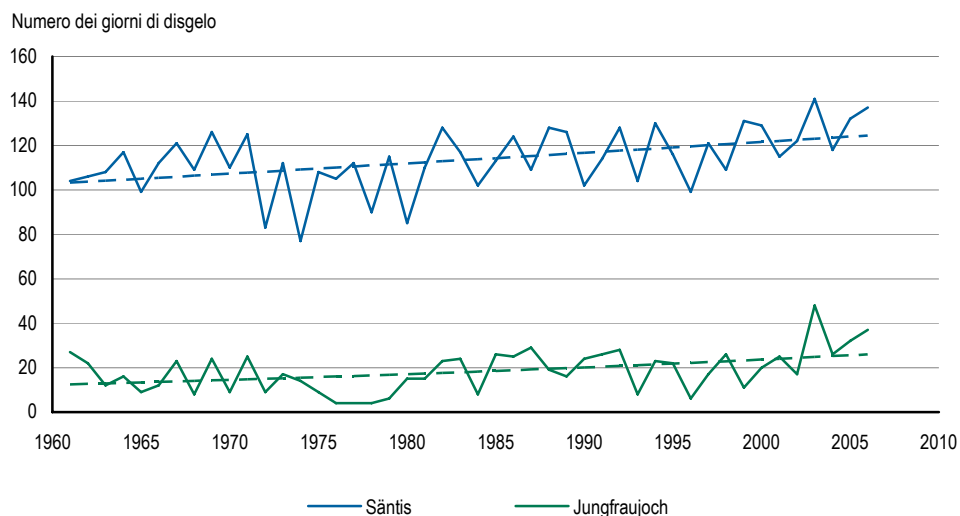
Sono diventati più frequenti, specie negli ultimi anni, anche i giorni di disgelo. Un loro aumento ha importanza soprattutto per le zone alpine d'alta quota. Il maggior rischio di disgelo minaccia infatti la stabilità del permafrost e può causare cadute di massi o crolli di intere pareti rocciose (cfr. capitolo 3.2). Viene così ad indebolirsi anche l'ancoraggio al suolo di impianti quali ad esempio le funivie (cfr. capitolo 5.2.3.2).

Nei giorni di disgelo il termometro non scende sotto lo zero.

La figura 26 mostra l'andamento dei giorni di disgelo sul Säntis (2502 m s.l.m.) e sulla Jungfrauoch (3580 m s.l.m.). Le quote comprese tra circa 2500 e 3000 metri sul livello del mare sono da considerarsi quelle più esposte ai processi di scioglimento del permafrost. Sul Säntis, nello spazio di 45 anni, il numero dei giorni di disgelo è passato da circa 103 a 124; sulla Jungfrauoch, dal 1961, è raddoppiato passando da circa 12 a 26 giorni l'anno (Fig. 26).

Fig. 26 > Giorni di disgelo dal 1961 sul Säntis e sulla Jungfrauoch

Numero annuo di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a zero gradi misurato nelle stazioni del Säntis (2502 m s.l.m.) e della Jungfrauoch (3580 m s.l.m.) tra il 1961 e il 2006 e relativa tendenza.



MeteoSvizzera (2007)

2.4

Precipitazioni di forte intensità

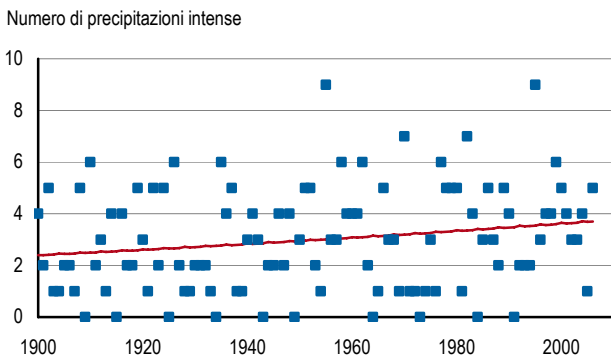
Nel XX secolo le precipitazioni annue sono aumentate, in Svizzera, di circa 120 mm (8%). Tale significativo incremento è da ricondursi soprattutto all'aumento delle precipitazioni medie invernali che, specialmente nella regione alpina settentrionale e occidentale, sono aumentate del 20–30% (Schmidli et al., 2002; Bader, Bantle, 2004; Begert et al., 2005). Dall'inizio del millennio, a Nord delle Alpi, è stato però nuovamente osservato un calo delle precipitazioni invernali. Eucleare una chiara tendenza nell'andamento delle precipitazioni dall'inizio del XX secolo non è dunque più possibile.

È emerso per contro che, dal 1900, la frequenza delle precipitazioni intense è aumentata quasi dappertutto in Svizzera (Schmidli e Frei, 2005). Dalla figura 27 alla figura 30 sono illustrati a titolo di esempio i risultati, stagione per stagione, relativi alla stazione di misurazione di Zurigo. Gli aumenti registrati in inverno e in autunno risultano statisticamente significativi per molte stazioni a Nord del crinale alpino. In dette regioni e stagioni la frequenza di precipitazioni intense è cresciuta tra il 15% e il 70%. In primavera e in estate, come pure a Sud delle Alpi, non sono invece state rilevate variazioni significative. Se le variazioni osservate siano già una conseguenza del cambiamento climatico antropogenico non si può dirlo con certezza. Allo stato attuale delle conoscenze la tesi è tuttavia plausibile dal punto di vista fisico.

Nei giorni con «precipitazioni intense» il totale delle precipitazioni tocca un valore che sul lungo periodo viene in media superato solo una volta ogni 30 giorni.

Fig. 27 > Precipitazioni intense in inverno

Numero di giorni d'inverno con forti precipitazioni a Zurigo (blu) e tendenza stimata (rosso).



MeteoSvizzera (2007), Schmidli e Frei (2005)

Fig. 28 > Precipitazioni intense in primavera

Numero di giorni di primavera con forti precipitazioni a Zurigo (blu) e tendenza stimata (rosso).

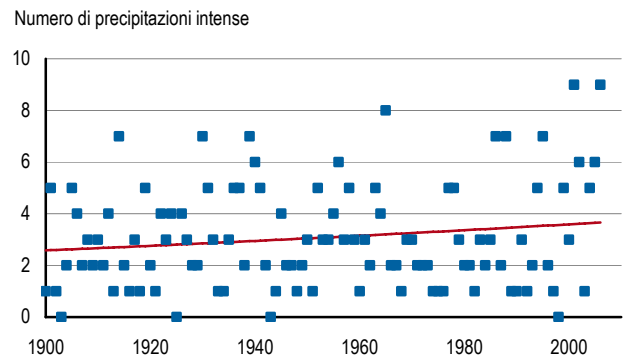
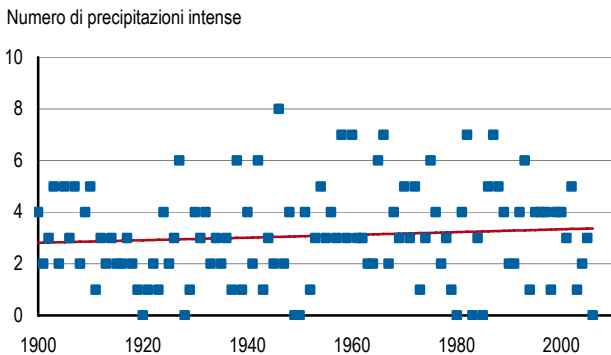


Fig. 29 > Precipitazioni intense in estate

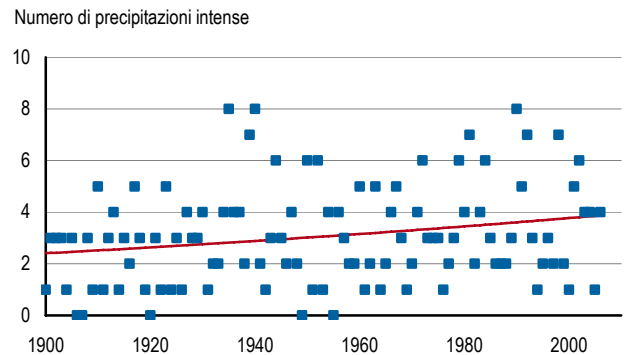
Numero di giorni d'estate con forti precipitazioni a Zurigo (blu) e tendenza stimata (rosso).



MeteoSvizzera (2007), Schmidli e Frei (2005)

Fig. 30 > Precipitazioni intense in autunno

Numero di giorni d'autunno con forti precipitazioni a Zurigo (blu) e tendenza stimata (rosso).



2.5 Innevamento sull'Altipiano e nelle Prealpi

L'aumento delle temperature ha avuto come ulteriore effetto quello di innalzare l'isoterma di zero gradi: negli ultimi 50 anni, durante i mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio), il limite dello zero termico si è innalzato di 67 m ogni dieci anni (Scherrer et al., 2004). A partire dagli anni Sessanta vanno perciò diminuendo anche la quantità di neve e la frequenza delle nevicate sull'Altipiano e nelle Prealpi (Fig. 31 e Fig. 32).

A Berna e a Zurigo l'altezza media della neve – calcolata come valore medio di tutti i giorni d'innnevamento – è oggi pari a circa 1 centimetro l'anno. Scende, a livello generale, il numero di giorni in cui nevicata. Il calo è evidente anche nelle Prealpi, come per esempio a Einsiedeln (882 m s.l.m.) dove, nel semestre invernale, vi sono oggi 20 giorni di neve in meno rispetto a 50 anni fa.

Fig. 31 > Altezza della neve dal 1961 al 2006

Altezza media annua della neve (calcolata unicamente sulla base dei giorni di neve) misurata nelle stazioni di Berna-Liebefeld/Zollikofen, Einsiedeln e Zurigo-MeteoSvizzera tra il 1961 e il 2006 e relativa tendenza.

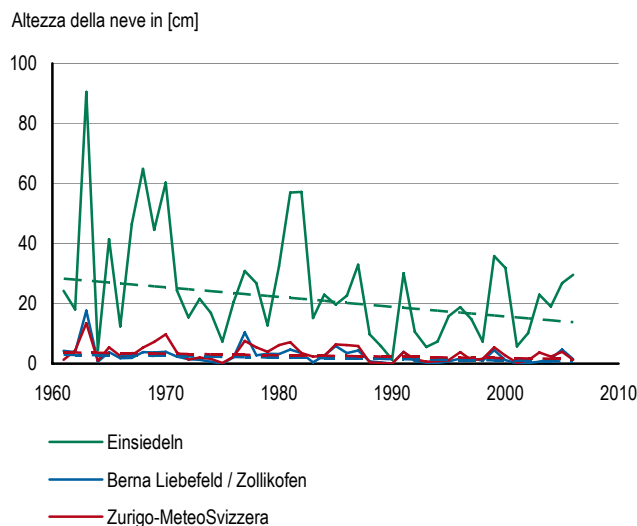
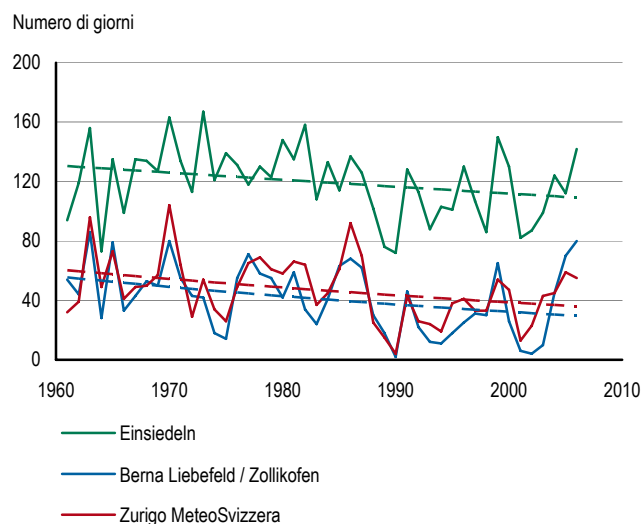


Fig. 32 > Giorni di neve dal 1961 al 2006

Numero di giorni con innnevamento misurato nelle stazioni Berna-Liebefeld/Zollikofen, Einsiedeln e Zurigo-MeteoSvizzera tra il 1961 e il 2006 e relativa tendenza.



MeteoSvizzera (2007)

L'innalzamento della temperatura e la minore garanzia di neve che vi è connessa rappresentano una grossa sfida per le regioni prealpine, come ad esempio quella di Einsiedeln, in cui il turismo invernale ha grande importanza. Stando alle previsioni, entro il 2050 il limite delle nevi potrebbe salire anche di 350 metri (OcCC, 2007). A queste condizioni diventerà dunque difficile, per le stazioni invernali sotto i 1500 metri sul livello del mare, assicurare lo svolgimento dell'attività sciistica (cfr. anche capitolo 4.2 sulla garanzia d'innnevamento nelle stazioni invernali).

3 > Effetti a livello di ambiente naturale

Numerosi indicatori evidenziano gli effetti che le alterazioni del clima producono sull'ambiente naturale in Svizzera. Qui di seguito se ne illustreranno a titolo di esempio alcuni tra i più significativi: il crescente ritiro dei ghiacciai, l'aumento di temperatura dei corsi d'acqua, il calo della popolazione di trote di fiume, la ridotta formazione di ghiaccio sui laghi, la fioritura precoce dei ciliegi, come pure l'introduzione e la diffusione nella Svizzera meridionale di varietà di piante provenienti dal Sud-Est asiatico come la Palma del Giappone.

3.1 Bilancio di massa e variazione di lunghezza dei ghiacciai

L'innalzamento delle temperature medie ingenerato dal mutamento climatico provoca un ritiro dei ghiacciai in quasi tutte le regioni della Terra – dai Tropici alle medie latitudini, fino in Patagonia, Groenlandia e Alaska. Anche in Svizzera i ghiacciai si riducono in lunghezza e spessore.

In estate il ghiaccio di cui sono formati i ghiacciai alpini si atterra attorno al punto di fusione sotto pressione, il che significa che in superficie esso mantiene sempre una temperatura di zero gradi. I ghiacciai reagiscono perciò in modo estremamente sensibile ai cambiamenti persistenti di temperatura: un innalzamento persistente della temperatura di un solo decimo di grado per dieci anni può già provocare un ritiro della lingua dei ghiacciai di diverse centinaia di metri. È per questo motivo che i ghiacciai di montagna sono tra gli indicatori climatici più attendibili in fatto di monitoraggio globale dell'ambiente (Haeberli et al., 2000).

Il cambiamento di volume e di massa di un ghiacciaio è un segnale particolarmente affidabile di una variazione delle condizioni climatiche. La figura a sinistra della pagina seguente (Fig. 33) mostra l'andamento dei valori medi relativi al bilancio di massa di nove ghiacciai alpini nel periodo che va dal 1965 al 2005. Tra il 1965 e il 1980 le variazioni annue erano ancora più o meno bilanciate: anni in cui i ghiacciai perdevano di volume erano compensati da altri in cui il volume aumentava. Dalla metà degli anni Ottanta si profila invece una netta tendenza verso una continua se non addirittura accelerata perdita di volume. Sulla superficie complessiva dei ghiacciai questa si attesta mediamente entro un ordine di grandezza compreso tra 0,5 e 1 metro l'anno di equivalente d'acqua⁷; nel 2003, a causa della canicola estiva, è stata addirittura pari a 2,5 metri. Sommando anno per anno le perdite di volume, si ottiene tra il 1980 e il 2005 una perdita cumulativa di quasi 20 metri di equivalente d'acqua.

I ghiacciai di montagna sono tra gli indicatori climatici più attendibili in fatto di monitoraggio globale dell'ambiente.

⁷ Il bilancio di massa dei ghiacciai viene espresso in equivalente d'acqua. L'equivalente d'acqua esprime in millimetri o metri il contenuto d'acqua del corpo glaciale sciolto o appena rappreso (1 mm corrisponde a 1 litro d'acqua di fusione per metro quadrato). Nel calcolo si tiene conto che lo spessore del ghiaccio e delle nevi perenni può variare da un luogo all'altro e in funzione della profondità e che nello stesso volume possono quindi essere stoccate quantità d'acqua diverse.

Fig. 33 > Bilancio di massa medio dei ghiacciai alpini dal 1967 al 2005

Bilancio di massa annuo (colonne) e cumulativo (linea) di nove ghiacciai alpini: Saint Sorlin (F), Sarennes (F), Silvretta (CH), Gries (CH), Sonnblickkees (A), Vernagtferner (A), Kesselwandferner (A), Hintereisferner (A) e Careser (I).
Unità: metro di equivalente d'acqua (m w.e.).

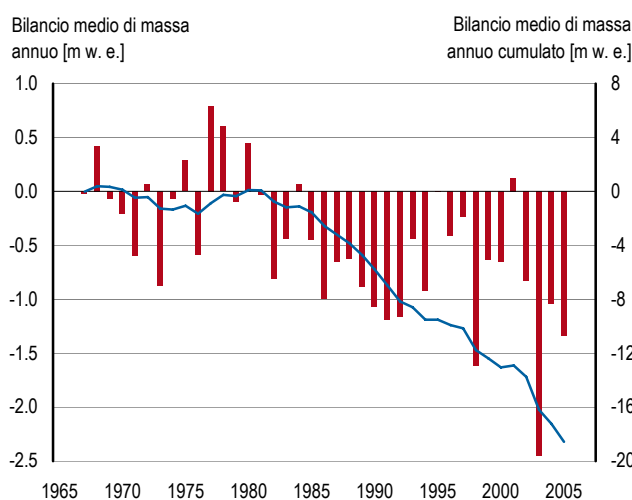
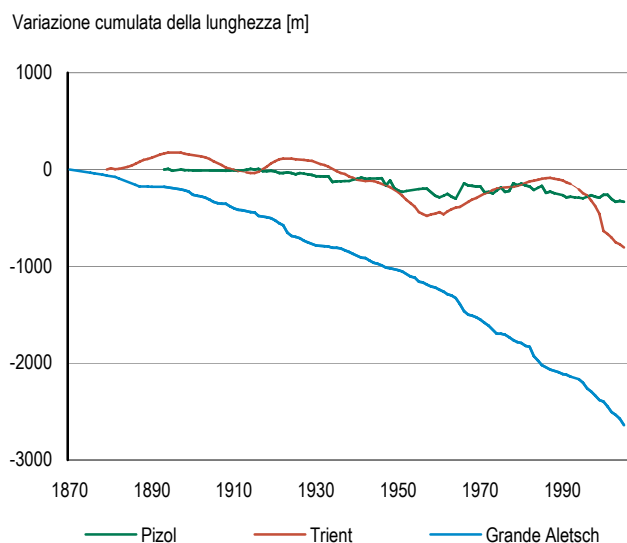


Fig. 34 > Variazione di lunghezza cumulativa di tre ghiacciai dal 1879 al 2005

Variazione di lunghezza annua cumulativa dei ghiacciai Pizol (0,21 km², 0,6 km di lunghezza nel 1973), Trient (6,4 km², 4,9 km di lunghezza nel 1973) e Grande Aletsch (86,63 km², 24 km di lunghezza nel 1973).



WGMS (2007)

La variazione di lunghezza di un ghiacciaio (avanzamento o ritiro della lingua del ghiacciaio) dipende, tra le altre cose, dalla sua grandezza (Fig. 34): i piccoli ghiacciai (p.es. il Pizol) reagiscono rapidamente alle condizioni meteorologiche annuali, i ghiacciai di montagna più grandi (p.es. il Trient) reagiscono invece mostrando oscillazioni ritardate ma evidenti della lingua (in un arco temporale di decenni). I grandi ghiacciai di valle reagiscono ancora più lentamente oppure con un ritardo di diversi decenni (Hoelzle et al., 2000, Zemp et al., 2007). Nel caso del Grande Aletsch si è osservato, a partire dal 1870, un continuo ritiro della lingua pari a quasi 3 chilometri.

Il ritiro osservato nei ghiacciai delle Alpi collima esattamente con la tendenza all'aumento delle temperature medie (Zemp et al., 2007). Le eccezioni a questa tendenza possono essere facilmente spiegate dall'andamento delle condizioni meteorologiche (ridotto soleggiamento, precipitazioni invernali più abbondanti). Nei prossimi anni i ghiacciai alpini, indipendentemente dall'andamento delle temperature, continueranno a ridursi: la loro attuale estensione non corrisponde ancora al clima dominante, il che significa che non si è ancora raggiunta una situazione di equilibrio (Zemp et al., 2006). Se entro la fine del XXI secolo le temperature dovessero ancora aumentare (cfr. IPCC, 2007a), in molte regioni delle Alpi si dovrebbe mettere in conto un ulteriore ritiro o addirittura la totale scomparsa dei ghiacciai (Zemp et al., 2006).

3.2 **Variazioni di temperatura nel permafrost**

Vi è permafrost ovunque la temperatura del sottosuolo rimanga sotto lo zero per tutto l'anno. Grandi estensioni di permafrost si trovano nelle regioni artiche e antartiche, ma anche nelle zone di alta montagna come le Alpi vi sono molte fasce detritiche, pareti rocciose e terreni permanentemente ghiacciati. In Svizzera circa il 5–6% della superficie è costituito da permafrost. Lo spessore del permafrost nelle Alpi varia da poche a parecchie centinaia di metri.

Si parla di permafrost quando il sottosuolo, a partire da una certa profondità, è ghiacciato tutto l'anno.

Il permafrost reagisce alle variazioni del bilancio energetico sulla superficie. Poiché ha un'azione isolante, il manto nevoso invernale influisce fortemente sull'evoluzione della temperatura del sottosuolo. Inverni con poca neve, come ad esempio quello 2001–2002, sono nettamente più freddi di inverni con molta neve, come quello 2000–2001. Quando in estate il suolo non è coperto dalla neve, lo strato superiore del permafrost si scioglie in superficie a causa della temperatura dell'aria e dell'intensità dei raggi solari. Lo spessore di questo cosiddetto strato di gelo-disgelo costituisce un segnale climatico diretto (PERMOS, 2005). Nella figura in basso a sinistra (Fig. 35) è rappresentata la profondità massima dello strato di gelo-disgelo del ghiacciaio roccioso⁸ di Murtèl-Corvatsch nell'Alta Engadina dal 1987 al 2006. La sequenza temporale mostra una tendenza all'aumento dello spessore dello strato di gelo-disgelo con valori massimi negli anni 2002–2006. In altri siti, come ad esempio a Lapires (Val de Nendaz, VS) o sullo Schilthorn (BE), le profondità degli strati di gelo-disgelo sono più marcatamente variabili essendo il contenuto di ghiaccio nel suolo molto minore che nel ghiacciaio roccioso di Murtèl-Corvatsch, in cui la massiccia quantità di ghiaccio nel sottosuolo esercita un forte effetto attenuante sulla profondità dello strato di gelo-disgelo.

Fig. 35 > Strato di gelo-disgelo dal 1987 al 2006

Profondità massima dello strato di gelo-disgelo del ghiacciaio roccioso di Murtèl-Corvatsch per gli anni 1987–2006.

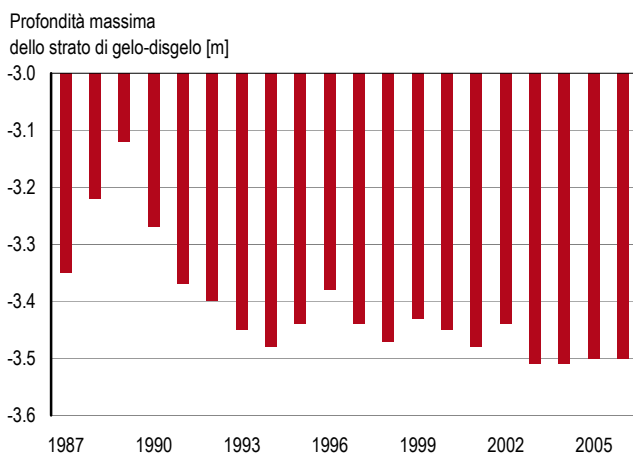
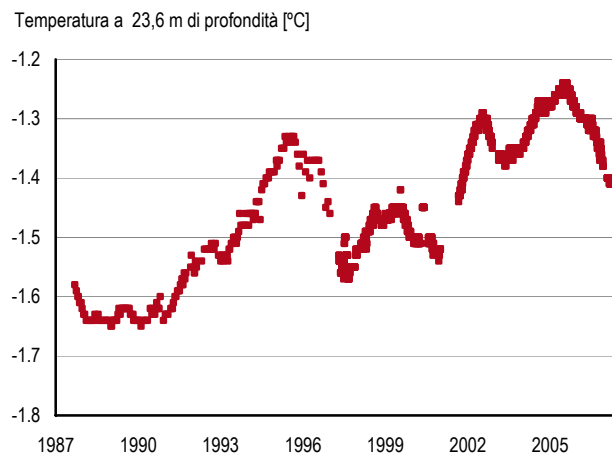


Fig. 36 > Temperatura del permafrost dal 1987 al 2007

Temperatura del permafrost misurata a 23,6 m di profondità nel ghiacciaio roccioso di Murtèl-Corvatsch (foro di trivellazione).



Permafrost Monitoring Switzerland (2007)

⁸ I ghiacciai rocciosi (formati da corpi detritici mobili, scorrevoli, le cui cavità sono riempite di ghiaccio) costituiscono una forma speciale di permafrost.

Nel diagramma a destra della pagina precedente (Fig. 36) è riportato, sempre per il ghiacciaio roccioso di Murtèl-Corvatsch, l'andamento della temperatura a una profondità di 23,6 m. Il tracciato mostra che a questa profondità la temperatura è sì sottoposta a oscillazioni, ma che nella serie ventennale di osservazioni se ne può nondimeno individuare una chiara tendenza all'innalzamento. Gli alti valori medi della temperatura della metà degli anni Novanta si spiegano con le forti neviccate autunnali (la neve isola il sottosuolo dalle basse temperature invernali). Gli inverni 2003–2005 denotano viceversa scarse neviccate autunnali, il che ha fatto raffreddare il sottosuolo per mancanza di un adeguato isolamento. Le neviccate primaverili hanno ulteriormente accentuato l'effetto di raffreddamento poiché in questo caso la neve tardiva ha isolato il sottosuolo dalle temperature in aumento (PERMOS, 2005).

3.3

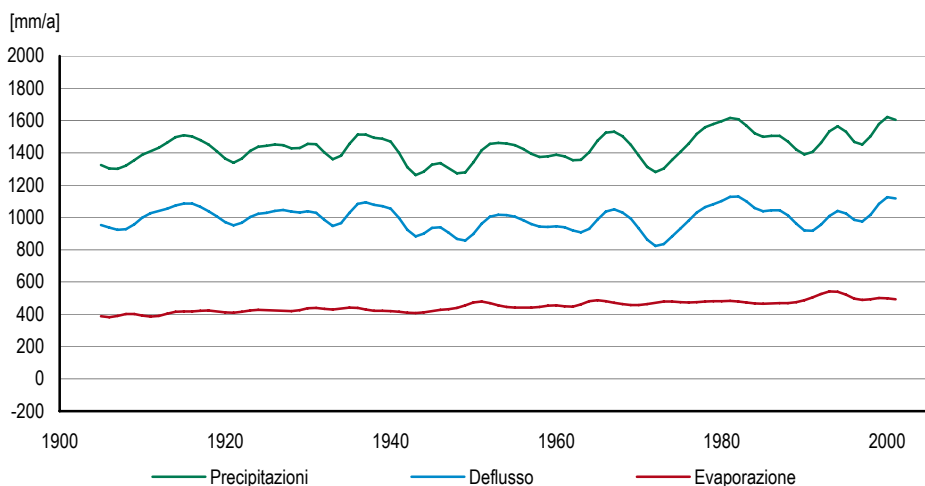
Regime idrico

Il diagramma seguente (Fig. 37) mostra l'evoluzione dei parametri relativi al regime idrico della Svizzera nel periodo compreso tra il 1901 e il 2005. Le precipitazioni sono state calcolate mediante 303 serie di misurazioni (MeteoSvizzera). I dati del deflusso provengono da misurazioni dell'UFAM (UFAM, 2007c). L'evaporazione è stata calcolata per differenza rispetto al bilancio idrico (inclusi laghi, bacini artificiali, deviazioni, ghiacciai, ecc.).

Il regime idrico è determinato dalle precipitazioni, dal deflusso e dall'evaporazione.

Fig. 37 > Regime idrico in Svizzera dal 1901 al 2005

Precipitazioni, deflusso ed evaporazione in Svizzera (medie scalari calcolate sull'arco di nove anni).



UFAM (2007c)

Le precipitazioni mostrano una debole tendenza all'aumento (in 100 anni sono aumentate di 113 mm) che tuttavia, a causa della notevole variabilità, non è significativa. Dato che anche l'evaporazione presenta pressoché la stessa tendenza (in 100 anni è

aumentata di 99 mm), il deflusso, negli ultimi 100 anni, è rimasto praticamente invariato. Lo scioglimento dei ghiacciai incide localmente sul deflusso stagionale, ma è di secondaria importanza per il regime idrico dell'intera Svizzera. Pertanto, non viene riportato in figura.

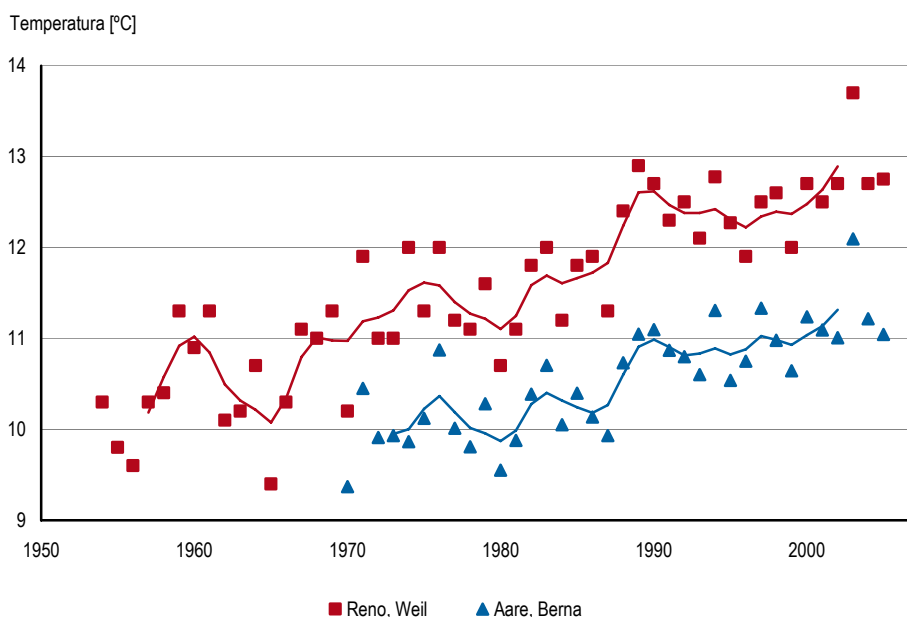
3.4 Temperatura dei corsi d'acqua

A partire dagli anni Sessanta la temperatura di tutti i più importanti corsi d'acqua della Svizzera manifesta una chiara tendenza al rialzo, più pronunciata nei fiumi dell'Altipiano che in quelli delle Alpi (Jakob et al., 2007). L'aumento della temperatura dell'acqua procede parallelamente a quello della temperatura media dell'aria. Il diagramma seguente (Fig. 38) mostra l'andamento di valori misurati nel Reno (a Weil, presso Basilea) e nell'Aare, presso Berna.

La temperatura dei corsi d'acqua in Svizzera è sensibilmente aumentata negli ultimi decenni.

Fig. 38 > Temperatura in due corsi d'acqua

Valori medi annui (simboli) e medie scalari annue su base 7 (linee) della temperatura dell'acqua del Reno presso Weil (dal 1954) e dell'Aare presso Berna (dal 1970).

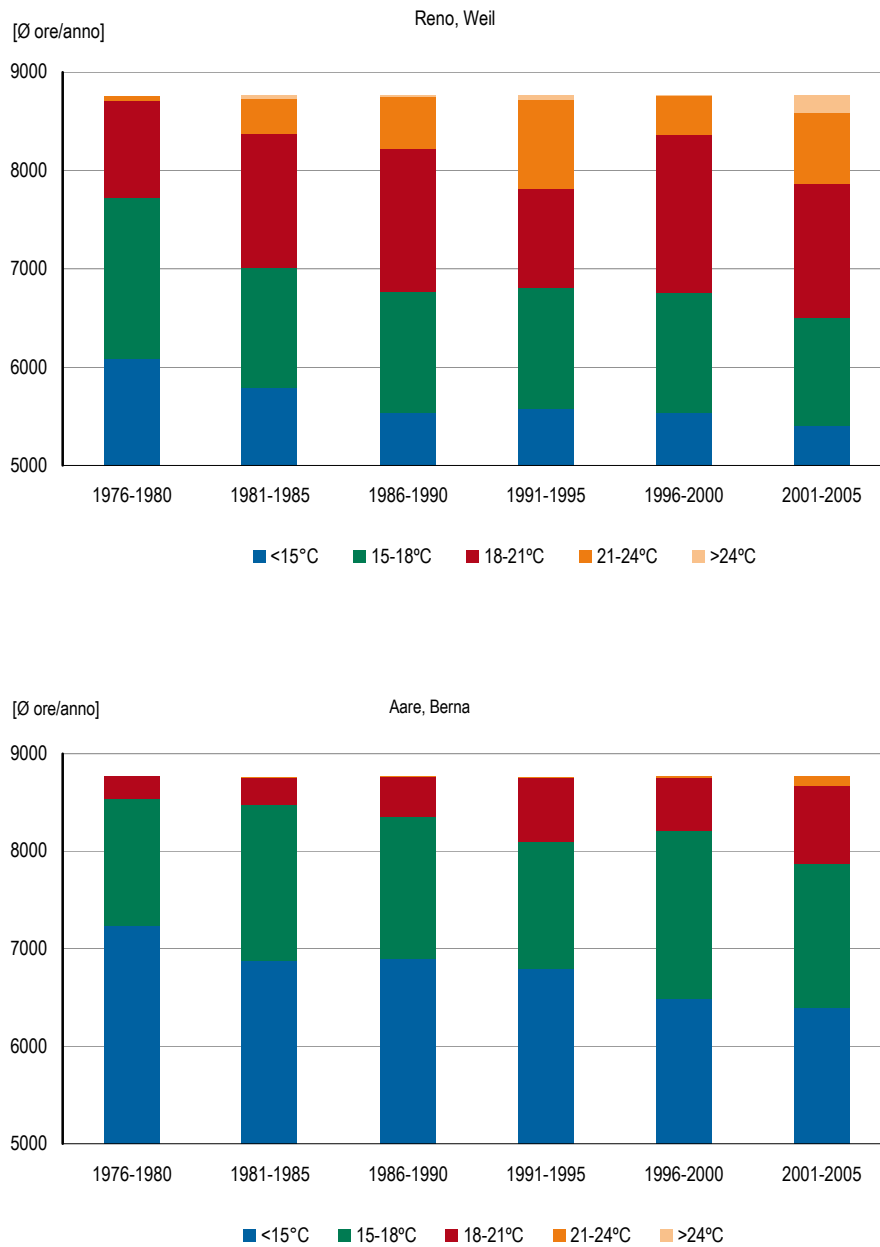


UFAM (2007c)

Le misurazioni della temperatura dimostrano che l'acqua dei fiumi non solo diventa mediamente più calda, ma che presenta anche una temperatura più alta per un più lungo periodo dell'anno. Nei corsi d'acqua dell'Altipiano il numero di ore annue con temperature tra i 15 e i 18°C tende a diminuire, mentre il numero di ore con temperature superiori ai 18°C aumenta nettamente. Tale tendenza è osservata in tutti i maggiori corsi d'acqua dell'Altipiano (Jakob et al., 2007). Il diagramma seguente (Fig. 39) mostra l'andamento di valori misurati nel Reno e nell'Aare.

Fig. 39 > Numero di ore per classe di temperatura dal 1976 al 2005

Numero di ore all'anno per classe di temperatura del Reno presso Weil e dell'Aare presso Berna (medie scalari annue su base 5).



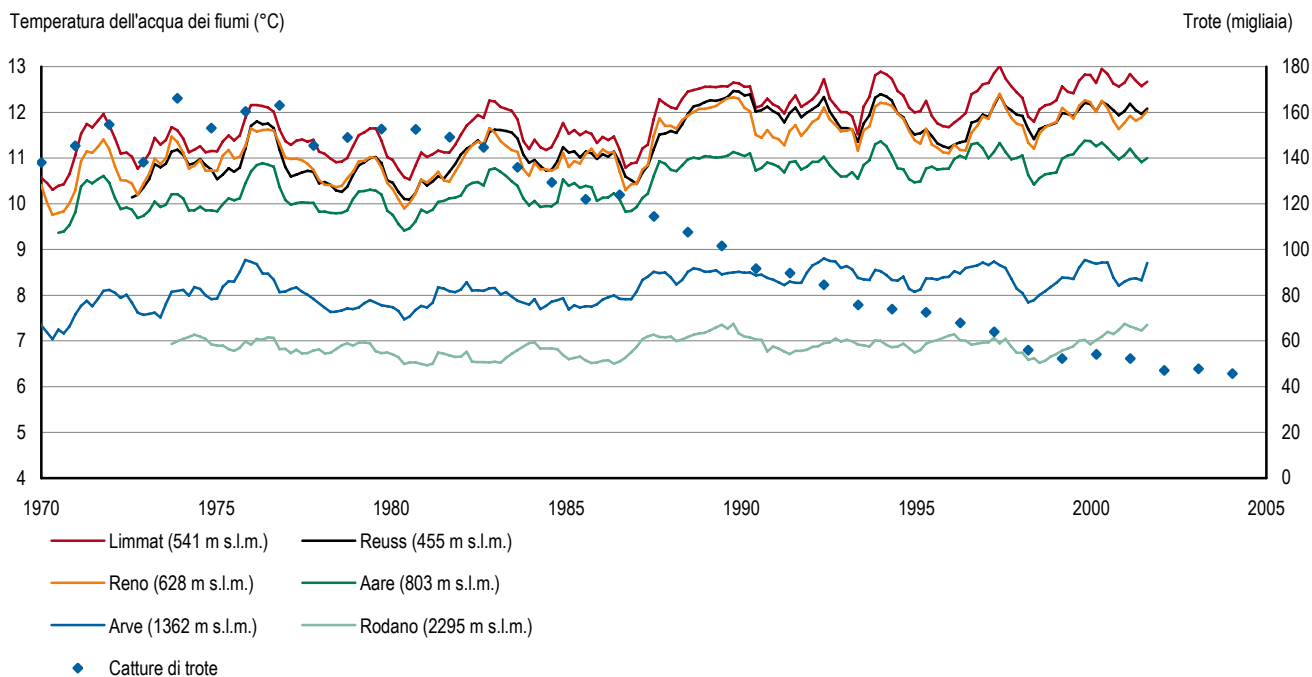
3.5

Popolazioni di trote di fiume

In Svizzera la specie ittica più importante sotto il profilo della pesca sportiva è la trota di fiume. Negli ultimi 25 anni si è rilevata nella statistica svizzera della pesca una forte diminuzione delle catture di trote, specialmente a basse quote. I dati riportati da Hari et al. (2006) mostrano nel contempo un innalzamento della temperatura dell'acqua dei corsi d'acqua alpini e prealpini a tutti i livelli di altitudine (Fig. 40). Tale aumento è tuttavia più marcato alle basse quote.

Fig. 40 > Catture di trote e temperatura dell'acqua

Valori medi annui della temperatura di sei corsi d'acqua svizzeri dal 1969 al 2002 e catture di trote in Svizzera dal 1970 al 2005. I dati relativi alle altitudini indicano la quota media del bacino idrografico. I dati relativi alle catture di trote dal 1971 al 2001 sono ricostruiti sulla base delle statistiche obbligatorie delle associazioni di pescatori.



Secondo Hari et al. 2006; Dati idrologici: UFAM (in corso di stampa); Statistica delle catture di trote: FISTAT, UFAM

Sebbene la cattura di pesci dipenda da diverse variabili, perlomeno una parte del calo accertato nella cattura di trote in Svizzera è da addebitarsi a una diminuzione della loro popolazione. L'innalzamento della temperatura dell'acqua ha in effetti conseguenze negative a livello di popolamento.

> Per riprodursi e crescere la trota di fiume ha bisogno di acqua fredda. L'aumento della temperatura dell'acqua la porta a migrare verso tratti di fiume posti a quote più elevate, i quali tuttavia, nelle Prealpi e nelle Alpi, sono interrotti da barriere naturali e o artificiali.⁹ Ciò riduce lo spazio vitale della specie.

⁹ Nei fiumi svizzeri vi sono in media ogni 100 metri da 1 a 2 barriere alte almeno 15 centimetri (Peter, 1998).

- > L'innalzamento della temperatura dell'acqua provoca un aumento della comparsa della malattia renale (Proliferative Kidney Disease, PKD) cui sono esposte le trote che vivono a quote più basse.¹⁰
- > Il ripetersi di temperature estive estremamente elevate provoca la moria di popolazioni ittiche sensibili, così come avvenuto ad esempio per i temoli¹¹ nel Reno a valle del Lago di Costanza durante la torrida estate del 2003.

3.6 Formazione di ghiaccio sui laghi dell'Altipiano

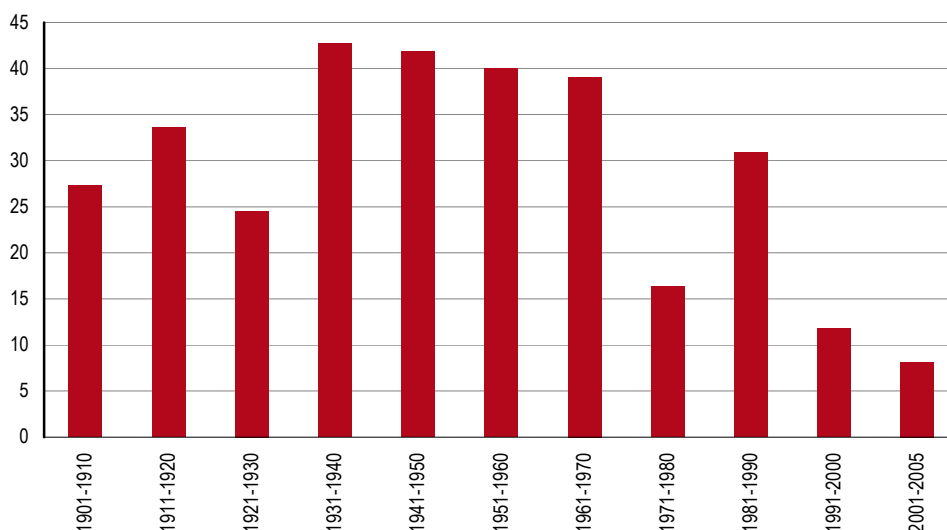
Il fatto che i laghi dell'Altipiano ghiaccino o meno in inverno e, se sì, per quanto tempo tenga la copertura di ghiaccio, dipende in primo luogo dalla temperatura dell'aria. Più freddo e più lungo è un inverno, più probabile è che i laghi ghiaccino e più lunga è la fase di copertura. Poiché fino al 1930 non si sono avute temperature invernali molto basse, è solo a partire dagli anni Quaranta che nei valori medi relativi a undici laghi (media annua su base 10) si riscontra una tendenza generale verso una maggiore sporadicità della formazione di ghiaccio (Fig. 41).

Il fenomeno della «Seegfröni», ossia la formazione di ghiaccio sui grandi laghi dell'Altipiano, è un avvenimento molto raro. Nel XX secolo, ad esempio, il Lago di Zurigo è stato ghiacciato solo nel 1907, nel 1929 e nel 1963.

Fig. 41 > Formazione di ghiaccio sui laghi svizzeri dal 1901 al 2005

Percentuale media di laghi ghiacciati (valore medio annuo su base 10, in percentuale). Sono presi in considerazione i seguenti laghi dell'Altipiano: Lago di Aegeri, Lago di Baldegg, Lago di Biemme, Greifensee, Lago di Hallwil, Lago di Morat, Obersee (alto lago di ZH), Lago di Pfäffikon, Lago di Sarnen, Lago di Sempach, Untersee (lago inferiore di Costanza, TG).

Percentuale di laghi ghiacciati per anno [%]



Franssen e Scherrer (in press)

¹⁰ La PKD provoca tassi di mortalità elevati nelle trote ed è causata da un parassita monocellulare. L'attuale limite di diffusione della PKD si colloca attorno agli 800 m s.l.m.

¹¹ Il temolo appartiene, insieme alla trota, alla famiglia dei salmonidi.

La statistica considera che un lago sia ghiacciato solo quando esso è coperto da una superficie di ghiaccio per almeno due giorni di seguito in un inverno (Franssen e Scherrer, in corso di stampa).

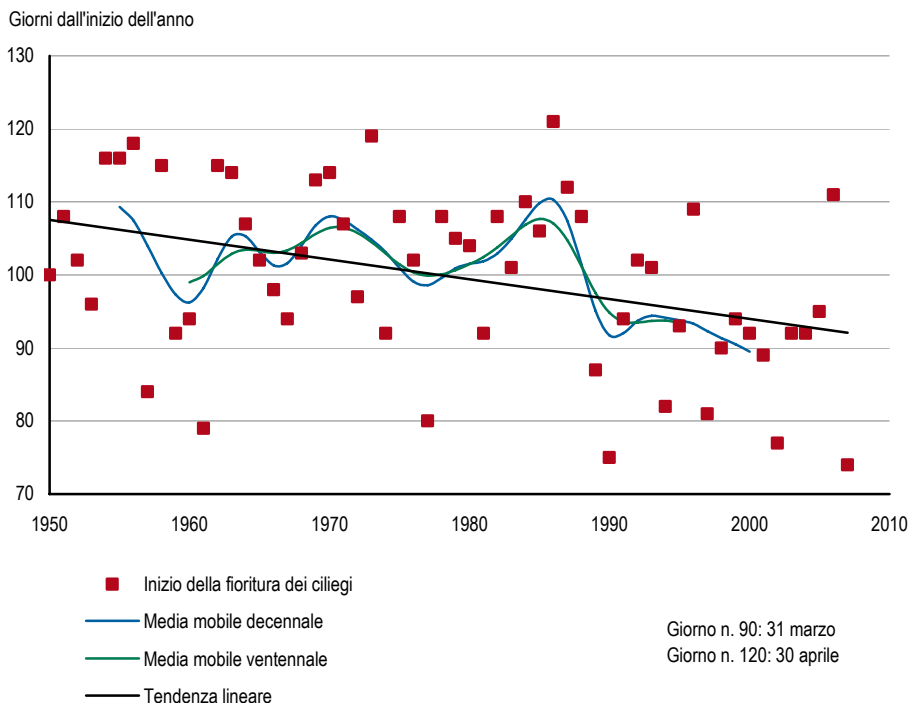
3.7 Periodo di fioritura dei ciliegi a Liestal

Il mutamento climatico influisce sullo sviluppo stagionale di numerose specie di piante e animali. Dal 1951 MeteoSvizzera (2005) si occupa, nel quadro della rete di osservazione fenologica¹², i cicli periodici di sviluppo e di crescita delle piante. L'inizio di fenomeni fenologici quali l'apertura delle foglie o la fioritura primaverili dipendono in larga parte dalla temperatura dell'aria. I dati fenologici sono dunque buoni indicatori degli effetti locali di un cambiamento del clima sulla vegetazione. Studi effettuati sui ciliegi a Liestal indicano che negli ultimi 20 anni questi alberi sono fioriti con anticipo rispetto a quanto avveniva fino alla metà degli anni Ottanta (Fig. 42).

La fenologia fornisce buoni indizi quanto agli effetti locali del cambiamento climatico.

Fig. 42 > Inizio del periodo di fioritura dei ciliegi a Liestal dal 1950 al 2007

L'inizio della fioritura dei ciliegi a Liestal varia notevolmente di anno in anno. La tendenza a lungo termine (1950–2007) va però verso una precocizzazione.



MeteoSvizzera (2005)

¹² La fenologia studia i cicli di sviluppo naturali del mondo vegetale. Le date in cui i ciliegi fioriscono, le bacche di sambuco maturano, le foglie dell'ippocastano cambiano colore, ecc. vengono registrate in un calendario fenologico.

Benché lo sviluppo annuale delle piante dipenda da diversi fattori ambientali, quali ad esempio le condizioni meteorologiche, si può individuare nella tendenza a lungo termine un anticipo della fioritura dei ciliegi di 15–20 giorni. Questo dato ci permette di ottenere un quadro attendibile dei mutati influssi climatici che si fanno sentire a Liestal. I rilevamenti di MeteoSvizzera (2005) mostrano, per diverse specie di piante presenti in tutta la Svizzera, una tendenza all'anticipo delle fasi fenologiche primaverili.

3.8 Diffusione della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale

La Palma del Giappone è una pianta originaria del Nord dell'India, della Thailandia e della Cina. Il suo limite di diffusione settentrionale dipende in misura determinante dalle temperature minime invernali (Walther et al., 2007). È dunque la crescente frequenza di inverni con giornate miti e senza gelo a favorire la diffusione della Palma del Giappone in Svizzera. Mentre nella prima metà del XX secolo nel Ticino meridionale si contavano mediamente 75 giorni di gelo per semestre invernale, dagli anni Settanta questo valore si è ridotto di oltre la metà scendendo a circa 30 giorni di gelo l'anno (Walther et al., 2002). Le condizioni sono dunque diventate più favorevoli alla proliferazione della Palma del Giappone e le osservazioni ne confermano una crescente diffusione nel nostro Paese.

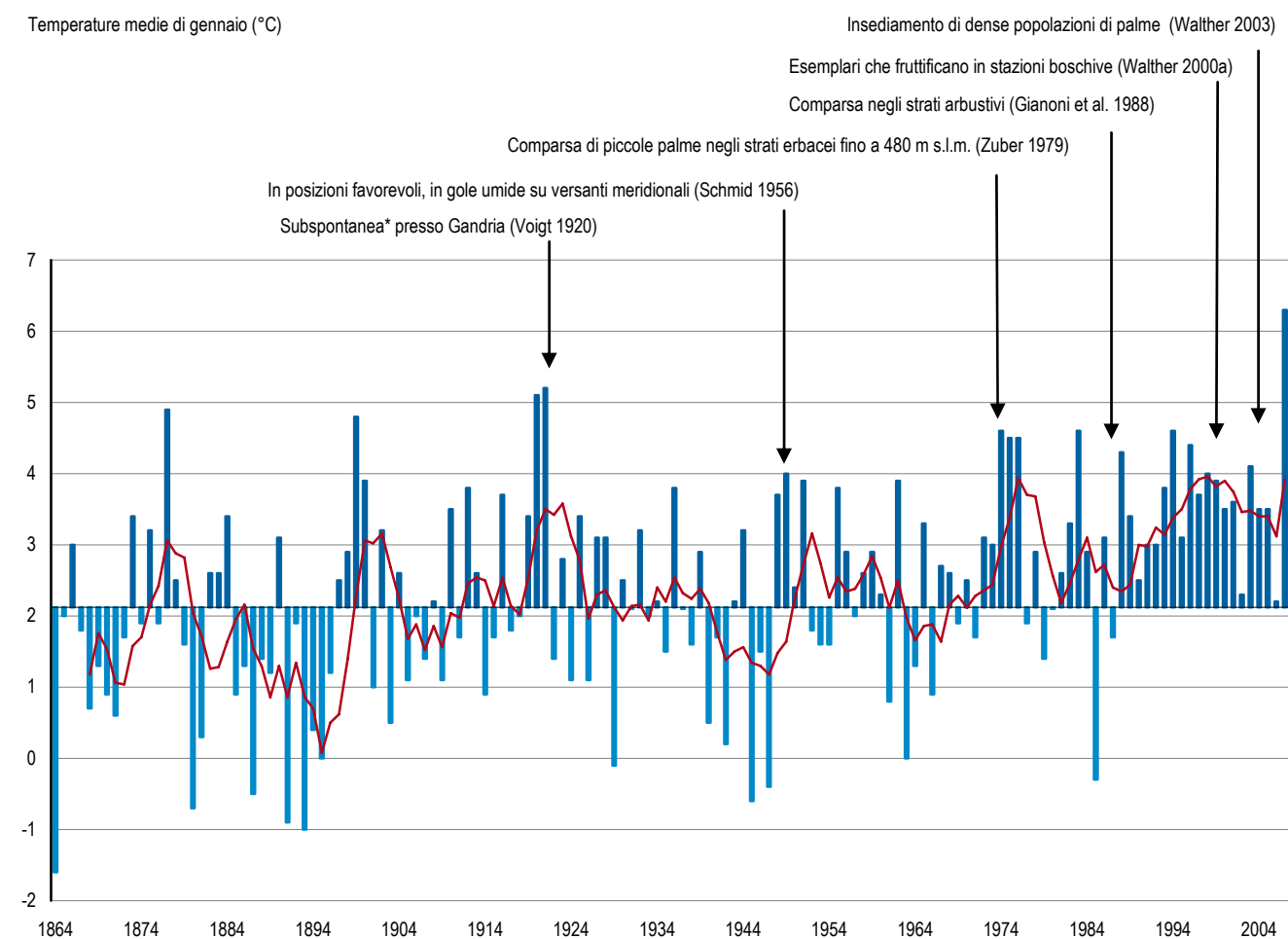
In Svizzera la Palma del Giappone è stata piantata in giardini e parchi a partire dal XIX secolo. Le prime segnalazioni della presenza di Palme del Giappone inselvatichite in località del Ticino climaticamente favorevoli risalgono agli anni Cinquanta (Walther, 2006). Dagli anni Settanta le plantule sopravvivono anche in luoghi riparati. Attualmente la Palma del Giappone si sta diffondendo nei boschi del Ticino situati a basse quote (Fig. 43).

È bene peraltro notare che la Palma del Giappone ed altre latifoglie sempreverdi sono in grado di diffondersi in un tipo di bosco originariamente costituito da latifoglie cedue. Fino alla fine degli anni Cinquanta, tuttavia, vi sono stati sì sul versante meridionale delle Alpi brevi periodi contraddistinti da condizioni climatiche favorevoli a tale evoluzione, ma non sufficienti per permettere alla pianta di fare la sua comparsa e di insediarsi stabilmente. A partire dagli anni Settanta le condizioni invernali nella Svizzera meridionale si mantengono invece stabilmente entro una fascia climatica decisamente favorevole, il che permette alla Palma del Giappone di entrare in concorrenza con specie caducifoglie e insediarsi stabilmente anche in boschi cedui.

La Palma del Giappone (*Trachycarpus fortunei*) è un palmizio sempreverde, robusto e a crescita lenta che raggiunge un'altezza superiore ai 10 m.

Fig. 43 > Temperature invernali e comparsa della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale

Andamento delle temperature medie di gennaio dal 1864 e segnalazioni della comparsa e dell'insediamento della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale. Le temperature medie annue sono rappresentate dalle colonne e i valori medi calcolati su cinque anni come linea di tendenza (rosso). I 2,2°C in ascissa indicano la temperatura media di gennaio sull'intero periodo.
 * Viene definita spontanea la prima generazione a crescita selvatica di piante coltivate.



Walther 2006, MeteoSvizzera

Vi sono già oggi alcune prime avvisaglie di un'estensione della presenza della Palma del Giappone a Nord delle Alpi. Anche in quest'area se ne seguirà dunque lo sviluppo in relazione al riscaldamento climatico. La diffusione della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale è in ogni caso solo *un* esempio della recente avanzata in Europa di specie termofile (Walther, 2004).

4 > Effetti a livello di società ed economia

In merito agli effetti del cambiamento climatico su società ed economia esistono ancora pochi indicatori attendibili: delle variazioni gradualali del clima hanno raramente conseguenze immediate ed evidenti per la società e l'economia. Esempi a noi vicini di questi effetti sono la diminuzione del bisogno di riscaldare, l'aumento del bisogno di raffreddare e il calo della garanzia d'innevamento nelle stazioni invernali a basse quote. È possibile che il cambiamento climatico abbia conseguenze sulla salute e sull'entità dei danni di eventi meteorologici estremi, ma al momento non si può ancora comprovare l'esistenza di una relazione diretta tra le due cose.

4.1 Giorni riscaldamento e giorni raffreddamento

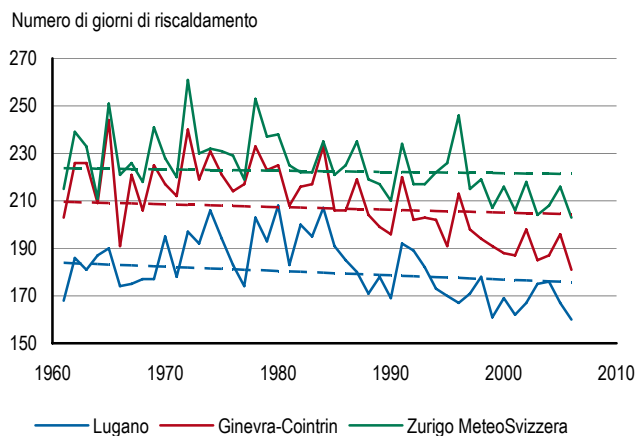
I giorni riscaldamento sono quei giorni in cui la temperatura media esterna non supera i 12 °C e in cui normalmente si riscalda per mantenere una temperatura ambiente di 20 °C. L'andamento del numero dei giorni riscaldamento mostra che in Svizzera la necessità di riscaldare tende a diminuire (Fig. 44). I giorni riscaldamento costituiscono la base per il calcolo dei giorni-grado di riscaldamento, utilizzati a livello ufficiale per analizzare l'influsso delle condizioni meteorologiche sul combustibile totale consumato a livello svizzero per il riscaldamento e la produzione di acqua calda e per valutare le emissioni di CO₂ ivi connesse (cfr. capitolo 1.4.1).

In questa sede i giorni raffreddamento sono utilizzati come semplice indicatore delle condizioni in cui la temperatura ambiente sale oltre livelli percepiti come spiacevoli e si ha il desiderio di rinfrescarla. Dato che non esiste una definizione ufficiale per i giorni raffreddamento e che questi non sono rilevati in maniera standard, ai fini del presente rapporto MeteoSvizzera li ha calcolati sulla base della definizione americana. Questa parte dal presupposto che gli ambienti vengano raffreddati quando la temperatura media esterna supera i 18,3 °C (65 gradi Fahrenheit). Benché in Svizzera sia inconsueto dover raffreddare già a questa temperatura, detto indicatore si presta bene a evidenziare il fatto che in tutte le regioni del Paese vada tendenzialmente aumentando il numero di giorni in cui vi sono i presupposti per mettere in funzione la climatizzazione negli edifici (Fig. 45).

Giorni riscaldamento e giorni raffreddamento danno un indizio dei livelli di temperatura ai quali, stando alle esperienze, si riscaldano o si raffreddano gli edifici.

Fig. 44 > Giorni riscaldamento in tre stazioni scelte dal 1961 al 2006

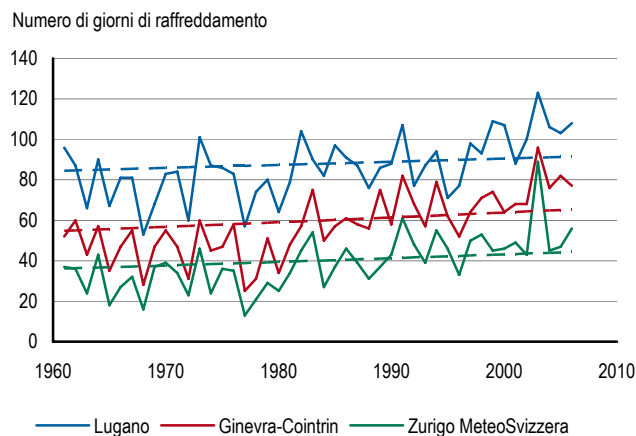
Giorni riscaldamento a Ginevra, Lugano e Zurigo e tendenza lineare.



MeteoSvizzera (2007)

Fig. 45 > Giorni raffreddamento in tre stazioni scelte dal 1961 al 2006

Giorni raffreddamento a Ginevra, Lugano e Zurigo e tendenza lineare.



I giorni riscaldamento diminuiscono in tutte le stazioni della Svizzera settentrionale, meridionale e occidentale, mentre tendono ad aumentare i giorni raffreddamento.

A seguito del riscaldamento climatico, nei periodi di funzionamento dei riscaldamenti, i giorni riscaldamento diminuiranno entro il 2030 di circa l'11% ed entro il 2050 del 15% rispetto al valore medio nel periodo 1984–2004. Al contrario, secondo le prospettive energetiche dell'Ufficio federale dell'energia, il numero dei giorni raffreddamento nei mesi estivi aumenterà entro il 2035 di circa il doppio (UFE, 2007c). Se entro il 2050 la temperatura si innalzerà di circa 2,5°C, si dovrà attendere un aumento dei giorni raffreddamento del 150% circa (OcCC/ProClim-, 2007).

4.2 Garanzia d'innevamento nelle stazioni sportive invernali

Si considera che i comprensori sciistici alpini offrano garanzia d'innevamento se in 7 anni su 10, tra il 16 dicembre e il 15 aprile, dispongono di un manto nevoso di almeno 30 centimetri per un periodo minimo di 100 giorni.

In molte località sciistiche a bassa quota (sotto i 1200–1300 m s.l.m.) il numero dei giorni di neve va diminuendo dalla metà degli anni Cinquanta. Nelle località invernali al di sopra dei 1500–1600 metri sul livello del mare non si individua invece alcuna chiara tendenza. Come mostra la figura seguente (Fig. 46) sull'esempio della stazione di Gsteig, nell'Oberland bernese, nelle stazioni sportive invernali a bassa quota tende a diminuire anche il totale di neve fresca. A Mürren, località sciistica a più alta quota della stessa regione, il totale di neve fresca è invece aumentato.

La tendenza a un clima con poca neve dipende in primo luogo dall'altitudine. Secondo una regola consolidata il limite delle nevicate sale di circa 100–150 m per grado di riscaldamento climatico. Per le stazioni sotto i 2000 metri sul livello del mare gli anni Novanta sono stati il decennio di gran lunga più povero di neve dal 1930 (Latenser e Scheebeli, 2003). Alle quote inferiori, come appare chiaramente dall'esempio di

Gsteig, ha portato a una diminuzione della copertura nevosa la maggiore frequenza riscontrata ugualmente nelle precipitazioni invernali sotto forma di pioggia (cfr. capitolo 2.5). In futuro dovrebbe comunque conoscere un certo aumento la quantità di neve a quote superiori ai 2000 metri sul livello del mare (OcCC/ProClim-, 2007).

Fig. 46 > Totale di neve fresca in inverno dal 1955 al 2006

L'andamento del totale di neve fresca nel periodo compreso tra il 1955 e il 2006 varia a dipendenza della quota.

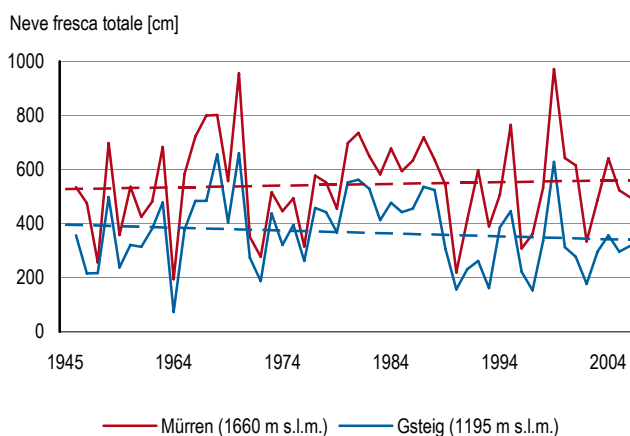
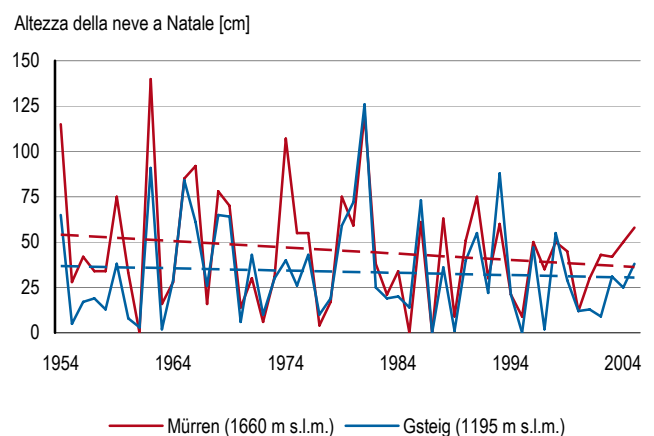


Fig. 47 > Altezza della neve a Natale nella stazione invernale di Mürren

L'altezza della neve a Natale a Mürren (1660 m s.l.m.) e a Gsteig (1195 m s.l.m.) nel periodo dal 1954 al 2006 indica una tendenza alla diminuzione.



Rapporti invernali SNV, Sezione pericoli naturali del Canton Berna, in Müller e Weber (2007)

Oltre a uno spostamento del limite delle nevicate verso quote più elevate vi è anche uno spostamento temporale delle precipitazioni nevose verso gli ultimi mesi dell'inverno. Se si prende il Natale (25 dicembre) come giorno di riferimento, si nota che a quella data il manto nevoso tende a diventare sempre più sottile anche a quote più alte (Müller e Weber, 2007). Nella località di Mürren, a Natale, si osserva ad esempio una continua diminuzione dell'altezza della neve dal 1954 (Fig. 47). La penuria di neve altera il quadro paesaggistico: l'atmosfera invernale e, con essa, una parte dell'attrattiva delle località turistiche vengono infatti sempre più spesso a mancare proprio in un momento estremamente importante per il turismo invernale.

4.3 Diffusione delle zecche e casi di meningoencefalite da zecche

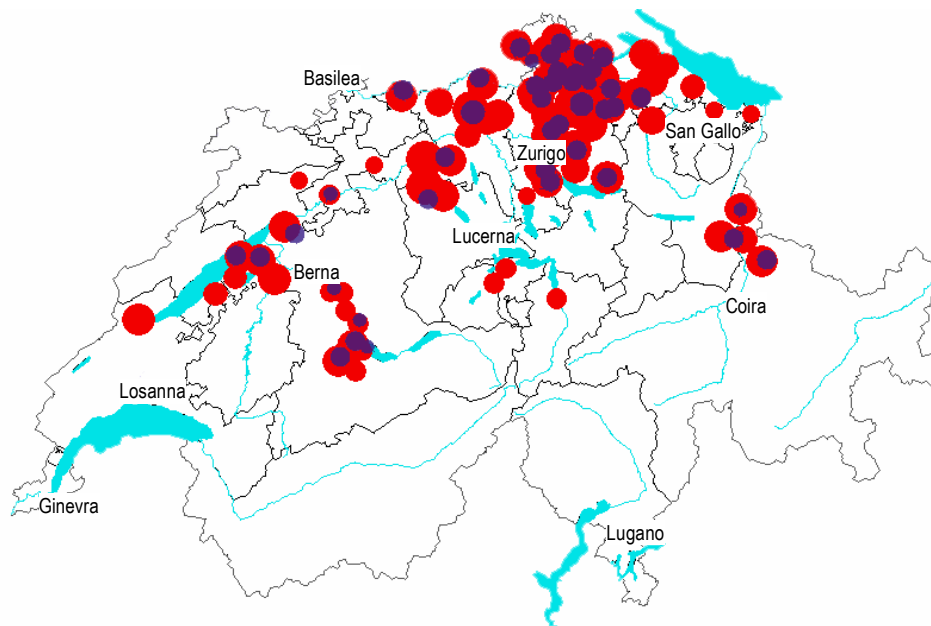
Le zecche¹³ vivono spesso ai margini dei boschi, nelle radure o sui pendii e si rinven-
gono fino a un'altitudine di circa 1200 metri sul livello del mare. Un morso di zecca
può trasmettere all'uomo, oltre alla diffusa malattia di origine batterica denominata
Borreliosi di Lyme, anche l'infezione virale FSME (meningoencefalite primaverile-
estiva, chiamata anche meningoencefalite da zecche). Negli ultimi anni, in Svizzera il
numero di casi di FSME è nettamente aumentato. Alcune regioni della Svizzera sono
state dichiarate dall'Ufficio federale della sanità pubblica zone a rischio di zecche (Fig.
48).

**Negli ultimi tempi le infezioni
causate da zecche sono
fortemente aumentate. Il
riscaldamento del clima è tuttavia
solo uno tra i tanti fattori
all'origine di questo aumento.**

¹³ Le zecche sono acari parassiti. A livello mondiale si conoscono oltre 800 specie di zecche. In Europa è particolarmente diffusa l'*Ixodes ricinus*, detta anche «zecca dei boschi», della famiglia delle zecche dure (Ixodidae).

Fig. 48 > Zone endemiche conosciute della meningoencefalite da zecche (FSME) in Svizzera

La carta presenta le zone endemiche conosciute (focolai naturali) della meningoencefalite da zecche nel mese di gennaio 1999 (viola) e nel mese di novembre 2006 (rosso). Il pericolo di infezione da zecche è aumentato dal 1999 al 2006 a causa della loro maggiore diffusione.



UFSP (2007)

Molte infezioni causate dal virus FSME hanno decorso simile a quello di una malattia influenzale o sono completamente asintomatiche. La malattia può però essere anche molto pericolosa e colpire il sistema nervoso centrale arrecando danni permanenti. L'Ufficio federale della sanità pubblica raccomanda perciò alle persone che vivono nelle zone endemiche di farsi vaccinare contro la FSME. Negli ultimi anni, in Austria il numero di casi di FSME è diminuito grazie a un programma di vaccinazione sistematica (OcCC/ProClim-, 2007).

L'attuale aumento dei casi di meningoencefalite da zecche non è direttamente spiegato dal mutamento climatico. È tuttavia verosimile che le variazioni climatiche svolgano un ruolo nella diffusione della meningoencefalite da zecche.

Le zecche attraversano diversi stadi di sviluppo, dalla larva alla ninfa fino ad arrivare allo stadio adulto. L'area di attività delle zecche, ma anche la trasmissione del virus FSME tra animali in diversi stadi di sviluppo, dipendono fortemente dalla temperatura e dalle precipitazioni. Inverni più miti favoriscono la diffusione delle zecche e dei loro animali ospiti in regioni ad alta quota, mentre minori precipitazioni estive ed estati calde peggiorano le condizioni di vita delle popolazioni di zecche e rendono più difficile la trasmissione dei virus. Nel complesso, sul lungo periodo, il cambiamento climatico dovrebbe avere come effetto uno spostamento delle zone endemiche del virus dell'FSME a quote e a latitudini più elevate (Randolf e Rogers, 2000, OcCC/ProClim-, 2007).

Una possibile causa dell'attuale incremento dei casi di FSME registrati risiede nei più lunghi periodi di contatto tra zecche e uomini. Un moderato riscaldamento climatico prolunga l'epoca d'attività delle zecche e non altera la trasmissione del virus da zecca a zecca. Con il crescere delle temperature si modificano nel contempo le attività del tempo libero e l'abbigliamento delle persone, ciò che accresce la probabilità di entrare in contatto con le zecche.

4.4 Eventi meteorologici estremi e danni assicurati

Piene, colate detritiche, frane, cadute di massi, valanghe e tempeste sono tra i pericoli naturali che interessano sempre più spesso la Svizzera. Il mutamento climatico dovrebbe peraltro influire sulla frequenza e l'intensità di eventi dannosi e far aumentare il numero dei periodi di siccità e delle ondate di caldo (UFAM, 2007d).

I circa 1000 decessi supplementari causati dalla canicola dell'estate 2003 hanno mostrato quanto la popolazione sia vulnerabile di fronte a simili estremi meteorologici. A seconda del tipo di evoluzione che avranno le emissioni globali di gas serra, entro la metà del XXI secolo situazioni del genere potrebbero ripetersi ogni uno-due anni. Le ondate di caldo pregiudicano peraltro la capacità lavorativa della popolazione attiva e hanno quindi anche conseguenze di natura economica. In presenza di temperature superiori ai 30 °C è ad esempio comprovabile un calo delle prestazioni lavorative sia a livello mentale sia a livello fisico (OcCC/ProClim-, 2007).

È difficile pronunciarsi sull'andamento futuro di eventi meteorologici con conseguenze catastrofiche. Questo perché, da una parte, il cambiamento climatico modifica le condizioni che danno origine agli eventi dannosi influenzando ad esempio sull'intensità delle precipitazioni (cfr. cap. 2.4), sull'umidità del suolo, ma anche sulla disponibilità di materiali mobili che possono essere trascinati dai ruscelli. E, dall'altra, perché in natura, trattandosi di avvenimenti molto rari, è possibile enucleare una tendenza solo nell'arco di periodi molto lunghi. Una crescente quantità di danni non costituisce inoltre un indicatore affidabile dell'influsso del mutamento climatico, poiché i danni dipendono da molti fattori, non da ultimi la presenza di beni materiali e l'attuazione di misure di protezione nella zona interessata.

Negli ultimi anni la politica di prevenzione dei pericoli attuata dalla Confederazione ha ripensato il proprio approccio alla gestione dei pericoli naturali (UFAM, 2007d). Alla mera difesa contro pericoli e alla pura e semplice gestione dell'evento è venuta gradualmente a sostituirsi una gestione integrale dei rischi. Partendo dalle carte dei pericoli allestite dai Cantoni (cfr. capitolo 5.2.2), si verificano sistematicamente i punti deboli, si adottano misure preventive e si elaborano piani di emergenza.

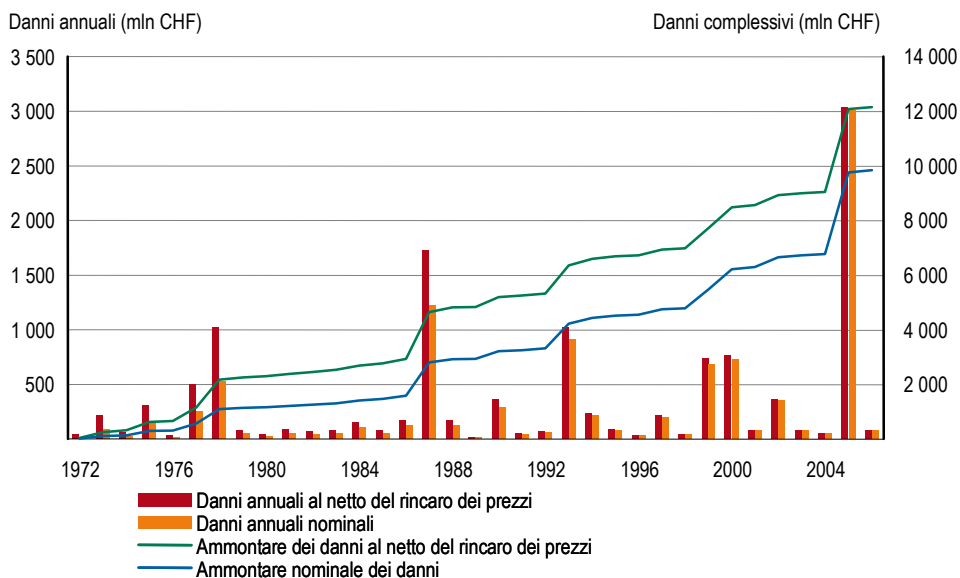
Con danni per un ammontare di 3 miliardi di franchi (Fig. 49) la piena del mese di agosto 2005 è stata finora l'evento più costoso in Svizzera. La crescita del cumulo dei

Gli esperti del clima prevedono un aumento degli eventi meteorologici estremi. Tali eventi e le loro conseguenze sono, tuttavia, poco adatti a servire da indicatori del mutamento climatico.

costi per sinistri registrata dall'inizio degli anni Settanta è nettamente inferiore, in proporzione, a quello della popolazione, della superficie d'insediamento e della densità di beni. L'entità dei danni causati da eventi naturali è dunque più piccola rispetto a quella che ci si dovrebbe effettivamente aspettare in relazione all'evoluzione registrata in termini di valore. Questo risultato è anche da ricondursi all'efficacia delle misure di protezione adottate (UFAM/WSL, 2007).

Fig. 49 > Danni causati da piene e frane tra il 1972 e il 2006

Danni annuali e ammontare dei danni, nominali e al netto del rincaro (prezzi al 2004). L'evoluzione dell'ammontare dei danni dal 1972 al 2006 mostra che negli ultimi 30 anni i costi complessivi per danni causati da piene, frane e colate detritiche sono aumentati in modo quasi lineare.



Dati: WSL (2007)

I danni causati dalle maggiori catastrofi naturali avvenute nel mondo sono assai superiori a quelli occorsi in Svizzera. A livello mondiale il 2005 è finora anche l'anno che è costato di più alle assicurazioni: con un ammontare di circa 56 miliardi di franchi, l'uragano Katrina ha provocato i maggiori danni mai assicurati (OcCC/ProClim-, 2007). L'aumento dei danni può essere almeno in parte spiegato dalla crescita economica, dall'urbanizzazione di zone a rischio e da cambiamenti intervenuti nelle prassi di valutazione e di liquidazione dei danni.

5 > Risposte al cambiamento climatico

Nei periodici resoconti all'indirizzo della Convenzione ONU sul clima vengono sottoposte ad esaustiva valutazione tutte le misure di politica climatica della Svizzera (Swiss Confederation, 2005). Quelle per la riduzione delle emissioni di gas serra pongono in particolare l'accento sui settori dell'ambiente e dell'energia, stando ai principali indicatori, mostrano di avere un effetto positivo sull'evoluzione delle emissioni. Finora, tuttavia, gli obiettivi sono stati raggiunti solo in parte. Grosse necessità d'intervento permangono infatti soprattutto nel settore dei trasporti.

5.1 Misure di riduzione delle emissioni

5.1.1 Panoramica

Tab. 2 > Principali misure di riduzione delle emissioni

Politica settoriale	Provvedimenti	Gas serra
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Legge sul CO₂: misure volontarie, tassa sul CO₂ a carattere sussidiario. • Incentivazione dell'uso di gas naturale e biocarburanti. • Incentivazione dell'uso di carburanti privi di zolfo (consente l'impiego di motori più parsimoniosi). • Regolamentazione dell'impiego di gas serra sintetici. • Gestione dei rifiuti: divieto di deposito di rifiuti combustibili, produzione di energia negli IIRU. • Politica contro l'inquinamento atmosferico: riduzione degli inquinanti responsabili della formazione di gas serra. 	CO ₂ diversi CO ₂ HFC/PFC/SF ₆ CH ₄ , CO ₂ diversi
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Legge sull'energia e programma SvizzeraEnergia (utilizzazione razionale dell'energia e promozione delle energie rinnovabili). - accordi mirati con gruppi di imprese e importatori di auto, - attività dei Cantoni nel settore della costruzione di edifici (MINERGIE, programmi d'incentivazione, leggi cantonali sull'energia), - etichetta energia per automobili e apparecchi, - EcoDrive, guidare risparmiando carburante. 	CO ₂ , N ₂ O
Trasporti	<ul style="list-style-type: none"> • Trasferimento del traffico merci su rotaia. • Tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni TTPCP. • Potenziamento e incentivazione dei trasporti pubblici. 	CO ₂ , N ₂ O CO ₂ , N ₂ O CO ₂
Agricoltura	<ul style="list-style-type: none"> • Gestione più ecologica («prova che le esigenze ecologiche sono rispettate»). 	CH ₄ , N ₂ O
Boschi	<ul style="list-style-type: none"> • Gestione sostenibile, protezione della superficie forestale (divieto di dissodamento). • Promozione del legno quale materiale da costruzione e vettore energetico in sostituzione di materie prime fossili e non rinnovabili. 	CO ₂ CO ₂
Cooperazione internazionale	<ul style="list-style-type: none"> • Partecipazione al Fondo globale per l'ambiente (finanziamento di progetti nell'ambito della Convenzione sul clima). • Aiuto finanziario nel quadro della cooperazione allo sviluppo. 	diversi diversi

La politica climatica della Svizzera è integrata in diverse politiche settoriali che, a loro volta, sono inserite nella strategia più ampia dello sviluppo sostenibile. Il Protocollo di Kyoto e la legge sul CO₂ sono importanti strumenti quadro per l'attuazione di misure volte alla riduzione delle emissioni di gas serra. La tabella 2 presenta le principali misure adottate nelle singole politiche settoriali.

L'anidride carbonica (CO₂) è il principale gas serra ed è oggi responsabile per un buon 85 % delle emissioni di gas serra (cfr. Fig. 11 nel capitolo 1). La legge sul CO₂ tenta di conformarsi a questa situazione: la maggior parte delle misure di politica climatica nei diversi settori politici hanno come specifico obiettivo la riduzione o l'eliminazione delle emissioni di CO₂.

Contrariamente a quanto accade in fatto di riduzione delle emissioni, manca finora in Svizzera una politica autonoma e coordinata volta a sorvegliare gli effetti del mutamento climatico e le misure di adattamento.

5.1.2 Attuazione della legge sul CO₂

La politica climatica svizzera si basa sugli obiettivi del Protocollo di Kyoto e della legge sul CO₂. Nell'ambito del Protocollo di Kyoto la Svizzera si è impegnata a ridurre dell'8 %, rispetto al livello del 1990, il totale delle emissioni di sei gas serra. Tale obiettivo va raggiunto tra il 2008 e il 2012. La legge sul CO₂ prevede, nello stesso arco di tempo, di ridurre del 10 % rispetto al 1990 le emissioni di CO₂ derivanti dall'utilizzazione di vettori energetici fossili.

La legge sul CO₂ concerne solo le emissioni di CO₂ derivanti da vettori energetici fossili. Il Protocollo di Kyoto riguarda sei gas o gruppi di gas a effetto serra (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆).

Gli obiettivi della legge sul CO₂ e del Protocollo di Kyoto sono compatibili: la riduzione del 10 % del CO₂ permette anche di adempiere alla prescrizione del Protocollo di Kyoto, a condizione che il totale delle emissioni generate dagli altri gas rimanga all'incirca costante. La legge sul CO₂ contempla due obiettivi distinti: uno per i combustibili (-15 %) e uno per i carburanti (-8 %). Le riduzioni delle emissioni saranno ottenute mediante una combinazione di provvedimenti:

- > misure volontarie dell'economia e di privati;
- > misure adottate nell'ambito di altre politiche settoriali (ad es. SvizzeraEnergia, TTPCP);
- > tassa sul CO₂ (nel caso in cui le suddette misure si rivelassero poco efficaci);
- > meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto (acquisto di certificati d'emissione provenienti da progetti di riduzione all'estero).

Alla fine del 2006 erano oltre 1600 le imprese – responsabili del 37 % circa delle emissioni di CO₂ dell'economia svizzera – che avevano già aderito all'accordo individuale tra industria svizzera del cemento e DATEC o ad accordi volontari sugli obiettivi conclusi sotto l'egida dell'Agenzia dell'energia per l'economia (AEnEC), oppure che erano sul punto di sottoscrivere accordi di questo tipo.

Gli accordi con l'AEnEC riguardano soprattutto misure relative al consumo di energia nel settore degli impianti stazionari (riscaldamento, processi industriali). Secondo i pronostici, entro il 2010, si dovrebbero avere in questo modo oltre il 18% di emissioni di CO₂ in meno rispetto a quanto si avrebbe se l'evoluzione rimanesse immutata. Rispetto ai livelli del 2000, con le misure convenute in questi concordati si ottiene entro il 2010 una riduzione assoluta delle emissioni di quasi il 7%.

Nel 2005, come altra misura volontaria promossa dal mondo economico, il Consiglio federale ha inoltre accettato di applicare a titolo sperimentale il cosiddetto «centesimo per il clima». Maggiorando di 1,5 centesimi il prezzo di un litro di benzina e di gasolio si mira a generare fondi che verranno a loro volta impiegati per finanziare progetti per la riduzione delle emissioni in Svizzera e all'estero. Il «centesimo per il clima» servirà in particolare a raggiungere gli obiettivi fissati nel settore delle emissioni di CO₂ generate dai trasporti.

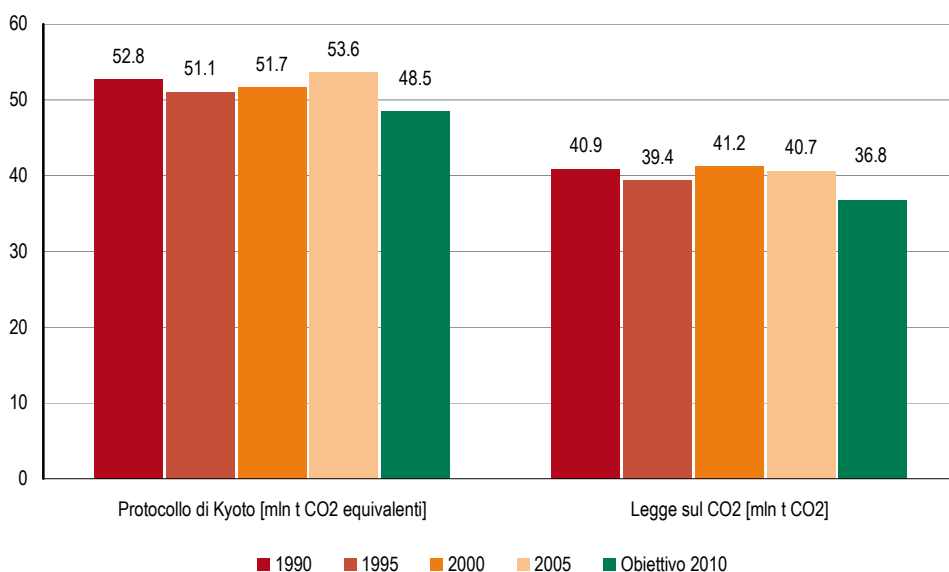
Tanto per la legge sul CO₂ quanto per il Protocollo di Kyoto la riduzione va prioritariamente conseguita a livello nazionale (principio della cosiddetta «supplementarità dei provvedimenti adottati all'estero»). Si intende così garantire che i notevoli potenziali di riduzione presenti all'interno del Paese vengano pienamente sfruttati e che venga dato impulso all'utilizzazione di vettori energetici rinnovabili e a basse emissioni, all'innovazione tecnologica e alla creazione di posti di lavoro in segmenti capaci di futuro. L'adozione di misure di miglioramento dell'efficienza sul piano nazionale riduce inoltre la dipendenza dalle importazioni di energia dall'estero e contribuisce a limitare l'impatto sulla salute degli inquinanti atmosferici.

Come indicato nel grafico seguente (Fig. 50), nel 2005 il totale delle emissioni di gas serra in Svizzera è stato pari a 53,6 milioni di tonnellate, in leggero aumento (0,9 mln di t) rispetto al 1990. La stabilizzazione delle emissioni di gas serra è frutto di evoluzioni contrapposte: la politica energetica della Confederazione in particolar modo (programma SvizzeraEnergia), le misure volontarie del mondo economico e il calo delle emissioni nell'agricoltura inducono un calo delle emissioni che è tuttavia compensato dall'aumento registrato nel settore dei trasporti e da una tendenza generale all'incremento dovuto alla crescita demografica ed economica.

SvizzeraEnergia è il principale programma della Confederazione per la riduzione del consumo di energia fossile. I suoi obiettivi sono migliorare l'efficienza energetica e incentivare l'uso di energie rinnovabili.

Fig. 50 > Protocollo di Kyoto e legge sul CO₂: grado di raggiungimento degli obiettivi

Le emissioni oggetto del Protocollo di Kyoto (riguardante tutti i gas) e della legge sul CO₂ (riguardante solo il CO₂ derivato dal consumo di vettori energetici fossili), oscillano attorno al valore di riferimento del 1990. Per raggiungere gli obiettivi fissati per il 2010 (media degli anni 2008–2012) si rende necessaria l'adozione di provvedimenti supplementari.



UFAM

Per colmare il divario esistente tra il livello delle emissioni al 2006 e gli obiettivi fissati per il periodo 2008–2012 la Svizzera deve per prima cosa ridurre ulteriormente le sue emissioni di gas serra. Nel 2007 il Parlamento ha approvato a questo proposito due nuovi provvedimenti: la tassa sul CO₂ applicata ai combustibili e la defiscalizzazione dei biocarburanti. Se queste misure non basteranno, si potranno in più mettere in computo i certificati di emissione derivanti da progetti all'estero, nonché l'assorbimento di CO₂ da parte dei boschi (i cosiddetti «pozzi di carbonio»). La legge sul CO₂ prevede tuttavia, come contributo al conseguimento degli obiettivi, solo l'utilizzazione di certificati d'acquisto di emissioni, quali ad esempio quelli acquistati dalla Fondazione Centesimo per il Clima.

5.1.3 Consumo ed emissioni di CO₂ delle automobili nuove

Nel 2002 il DATEC ha stipulato con l'Associazione importatori svizzeri di automobili (AISA) un concordato volto a ridurre del 3% annuo il consumo medio di carburante delle nuove automobili. Ciò significa che entro il 2008 il consumo di carburante dovrà scendere a 6,4 l/100 chilometri.

Tab. 3 > Obiettivo di consumo delle nuove automobili: grado di raggiungimento

Andamento delle vendite e dei valori medi relativi al consumo di carburante, alle emissioni di CO₂ e al peso delle nuove automobili messe in circolazione secondo l'accordo stipulato fra l'Associazione importatori svizzeri di automobili e il DATEC. In base all'evoluzione attuale l'obiettivo di consumo risulta chiaramente mancato.

	nuove automobili vendute	consumo medio in l/100 km	emissione media in g CO ₂ /km	peso medio in kg
2003	265 696	7,99	195	1440
2004	266 605	7,82	192	1462
2005	257 886	7,67	189	1478
2006	265 482	7,62	187	1491
Obiettivo secondo l'accordo		2008: 6,40		

auto-svizzera, 2004, 2005, 2006, 2007

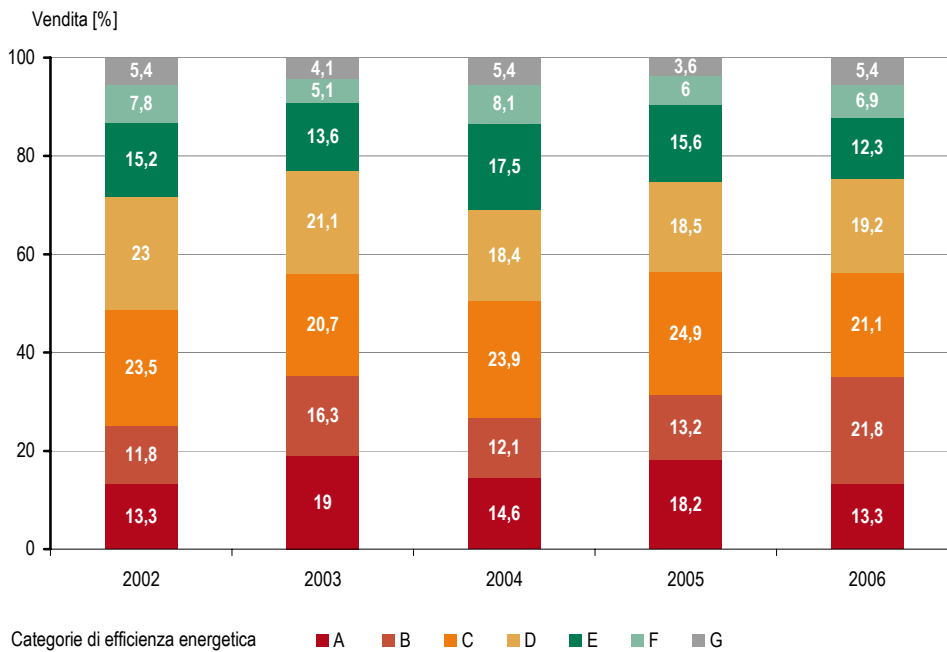
Nel 2006 le emissioni di CO₂ delle nuove automobili ammontano in media a 187 g di CO₂/km. Per i veicoli a benzina la media è di 190 g/km, per i veicoli diesel è del 4,7% inferiore (181 g/km). Secondo l'iter di riduzione concordato, nel 2006 il consumo complessivo di carburante delle nuove automobili avrebbe dovuto aggirarsi attorno ai 6,9 l/100 chilometri (169 g di CO₂/km). Il consumo effettivamente raggiunto è invece di 7,62 l/100 chilometri (187 g di CO₂/km), ovvero di un buon 10% superiore, il che impedisce di raggiungere l'obiettivo perseguito per il 2008 (riduzione rispettivamente a 6,4 l/100 km e a 157 g di CO₂/km).

Ha contribuito in modo sostanziale all'evoluzione osservata l'aumento registrato dalle vendite di veicoli appartenenti alla massima categoria di peso. Il 13,3% delle auto comperate nel 2006 appartiene alla categoria di massima efficienza energetica (categoria A) e il 21,8% alla seconda categoria di efficienza energetica (categoria B). In entrambe le categorie il consumo di carburante per 100 chilometri si mantiene al di sotto di 6,23 l. Salta infine all'occhio il netto regresso registrato tra il 2005 e il 2006 dalla parte percentuale di automobili appartenenti alla categoria di efficienza energetica A (cfr. Fig. 51).

Gli obiettivi di consumo al 2008 per le nuove automobili non può essere raggiunto perché si vendono sempre più veicoli grandi e pesanti («SUV»).

Fig. 51 > Vendita di automobili nuove per categoria di efficienza energetica

Parte (percentuale) delle categorie di efficienza energetica delle automobili nuove vendute nel 2006. A = massima efficienza energetica, G = minima efficienza energetica. È riconoscibile una leggera tendenza verso veicoli più efficienti. Per gli anni 2004, 2005 e 2006 sono stati utilizzati i nuovi valori limite delle categorie di efficienza; per gli anni 2002 e 2003 sono elencati i valori calcolati secondo i vecchi limiti delle categorie.



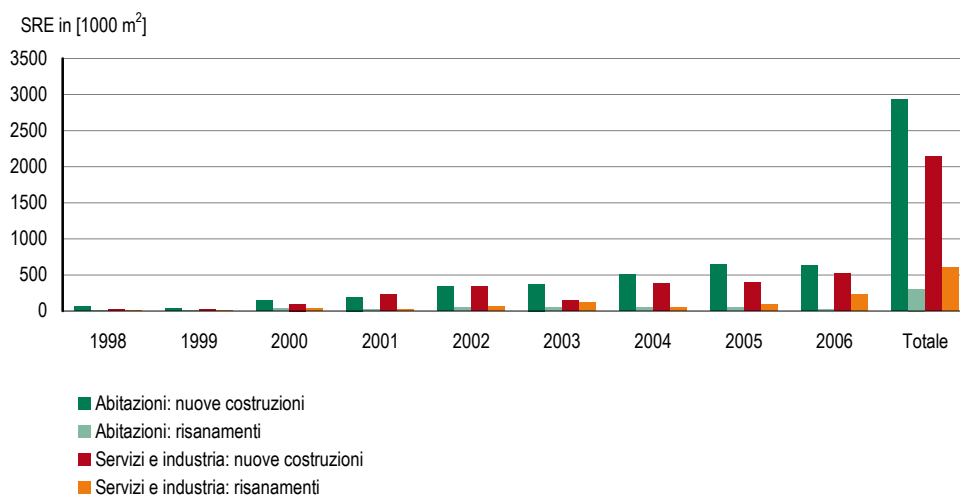
5.1.4 Superficie di riferimento energetico di edifici certificati

Una buona parte del consumo di combustibile è dovuta al settore degli immobili. In quest'ambito contribuisce in misura significativa alla riduzione del consumo energetico lo standard MINERGIE®. MINERGIE è un marchio che certifica edifici aventi un consumo energetico ridotto e nel contempo un comfort abitativo superiore. Il marchio è stato introdotto nel 1998. Ad esso si è aggiunto nel 2002 lo standard di «casa passiva» MINERGIE-P, un concetto di casa improntato all'autonomia e a un basso consumo energetico (Associazione MINERGIE, 2006). MINERGIE è sostenuto finanziariamente dal programma SvizzeraEnergia. Mediante sussidi d'incentivazione diretti, i Cantoni danno inoltre un importante contributo all'introduzione e all'affermazione dello standard. Il marchio gode infatti di sostegni diretti o indiretti in ben 18 Cantoni.

MINERGIE® è un marchio che certifica edifici aventi un consumo energetico nettamente inferiore alla media e un comfort abitativo superiore.

Fig. 52 > Superficie di riferimento energetico di edifici MINERGIE e MINERGIE-P

Tra il 1999 e il 2006 la superficie di riferimento energetico (SRE) di edifici certificati dal marchio MINERGIE o MINERGIE-P è aumentata a ritmo continuo. Rispetto alle nuove costruzioni sono però ancora pochi i risanamenti eseguiti secondo lo standard MINERGIE.



MINERGIE (2006)

Il costante aumento della superficie di riferimento energetico (SRE)¹⁴ degli edifici MINERGIE e MINERGIE-P è illustrato nel grafico sopra (Fig. 52). Le nuove costruzioni (soprattutto quelle a scopo abitativo) mostrano una SRE più elevata rispetto a quella dei risanamenti. La SRE al 2006 degli edifici MINERGIE e MINERGIE-P ammontava a 5,9 milioni di metri quadrati (SRE, 2007a), ovvero allo 0,9% della SRE della Svizzera (incluse le vecchie costruzioni). Sempre nel 2006 la SRE della Svizzera ammontava a 672,2 milioni di metri quadrati (valore stimato sulla base di dati UFE, 2004a). Il prossimo obiettivo è fissare per legge gli standard MINERGIE.

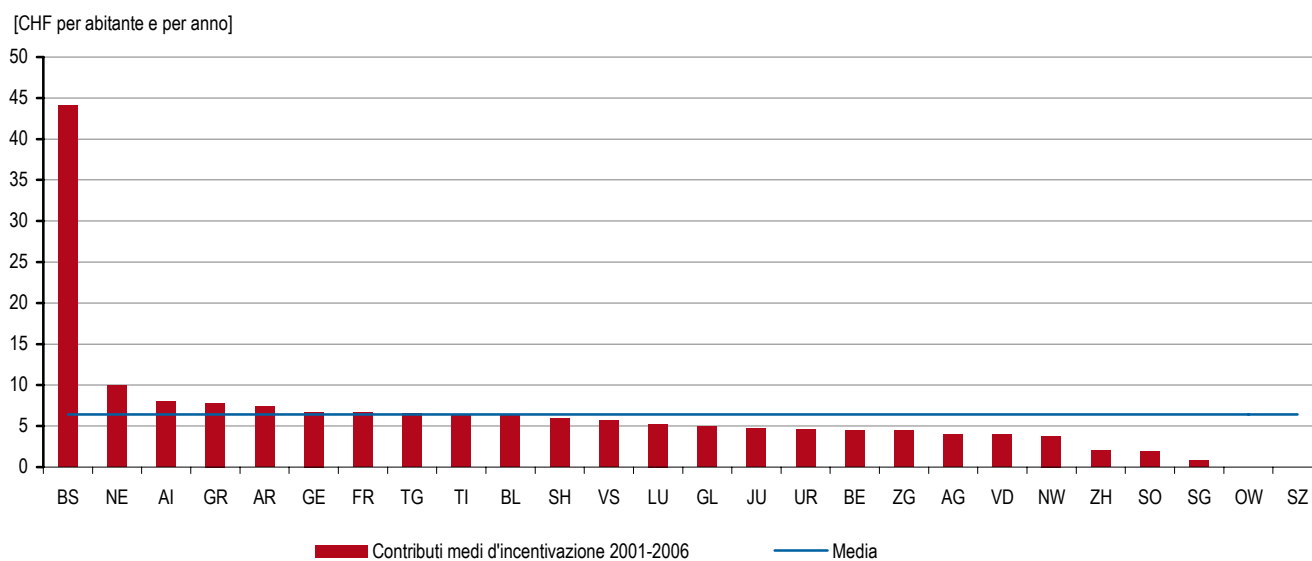
¹⁴ La superficie di riferimento energetico (SRE) comprende la superficie di tutti i piani sotterranei e fuori terra per la cui utilizzazione si rende necessario il riscaldamento o la climatizzazione; sono dunque esclusi i locali lavanderia e stenditoio, i locali caldaia e macchine, i garage, i locali di deposito combustibili, i depositi per biciclette, ecc.

5.1.5 Ripercussioni dei programmi cantionali d'incentivazione sulle emissioni di CO₂

La Confederazione può versare ai Cantoni dei contributi globali annui per misure volte a un utilizzo parsimonioso e razionale dell'energia, come pure all'impiego di energie rinnovabili e del calore residuo (UFE, 2006b). L'ammontare dei contributi versati dipende dalla capacità finanziaria propria di ciascun Cantone e dall'efficacia dei programmi cantionali d'incentivazione. I contributi d'incentivazione erogati dai Cantoni (cfr. Fig. 53) confluiscono su misure che agiscono direttamente sul consumo quali costruzioni MINERGIE, riscaldamenti a legna, impianti fotovoltaici, impiego del calore residuo, come pure su studi di fattibilità, manifestazioni, lavoro d'informazione, formazione e perfezionamento, ecc.

Fig. 53 > Programmi cantionali d'incentivazione

Contributi medi d'incentivazione per abitante e per anno, versati nel periodo tra il 2001 e il 2006. La media intercantonale dei contributi d'incentivazione per abitante è pari a 6,4 franchi.



UFE, 2002, 2003, 2004b, 2005, 2006b, 2007b

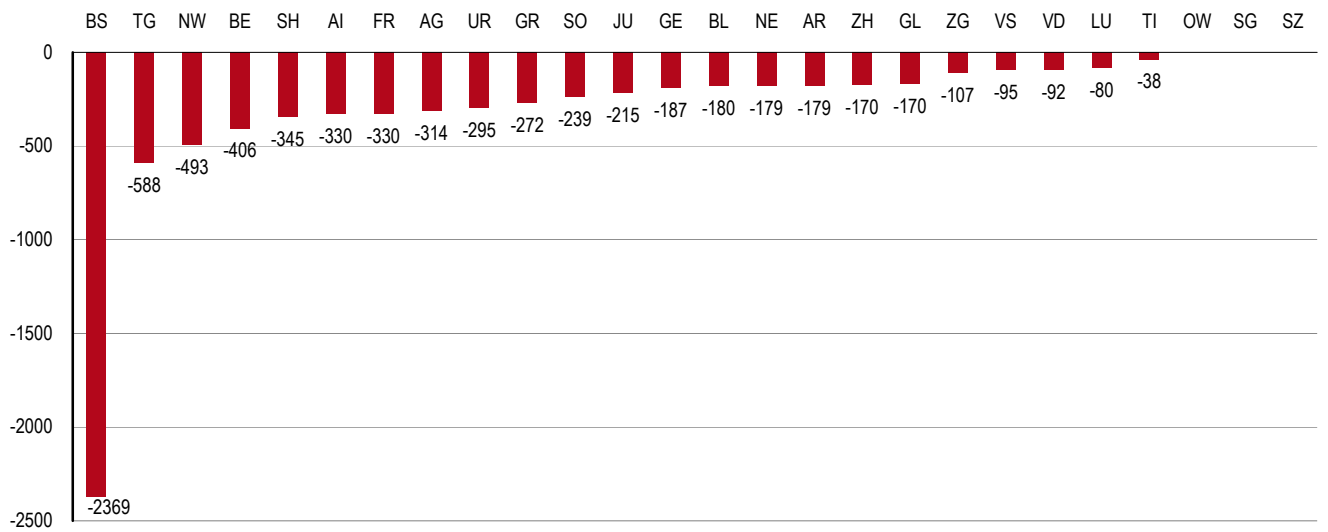
Con in media 44,10 franchi per abitante, il Cantone di Basilea Città mostra di avere il programma d'incentivazione con la dotazione finanziaria di gran lunga più elevata. Superano il valore medio del periodo 2001–2006 anche i contributi dei Cantoni di Neuchâtel, Grigioni, Appenzello Interno e Appenzello Esterno. Sull'intero periodo esaminato non disponevano di alcun programma d'incentivazione secondo l'articolo 15 della legge sull'energia i Cantoni Obvaldo e Svitto.

Come mostrato graficamente nella figura seguente (Fig. 54), con 2,37 milioni di tonnellate per milione di abitanti, Basilea Città ha ottenuto anche il maggior risparmio di CO₂ sulla durata di vita degli impianti sussidiati. Nel grafico è rappresentato lo stato al 2006 dell'effetto complessivo esercitato dagli impianti che hanno beneficiato di contributi cantionali.

Fig. 54 > Risparmio di CO₂ dovuto a contributi d'incentivazione

Stato al 2006 del risparmio di CO₂ ottenuto da impianti che hanno beneficiato di contributi cantonali calcolato sulla durata di vita attesa e per milione di abitanti. Il risparmio raggiunto da un impianto corrisponde alla quantità di emissioni di CO₂ evitate in rapporto al rendimento energetico annuo o al risparmio energetico annuo moltiplicato per il numero di anni durante i quali l'impianto sarà in funzione.

[1000 t CO₂ per ciclo di vita degli impianti/mln di abitanti]



UFE, 2007b (risultati provvisori per il 2006)

5.2 Strategie di gestione degli effetti del cambiamento climatico

5.2.1 Panoramica

Sono ormai pochi i settori in cui i poteri pubblici o i privati si attivano perché costretti ad agire dal cambiamento climatico. Non è sempre facile, inoltre, stabilire il ruolo che il cambiamento climatico svolge nell'adozione di determinate misure. In questo capitolo sono illustrati esempi di misure e investimenti capaci di mitigare – perlomeno a breve e medio termine – gli effetti del cambiamento climatico.

- > Negli ultimi anni piene, frane, colate detritiche e cadute di massi hanno occupato le prime pagine dei giornali e si verificheranno presumibilmente con ancora maggiore frequenza a seguito del mutamento climatico. Le carte dei pericoli, importante base per la prevenzione dei pericoli naturali, servono anche a prevenire i nuovi rischi legati al clima.
- > Il turismo invernale è interessato da mutamenti a livello di regime delle precipitazioni. Fa dunque fronte alla crescente penuria di neve garantita ricorrendo ad impianti d'innnevamento artificiale. Sul permafrost che va sciogliendosi perdono intanto presa i piloni e le stazioni degli impianti di risalita, fatto che potrebbe comportare dispendiosi interventi di risanamento.
- > Nell'agricoltura si delinea una netta tendenza all'irrigazione di superfici sempre più ampie e la richiesta di sovvenzioni per impianti d'irrigazione cresce anche sull'Altipiano.

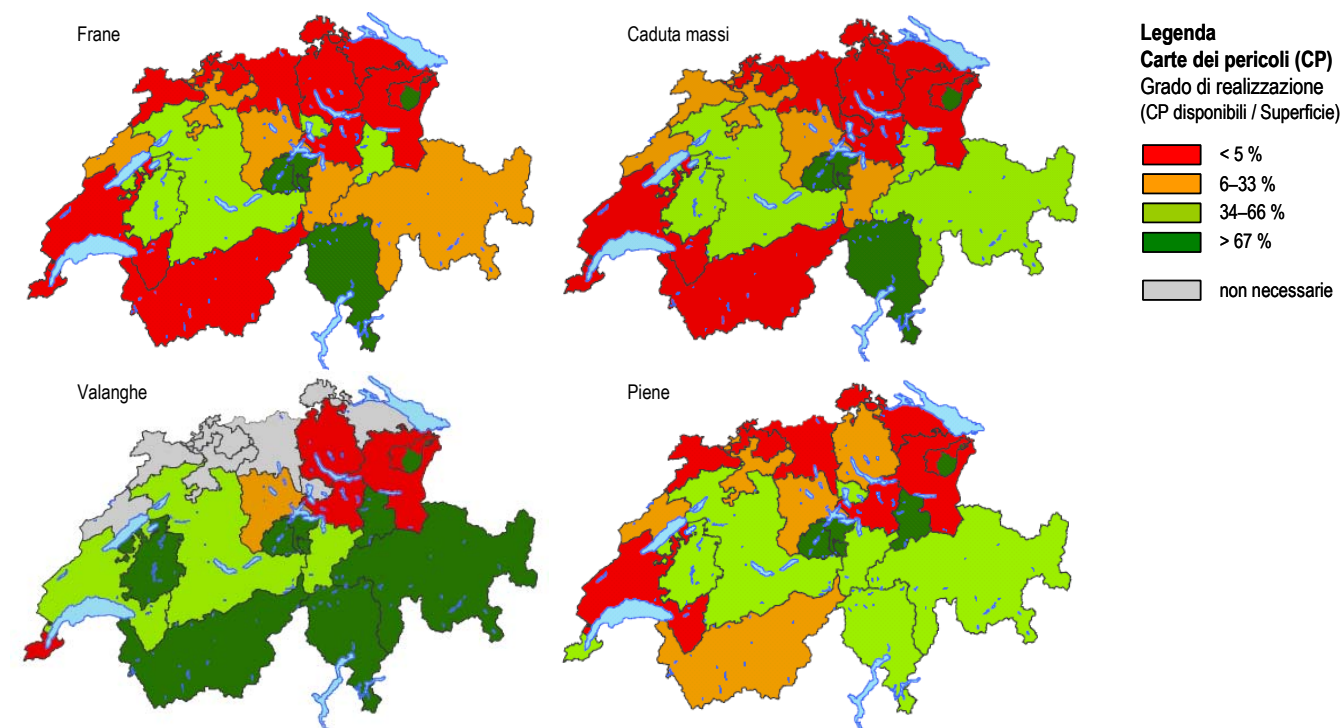
Certe risposte al cambiamento climatico non sono solo costose: accrescono contemporaneamente anche la pressione posta sulle risorse naturali. L'acqua può così diventare un bene scarso anche in Svizzera se alla diminuzione delle precipitazioni si aggiunge l'aumento del consumo. Se poi, a reazioni di adattamento quali ad esempio il ricorso ad impianti d'innnevamento e di climatizzazione, si accompagna l'aumento del consumo energetico e delle emissioni di gas serra, la lotta contro i sintomi porta addirittura ad aggravare la causa del problema. La gestione degli effetti del cambiamento climatico va dunque analizzata con occhio sempre critico al fine di enucleare reazioni di adattamento errate.

5.2.2 Carte dei pericoli e prevenzione dei pericoli naturali

Le carte dei pericoli rendono visibili i rischi che si produca una certa calamità naturale. Esse contengono informazioni dettagliate su cause, evoluzione, estensione territoriale, intensità e probabilità dei pericoli naturali. Il grado di minaccia cui sono esposte le diverse zone è ripartito in quattro categorie: «notevole», «medio», «scarso» e «residuo». Le carte servono in particolare da base per la pianificazione delle utilizzazioni, l'attuazione di misure protettive e la pianificazione dell'emergenza.

Fig. 55 > Grado di realizzazione delle carte dei pericoli di frana, caduta massi, valanga e piena

All'inizio del 2006 erano disponibili carte dei pericoli di frana relative al 23% del territorio svizzero. Le carte dei pericoli di caduta massi e piena coprivano il 30% del territorio nazionale, quelle dei pericoli di valanga il 66%.



UFAM (2006a)

Le carte dei pericoli di valanga coprono già il 66% del territorio nazionale; quelle invece relative a piene, cadute di massi e frane solo il 23–30% (Fig. 55). Mentre le catastrofiche valanghe del 1951, con il loro alto tributo di vittime, avevano già da tempo sollecitato all'azione, nel caso di piene e frane si è pensato a nuove soluzioni solo nel 1987, quando i Cantoni Grigioni, Uri, Ticino e Vallese furono colpiti da gravi inondazioni (UFAM, 2006b). Lo stato di mappatura dei pericoli varia molto da Cantone a Cantone. La Confederazione sostiene i Cantoni affinché terminino di approntare le carte dei pericoli entro il 2011.

Le carte dei pericoli hanno messo alla prova la loro qualità e la loro utilità in occasione del maltempo dell'agosto 2005, che con 3 miliardi di franchi di danni è entrato nella storia come l'evento finora più catastrofico. Come mostrano i raffronti tra carte dei pericoli ed eventi di maltempo, malgrado l'elevato grado di incertezza legato all'apprezzamento del rischio di eventi naturali rari le zone minacciate risultarono essere state identificate correttamente. Hanno dimostrato la propria validità anche i progetti di protezione integrali contro le piene, pianificati e realizzati sulla base delle carte dei pericoli: nei Cantoni Nidvaldo (lungo l'Aa di Engelberg) e Obvaldo (a Sachseln) si è riusciti per esempio ad evitare danni più gravi (Comune Svizzero, 2006). In alcuni casi la conoscenza dei rischi è servita anche a salvare vite umane. A Weggis, ad

esempio, il pericolo di frana era noto: diverse case furono evacuate per tempo poco prima che il fianco della montagna franasse. Nella frana andarono distrutte tre case, senza però che si lamentassero vittime umane.

Se si vuole prevenire un futuro aumento dei danni causati da eventi estremi, occorre in primo luogo adottare misure di pianificazione territoriale. Va dunque data massima priorità all'impiego delle carte dei pericoli nel piano di utilizzazione dei Comuni. Le aree minacciate vanno per quanto possibile evitate. Nel caso in cui ciò non sia fattibile, occorre garantire con misure di protezione puntuali che in caso di evento non si verifichi possibilmente alcun danno. Nelle zone d'insediamento esistenti i rischi non possono essere ridotti soltanto con misure di pianificazione territoriale. In molti casi si rendono indispensabili anche misure di protezione di natura tecnica. Una protezione assoluta contro pericoli naturali, tuttavia, non ci sarà mai. Vi saranno sempre eventi che supereranno i valori di dimensionamento (sovraccarico). Un'adeguata pianificazione dell'emergenza consente però di ridurre ulteriormente i rischi residui e di migliorare la protezione della popolazione.

L'impiego delle carte dei pericoli nel piano di utilizzazione dei Comuni è molto importante ai fini della protezione contro i pericoli naturali.

5.2.3 Misure di adattamento in ambito turistico

5.2.3.1 Impiego di impianti d'innevamento nei comprensori sciistici

Il numero degli impianti d'innevamento dà un indizio di come il settore turistico si stia adattando alla minore garanzia d'innevamento nelle Alpi. I dati riportati qui di seguito si basano su valutazioni della Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi (CIPRA, 2004) e su informazioni dell'associazione Funivie Svizzere (Funivie Svizzere, 2006).

La produzione di uno strato di neve alto 20 centimetri su una superficie di un ettaro (100 x 100 m) richiede 800 tonnellate circa d'acqua e moltissima energia (circa 2,8 kWh per m² di superficie innevata). Per prevenire la scarsità d'acqua molti comprensori sciistici costruiscono impianti di stoccaggio (Müller e Weber, 2007). Insieme al livellamento delle superfici innevate artificialmente, ciò può richiedere interventi significativi sul quadro paesaggistico e sulla vegetazione locale.

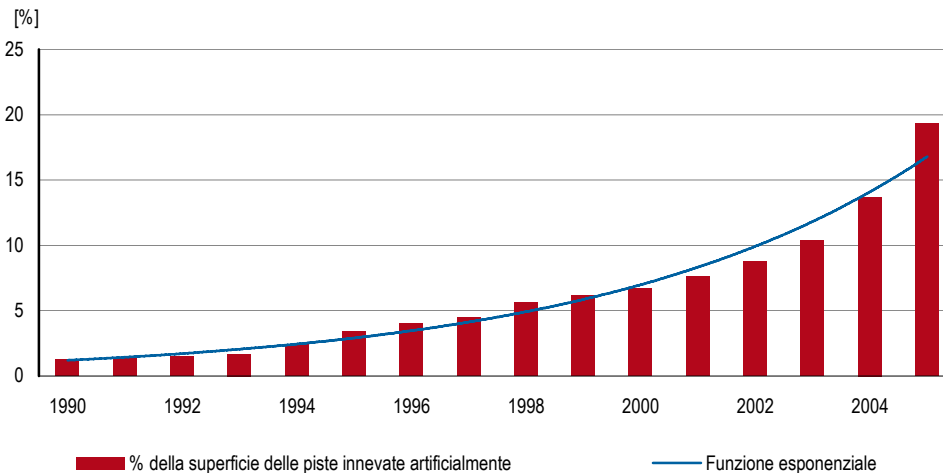
Secondo la CIPRA, fino al 2004 sono stati investiti in Svizzera oltre 500 milioni di franchi in impianti d'innevamento. L'associazione Funivie Svizzere calcola il fabbisogno di investimenti per la costruzione di altri impianti d'innevamento in 800 milioni di franchi. I costi per l'innevamento di 1 chilometro di pista ammontano a circa 1 milione di franchi per stagione invernale.

In Svizzera, nel 2005, sono stati innevati artificialmente circa 4200 ettari, ossia il 19% delle piste battute. Ciò corrisponde a una superficie di oltre due volte superiore rispetto al dato del 2002 (Fig. 56). E per i prossimi anni si dovrà mettere in conto un ulteriore forte aumento.

Dal 1990 in Svizzera la superficie delle piste innevabili artificialmente è aumentata in modo esponenziale.

Fig. 56 > Evoluzione della superficie delle piste innevabili artificialmente in percentuale della superficie complessiva delle piste dal 1990 al 2005

Dal 1990 la superficie delle piste innevabili artificialmente in percentuale della superficie complessiva delle piste segue in Svizzera un andamento esponenziale.



CIPRA (2004), Funivie Svizzere (2006)

Percentualmente, in Svizzera viene innevata artificialmente una superficie di piste sensibilmente inferiore a quella di Austria o Italia. Per arrivare a una situazione paragonabile a quella austriaca, le imprese svizzere di trasporto a fune dovrebbero investire circa 1,8 miliardi di franchi in impianti d' innevamento (Mathis et al., 2003).

L'impiego di impianti d' innevamento può essere un mezzo appropriato per assicurare l'attività sciistica durante gli inverni miti. Per molti turisti la garanzia d' innevamento costituisce un importante criterio di scelta della stazione invernale (Swissinfo, 2007). L' innevamento artificiale si presta ad essere utilizzato soprattutto a quote elevate poiché la produzione di neve artificiale richiede temperature sotto lo zero. I costi elevati e lo sfruttamento intensivo di risorse naturali fanno tuttavia sorgere un interrogativo quanto ai limiti dell' innevamento artificiale. Se il limite della «neve garantita» continuasse ad innalzarsi, specie alle quote più basse sarebbe il caso di dare maggiore importanza, non foss'altro che per ragioni commerciali, ad alternative interessanti agli sport invernali.

5.2.3.2 Sicurezza delle ferrovie di montagna e delle funivie

Delle 1894 ferrovie di montagna e funivie presenti in Svizzera, 288 sono ancorate nel permafrost. Per via dei processi di scioglimento osservati a questo livello si sono già rivelati necessari negli ultimi anni investimenti per nuovi ancoraggi e per il risanamento di alcuni impianti. Sul Corvatsch, nell'Alta Engadina, sono stati ad esempio investiti 12 milioni di franchi per la sicurezza degli impianti. Esempi di altri comprensori

sciistici già colpiti da processi di scioglimento del permafrost sono lo Schilthorn (Mürren), il Gemsstock (Andermatt), la Diavolezza e il Piz Nair (Engadina), come pure il Bettmeralp e il Grächen (Vallese).

A causa dello scioglimento del permafrost, l'Ufficio federale dei trasporti (UFT) ha classificato come problematiche anche altre ferrovie di montagna e funivie e sta controllando, in collaborazione con l'UFAM, tutti i 650 impianti con concessione federale per valutarne l'esposizione al rischio. Le perizie saranno disponibili entro la fine del 2007.¹⁵ È già pronta invece una panoramica delle potenziali zone di permafrost: la cosiddetta carta del permafrost (UFAM, 2006c). Essa è a disposizione dei Cantoni perché possano verificare le loro carte dei pericoli ed eventualmente aggiornarle (cfr. capitolo 5.2.2).

5.2.4 Irrigazione in ambito agricolo

In futuro, l'aumento dei periodi di canicola e di siccità atteso a seguito del mutamento climatico dovrebbe portare più frequentemente in estate a una limitata disponibilità temporale e locale d'acqua (OcCC/ProClim-, 2007). Nei mesi estivi si dovrà pertanto fare i conti con un aumento del numero di conflitti dovuti alla scarsità di questa risorsa. Oltre agli agricoltori, che devono irrigare i loro campi, sono infatti interessati a che nei fiumi vi sia un sufficiente livello d'acqua anche la navigazione, la protezione delle acque, le centrali elettriche, nonché gli Stati a valle dei bacini imbriferi.

Oggi, in Svizzera, gli agricoltori irrigano una superficie pari a circa 40 000 ettari. In futuro, secondo stime dell'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG), tale superficie probabilmente si quadruplicherà. Dopo aver sovvenzionato per 20 anni unicamente progetti d'irrigazione nelle valli interne alpine a clima secco del Vallese e dei Grigioni meridionali, dal 2005 la Confederazione cofinanzia anche impianti d'irrigazione a pioggia nel resto della Svizzera. Gli investimenti in sistemi d'irrigazione vanno dai 10 000 franchi ai 20 000 franchi per ettaro. Nelle sole estati del 2005 e del 2006 la Confederazione ha finanziato dieci progetti d'irrigazione a pioggia in pianura per un costo totale di 3,6 milioni di franchi. Oltre a questi sono stati realizzati, senza aiuti della Confederazione, numerosi altri impianti d'irrigazione. Per quantificare il crescente interesse esistente nell'ambito dell'irrigazione, nel 2006 l'UFAG ha condotto presso gli uffici cantonali un'indagine riguardante superfici irrigate e colture, consumo e provenienza dell'acqua, nonché procedure di autorizzazione e costi d'irrigazione (Schild, 2007).

L'irrigazione migliora la competitività della produzione di frutta e verdura svizzere rispetto alla forte concorrenza estera. Confrontato con la media delle piogge sull'Altipiano svizzero (600 mm), il fabbisogno d'acqua di molte colture praticate in Svizzera (400–700 mm) è relativamente alto (Doorenbos e Kassam, 1979), il che significa che si potrebbero già avere perdite di produzione se le precipitazioni restassero per lungo tempo sotto un livello di 300–500 mm (Allen et al., 1998).

In futuro il fabbisogno idrico, soprattutto per la produzione di frutta e verdura, dovrebbe quadruplicarsi.

¹⁵ Informazione dell'UFT (giugno 2007).

In futuro i contributi della Confederazione per progetti d'irrigazione non saranno più erogati solo tenendo conto delle precipitazioni annue, bensì anche dei periodi di siccità. In tal modo anche i Cantoni, che in base alla prassi finora in uso uscivano a mani vuote, potranno usufruire di sovvenzioni. Resta tuttavia ancora da stabilire quanto sia opportuno, realizzabile e possibile, alla luce della disponibilità d'acqua presente in anni di siccità, potenziare le misure d'irrigazione per il superamento di tali anni. Per far fronte al crescente sfruttamento delle risorse idriche si dovrebbe pertanto prestare maggiore attenzione all'efficienza delle tecniche d'irrigazione impiegate e all'adeguatezza delle colture praticate (OcCC/ProClim-, 2007).

5.2.5 Adattamento della gestione forestale

Oggi la Svizzera è coperta per quasi un terzo della sua superficie da boschi. Per via del suo valore economico è ampiamente diffuso in Svizzera, specie alle basse quote, l'abete rosso. Abeti rossi e abeti bianchi, che costituiscono circa il 40% delle specie arboree dell'Altipiano svizzero, sono sensibili all'innalzamento delle temperature (abete rosso) o all'aumento della siccità (abete bianco, abete rosso). Determinate specie di querce e di aceri sopportano invece temperature più alte e un clima più asciutto.

Un bosco misto seminaturale con un'elevata percentuale di latifoglie indigene si adatta pertanto meglio all'aumento delle temperature e alla siccità rispetto ai boschi, puri o misti, di conifere. L'analisi del 1° e del 2° Inventario Forestale Nazionale (1983/85 e 1993/95) indica una leggera crescita della percentuale di boschi misti di latifoglie e una diminuzione della percentuale dei boschi puri di conifere (Tab. 4). Ciò è avvenuto tenendo conto di criteri ecologici (ritorno a mescolanze seminaturali di alberi sull'Altipiano). Dovrebbe nel frattempo proseguire la tendenza a una diminuzione dei boschi di conifere sull'Altipiano.¹⁶

Un bosco misto di latifoglie indigene si adatta meglio al riscaldamento climatico rispetto a un bosco di conifere.

Tab. 4 > Superficie forestale secondo il grado di mescolanza

Grado di mescolanza della superficie forestale (in percentuale) nel 1° (1983/85) e nel 2° (1993/95) Inventario Forestale Nazionale.

	1° Inventario Forestale Nazionale (1983/85)	2° Inventario Forestale Nazionale (1993/95)
Grado di mescolanza (percentuale di conifere)	%	%
Bosco puro di conifere (91–100%)	50,4	46,1
Bosco misto di conifere (51–90%)	18,6	21,4
Bosco misto di latifoglie (11–50%)	10,6	13,5
Bosco puro di latifoglie (0–10%)	20,3	19,0
Totale	100	100

Inventario Forestale Nazionale, WSL. I risultati del 3° Inventario Forestale Nazionale (2004/06) non sono ancora disponibili.

¹⁶ I primi due Inventari Forestali Nazionali mostrano lo stato dei boschi nei periodi 1983/1985 e 1993/1995. I rilevamenti per il terzo Inventario Forestale Nazionale hanno avuto luogo tra il 2004 e il 2006; i primi risultati sono attesi per la fine del 2007.

La gestione forestale dovrà in futuro tener conto di parametri climatici sempre più alterati. Esempi regionali indicano già l'apparizione dei primi processi di adattamento.

- > Negli anni passati l'influsso del clima si è manifestato nei danni prodotti dalle tempeste o dalle infestazioni da bostrico. Lo studio sui danni causati dalla tempesta Lothar giunge alla seguente conclusione: nelle zone colpite dalla tempesta va data la preferenza a specie arboree adatte al sito e a una mescolanza di specie arboree con un'alta percentuale di latifoglie (Indermühle et al., 2005). Tale principio dovrebbe anzi valere come regola generale in un'ottica di adattamento al riscaldamento.
- > All'interno dei servizi cantonali e delle aziende forestali si sta già riflettendo sull'adattamento dei boschi al cambiamento climatico. Nell'azienda forestale della città di Baden si vuole, ad esempio, dare la preferenza alle querce e ridurre la percentuale di alberi minacciati, soprattutto gli abeti rossi. Si potranno così ottenere boschi nei quali specie arboree adatte al sito non vengono scacciate da specie esotiche meglio adattate al mutamento climatico (Stadt Baden, 2005). In altre località, invece, accade proprio questo: si sta anche pensando di intensificare la piantagione di abeti di Douglas, una conifera nordamericana, che è comunque rinvenibile nei nostri boschi da oltre cento anni.
- > Nel Vallese, le estati calde e asciutte indeboliscono i pini provocando un forte tasso di mortalità, specie in stazioni sotto i 1200 metri sul livello del mare. Tale dinamica può essere modificata solo in misura ridotta mediante la rimozione dei pini infestati, la cattura degli insetti e il diradamento. Al posto dei pini spunta e cresce la roverella (o quercia pubescente), una specie indigena già presente che è meglio adattata a un clima più asciutto. Dato però che questa specie non è più rappresentata e non produce semi ovunque, dovrebbe essere il servizio forestale a reintrodurla per preservare il bosco grazie alla sua azione protettiva (WSL, 2006).
- > Non solo nel Vallese, ma anche in Engadina vi sono incognite quanto allo sviluppo forestale. I tipici boschi di cembri e di larici potrebbero essere in pericolo: si teme soprattutto un aumento degli incendi boschivi.

6 > Prospettive

Il presente rapporto illustra le relazioni e i nessi venutisi ad instaurare tra (cambiamento del) clima, stato dell'ambiente e società nel corso del tempo servendosi di esempi per i quali si dispone già di dati e per i quali questi dati siano facilmente accessibili. L'elaborazione del rapporto ha mostrato che in Svizzera esistono numerosi indizi relativi agli effetti del cambiamento climatico. Sono tuttavia ancora eterogenee le basi necessarie a documentare i diversi passaggi della reazione catena che dall'uomo, in quanto responsabile del cambiamento climatico, passa attraverso gli effetti per arrivare alle attività volte a ridurre e a gestire tali effetti.

Mentre già esistono informazioni dettagliate sull'evoluzione delle emissioni di gas serra ed è già disponibile una fitta rete di misurazione dei dati meteorologici, climatologici e idrologici, non è stato finora mai eseguito alcun rilevamento sistematico degli effetti del cambiamento climatico su società ed economia. Le possibili ragioni di questo fatto stanno nella presenza di problemi metodologici e nel divario temporale esistente tra le cause e la comparsa degli effetti. Questo stato di cose potrebbe in parte dipendere però anche da una ancor scarsa sensibilità per l'importanza di un riconoscimento precoce dei problemi legati alla politica climatica. La valutazione della necessità d'intervento presuppone tuttavia la disponibilità di adeguate basi decisionali. È dunque importante, nei settori in cui vi siano lacune significative, istituire o potenziare il rilevamento sistematico dei pertinenti dati.

Anche la documentazione relativa alla gestione degli effetti del mutamento climatico è ancora agli inizi. Disporre di sistemi di monitoraggio efficaci è tuttavia una condizione indispensabile per valutare le misure da prendere, verificarne l'efficacia e evitare sviluppi errati. Per assolvere a tali compiti occorrerà dunque intensificare in futuro la collaborazione tra i diversi uffici competenti della Confederazione e dei Cantoni.

Ai fini di un più efficiente impiego delle risorse e di una maggiore comparabilità i rilevamenti vanno armonizzati con gli strumenti di monitoraggio ambientale esistenti sul piano nazionale e internazionale. I risultati devono inoltre essere resi accessibili a una cerchia quanto più ampia possibile di potenziali utenti del mondo politico, economico e sociale. A questo scopo si è dunque pure previsto di ripubblicare periodicamente il presente rapporto in forma ampliata e aggiornata.

> Indici

Abbreviazioni

CH₄

Metano.

CHF

Franchi svizzeri.

CO₂

Biossido di carbonio (o anidride carbonica).

CO₂ eq.

CO₂ equivalente.

DATEC

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni.

FSME

Meningoencefalite primaverile-estiva (Meningoencefalite da zecche).

GES

Gas a effetto serra.

GWP

Global Warming Potential.

IFN

Inventario Forestale Nazionale.

IIRU

Impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.

IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change.

mld

Miliardo/i.

mln

Milione/i.

m s.l.m.

Metri sul livello del mare.

N₂O

Protossido di azoto.

PIL

Prodotto interno lordo.

ppm

Parti per milione.

SRE

Superficie di riferimento energetico.

TTPCP

Tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni.

UE

Unione europea.

UFAG

Ufficio federale dell'agricoltura.

UFAM

Ufficio federale dell'ambiente.

UFE

Ufficio federale dell'energia.

UFSP

Ufficio federale della sanità pubblica.

UFT

Ufficio federale dei trasporti.

UNFCCC

United Nations Framework Convention on Climate Change.

UST

Ufficio federale di statistica.

Elenco delle figure

Fig. 1

Evoluzione effettiva delle temperature in Europa rispetto ai modelli climatici

11

Fig. 2

Concentrazione di CO₂ e temperature in Antartide

12

Fig. 3

Reazione a catena e grado di incertezza

15

Fig. 4

Emissioni di CO₂ dal 1950 al 2002

17

Fig. 5 Emissioni di CO ₂ in alcuni Paesi scelti dal 1990 al 2002	18	Fig. 21 Massime giornaliere dal 1961 al 2006	33
Fig. 6 Emissioni di gas serra per settori dal 1990 al 2005	20	Fig. 22 Minime giornaliere dal 1961 al 2006	33
Fig. 7 Emissioni di gas serra delle economie domestiche e giorni-grado di riscaldamento dal 1990 al 2005	21	Fig. 23 Giorni di canicola dal 1961 al 2006	34
Fig. 8 Tasso di variazione annuo delle emissioni di gas serra e del PIL dell'industria dal 1990 al 2004	22	Fig. 24 Giorni di gelo dal 1961 al 2006	34
Fig. 9 Emissioni di gas serra dei trasporti dal 1990 al 2005	23	Fig. 25 Notti tropicali dal 1961 al 2006	34
Fig. 10 Emissioni di gas serra del trasporto stradale e mobilità dal 1990 al 2004	24	Fig. 26 Giorni di disgelo dal 1961 sul Säntis e sulla Jungfrauoch	35
Fig. 11 Emissioni di gas serra per tipo di gas nel 1950, nel 1990 e nel 2005	25	Fig. 27 Precipitazioni intense in inverno	36
Fig. 12 Emissioni di gas serra e popolazione	26	Fig. 28 Precipitazioni intense in primavera	36
Fig. 13 Emissioni di gas serra e prodotto interno lordo	26	Fig. 29 Precipitazioni intense in estate	36
Fig. 14 Emissioni di gas serra e consumo finale di energia	26	Fig. 30 Precipitazioni intense in autunno	36
Fig. 15 Emissioni di CO ₂ per economia domestica in confronto ad altri Paesi	27	Fig. 31 Altezza della neve dal 1961 al 2006	37
Fig. 16 Emissioni di CO ₂ pro capite in confronto ad altri Paesi (stato al 1995)	29	Fig. 32 Giorni di neve dal 1961 al 2006	37
Fig. 17 Temperature medie annue in Svizzera dal 1900 al 2006	30	Fig. 33 Bilancio di massa medio dei ghiacciai alpini dal 1967 al 2005	39
Fig. 18 Gli anni più caldi dal 1900	31	Fig. 34 Variazione di lunghezza cumulativa di tre ghiacciai dal 1879 al 2005	39
Fig. 19 Temperature estive dal 1961 al 2006	32	Fig. 35 Strato di gelo-disgelo dal 1987 al 2006	40
Fig. 20 Temperature invernali dal 1961 al 2006	32	Fig. 36 Temperatura del permafrost dal 1987 al 2007	40
		Fig. 37 Regime idrico in Svizzera dal 1901 al 2005	41
		Fig. 38 Temperatura in due corsi d'acqua	42

Fig. 39	Numero di ore per classe di temperatura dal 1976 al 2005	43
Fig. 40	Catture di trote e temperatura dell'acqua	44
Fig. 41	Formazione di ghiaccio sui laghi svizzeri dal 1901 al 2005	45
Fig. 42	Inizio del periodo di fioritura dei ciliegi a Liestal dal 1950 al 2007	46
Fig. 43	Temperature invernali e comparsa della Palma del Giappone nella Svizzera meridionale	48
Fig. 44	Giorni riscaldamento in tre stazioni scelte dal 1961 al 2006	50
Fig. 45	Giorni raffreddamento in tre stazioni scelte dal 1961 al 2006	50
Fig. 46	Totale di neve fresca in inverno dal 1955 al 2006	51
Fig. 47	Altezza della neve a Natale nella stazione invernale di Mürren	51
Fig. 48	Zone endemiche conosciute della meningoencefalite da zecche (FSME) in Svizzera	52
Fig. 49	Danni causati da piene e frane tra il 1972 e il 2006	54
Fig. 50	Protocollo di Kyoto e legge sul CO ₂ : grado di raggiungimento degli obiettivi	58
Fig. 51	Vendita di automobili nuove per categoria di efficienza energetica	60
Fig. 52	Superficie di riferimento energetico di edifici MINERGIE e MINERGIE-P	61
Fig. 53	Programmi cantonali d'incentivazione	62
Fig. 54	Risparmio di CO ₂ dovuto a contributi d'incentivazione	63

Fig. 55	Grado di realizzazione delle carte dei pericoli di frana, caduta massi, valanga e piena	65
Fig. 56	Evoluzione della superficie delle piste innevabili artificialmente in percentuale della superficie complessiva delle piste dal 1990 al 2005	67

Elenco delle tabelle

Tab. 1	Principali indicatori e informazioni riguardanti cause, effetti e misure	9
Tab. 2	Principali misure di riduzione delle emissioni	55
Tab. 3	Obiettivo di consumo delle nuove automobili: grado di raggiungimento	59
Tab. 4	Superficie forestale secondo il grado di mescolanza	69

Bibliografia

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998: Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Roma.

auto-svizzera/auto-schweiz 2003/2004/2005/2006/2007: Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoffnormverbrauchs von Personenwagen. Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC.

Bader S., Bantle H. 2004: Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864–2001. Pubblicazioni di MeteoSvizzera, vol. 68.

Begert M., Schlegel T., Kirchhofer W. 2005: Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. Int. J. Climatol. 25, 65–80.

Berger S., Walther G.-R. 2004: Detektion und Verifikation von Klimainduzierten Vegetationsänderungen. Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland: Ergebnisse und Dokumentation des Auftaktworkshops. BfN-Skripten 131: 32–34.

Berger S., Walther G.-R. 2006a: Distribution of evergreen broad-leaved woody species in Insubria in relation to bedrock and precipitation. *Bot. Helv.* 116: 65–77.

Berger S., Walther G.-R. 2006b: Von Einzelarten zu Pflanzengesellschaften – sind Änderungen durch den Klimawandel zu erwarten? Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland II: Ergebnisse und Dokumentation des 2. Workshops. BfN-Skripten 180: 38–44.

CIPRA 2004: Innevento artificiale nelle Alpi – Una relazione specifica. <http://www.cipra.org/de/alpmedia/dossiers/11/?searchterm=Beschneigung> [22.06.2007].

Comune Svizzero 2006: Wichtige Aufgaben der Nutzungsplanung. R. Camenzind e R. Loat.

Doorenbos J., Kassam A.H. 1979: Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.

Ecoplan et al. 2007: Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft – nationale Einflüsse, Berna.

EPICA Community Members 2004: Eight glacial cycles from an Antarctic ice core, *Nature*, 429, 623–628.

Facts online 2007: Die grosse Gier nach Wasser. Schaffner D. e H. Bundi. <http://www.facts.ch/dyn/magazin/schweiz/747211.html> [11.06.2007].

Franssen Hendricks H.J., Scherrer S.C. (in press): Freezing of lakes on the Swiss Plateau in the period 1901–2006, *International Journal of Climatology*.

Funivie Svizzere 2006: Fakten und Zahlen 2006.

Haeberli W., Cihlar J., Barry R.G. 2000: Glacier monitoring within the Global Climate Observing System. *Annals of Glaciology*, 31: p. 241–246.

Hari R.E., Livingstone D.M., Siber R., Burkhardt-Holm P., Güttinger H. 2006: Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*, 12: 10–26.

Hoelzle M., Dischl M., Frauenfelder R. 2000: Weltweite Gletscherbeobachtung als Indikator der globalen Klimaänderung. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 145/1, 5–12.

Hope C. 2005: Integrated assessment models, in Helm (ed.): *Climate change policy*, Oxford, Oxford University Press, pp 77–98.

Indermühle M., Raetz P., Volz R. 2005: LOTHAR Ursächliche Zusammenhänge und Risikoentwicklung. Synthese des Teilprogramms 6. Documenti ambiente n. 184. UFARP, Berna. 145 p.

INFRAS et al. 2007: Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft – internationale Einflüsse, Zurigo.

IPCC 2007a: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge e New York.

IPCC 2007b: *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group II to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*.

Jakob A., Pfammatter F., Schädler M. 2007: Veränderungen der Temperaturen in Fliessgewässern 1976–2005. In: *Atlante idrologico della Svizzera; tavola 7.7*. Ufficio federale dell'ambiente, Berna.

Jungbluth N., Steiner R., Frischknecht R. 2007: Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990–2004. Erweiterte und aktualisierte Bilanz. Studi sull'ambiente n. UW-0711. Ufficio federale dell'ambiente, Berna.

Laternser M., Schneebeli M. 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–1999). *International Journal of Climatology* 23: 733–750.

Mathis P., Siegrist D., Kessler R. 2003: Neue Skigebiete in der Schweiz.

MeteoSvizzera 2005: Le osservazioni fenologiche in Svizzera a partire dal 1808. www.meteoschweiz.ch/web/de/klima/klimaentwicklung/phaenologie.htm [22.06.2007].

MeteoSvizzera 2007: Dati meteorologici per la Svizzera. Dati trasmessi da MeteoSvizzera all'UFAM, non pubblicati.

MINERGIE 2006: Statistica MINERGIE. <http://www.minergie.ch> [25.06.2007].

Müller H. e Weber F. 2007: Klimaänderung und Tourismus: Szenarien für das Berner Oberland 2030. Berna.

NOAA 2007: Earth System Research Laboratory. National Oceanic & Atmospheric Administration. http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_mm_mlo.dat [20.06.2007].

OcCC/ProClim- 2007: Les changements climatiques et la Suisse en 2050. Impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie. Berna.

OCSE 2004: The benefits of climate change policies, OCSE Parigi.

Permafrost Monitoring Switzerland 2007: Dati forniti da M. Hoelzle, Università di Zurigo. <http://www.permos.ch>.

PERMOS 2005: Le permafrost dans les Alpes suisses en 2002/03 et 2003/04. Science et montagne, Les Alpes, 10/2005.

Peter A. 1998: Interruption of the river continuum by barriers and the consequences for migratory fish. In: Fish Migration and Fish Bypasses (eds Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S.). Fishing News Books, Oxford.

Randolf S.E., Rogers D.J. 2000: Fragile transmission cycles of tick-borne encephalitis virus may be disrupted by predicted climate change. The Royal Society 267:1741–1744.

SATW 2006: Plan de route Energies renouvelables Suisse, Une analyse visant la valorisation des potentiels d'ici 2050, Accademia svizzera delle scienze tecniche.

Scherrer S.C., Appenzeller C., Laternser M. 2004: Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local- and large-scale climate variability. Geophys. Res. Lett., 31, L13215, doi:10.1029/2004GL020255.

Schild A. 2007: Comunicazione personale di Andreas Schild (UFAG) all'INFRAS, 15.6.2007.

Schmidli J., Frei C. 2005: Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. Int. J. Climatol. 25, 753–771.

Schmidli J., Schmutz C., Frei C., Wanner H., Schär C. 2002: Mesoscale precipitation variability in the region of the European Alps during the 20th century. Int. J. Climatol. 22, 1049–1074.

SCNAT/SATW 2007: Sources d'énergie: chiffres et faits Utilisation, potentiel et risques en Suisse de différentes sources d'énergie, Accademia di scienze naturali Svizzera SCNAT.

Seiz G., Foppa N. (in press): Nationales Klima-Beobachtungssystem der Schweiz (GCOS Schweiz). Pubblicazioni di MeteoSvizzera.

Siegenthaler U., Stocker T.F., Monnin E., Lüthi D., Schwander J., Stauffer B., Raynaud D., Barnola J.-M., Fischer H., Masson-Delmotte V., Jouzel J. 2005: Stable carbon cycle-climate relationship during the Late Pleistocene, Science, 310, 1313–1317.

Stadt Baden 2005: Klimawanderungen. Klima und Wald früher – heute – morgen. http://www.klimawanderungen.ch/downloads/Klimadossier_Erwachsen_e.pdf [22.06.2007].

SvizzeraEnergia 2006: 5° Rapporto annuale SvizzeraEnergia 2005/2006 – SvizzeraEnergia con il vento in poppa (sintesi). Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC.

Swiss Confederation 2005: Switzerland's Fourth National Communication under the UNFCCC/First National Communication under the Kyoto Protocol to the UNFCCC 2005.

Swissinfo 2007: Il vorace appetito dei cannoni da neve. http://www.swissinfo.org/ita/svizzera/detail/Il_vorace_appetito_dei_cannoni_da_neve.html?siteSect=111&sid=7736545 [20.04.2007]

UFAP 1995: Emissioni inquinanti dovute all'attività umana in Svizzera dal 1900 al 2010: Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. Berna.

UFAM 2006a: Gefahrenkarte: Realisierungsgrad. ShowMe, Stand Januar 2006. File della divisione Prevenzione dei pericoli (non pubblicato). Ufficio federale dell'ambiente.

UFAM 2006b: Realizzare una carta dei pericoli costa sempre meno che riparare i danni. Intervista con R. Loat. Focus Maggio/Giugno 2006. Ufficio federale dell'ambiente. <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/fokus/00117/index.html?lang=it> [22.06.2007].

UFAM 2006c: Permafrost: panoramica della distribuzione potenziale in Svizzera. Comunicato stampa del 28.7.2006. Ufficio federale dell'ambiente. <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=it&msg-id=6416> [03.07.2007].

UFAM 2007a: Ripartizione dei principali produttori di emissioni di gas serra secondo un sistema interno dell'UFAM.

UFAM 2007b: Inventario dei gas a effetto serra. Sintesi 1990–2005. <http://www.bafu.admin.ch/klima/00503/00505/index.html?lang=it> [22.06.07].

UFAM 2007c: Dati di deflusso, analisi interne dell'UFAM, divisione Idrologia, Berna.

UFAM 2007d: Dangers naturels. Prévenir vaut la peine. Environnement 2/2007 (articoli principali disponibili in italiano sul sito dell'UFAM www.bafu.admin.ch). Ufficio federale dell'ambiente, Berna.

UFAM (in corso di stampa): Atlante idrologico della Svizzera, Ufficio federale dell'ambiente, Berna.

UFAM/UST 2007: Ambiente Svizzera 2007, DIV-1024-I. Ufficio federale dell'ambiente/Ufficio federale di statistica. Berna/Neuchâtel.

UFAM/WSL 2007: Ereignisanalysen Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Studi sull'ambiente n. 0707. Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Istituto federale di ricerca WSL.

UFE 2002: Contributi globali ai Cantoni secondo l'art. 15 della legge sull'energia LEn: analisi degli effetti derivanti dai programmi cantonali d'incentivazione – risultati del rilevamento 2001.

UFE 2003: Contributi globali ai Cantoni secondo l'art. 15 della legge sull'energia LEn: analisi degli effetti derivanti dai programmi cantonali d'incentivazione – risultati del rilevamento 2002.

UFE 2004a: Zukünftige Entwicklung der Energiebezugsflächen, Perspektiven bis 2035. Ufficio federale dell'energia, Berna.

UFE 2004b: Contributi globali ai Cantoni secondo l'art. 15 della legge sull'energia LEn: analisi degli effetti derivanti dai programmi cantonali d'incentivazione – risultati del rilevamento 2003.

UFE 2005: Contributi globali ai Cantoni secondo l'art. 15 della legge sull'energia LEn: analisi degli effetti derivanti dai programmi cantonali d'incentivazione – risultati del rilevamento 2004.

UFE 2006a: Statistique globale suisse de l'énergie 2005. Ufficio federale dell'energia, Berna.

UFE 2006b: Contributi globali ai Cantoni secondo l'art. 15 della legge sull'energia LEn: analisi degli effetti derivanti dai programmi cantonali d'incentivazione – risultati del rilevamento 2005.

UFE 2007a: Wirkungsanalyse EnergieSchweiz 2006: Wirkungen der freiwilligen Massnahmen und der Förderaktivitäten von EnergieSchweiz auf Energie, Emissionen und Beschäftigung.

UFE 2007b: Contributi globali ai Cantoni secondo l'art. 15 della legge sull'energia LEn: analisi degli effetti derivanti dai programmi cantonali d'incentivazione – risultati del rilevamento 2006 (risultati provvisori, stato 14.06.2007).

UFE 2007c: Die Energieperspektiven 2035, Band 1, Band 2 und Band 3.

UFSP 2007: Zeckenzephalitis (FSME) in der Schweiz. Verbreitung der Endemiegebiete. Comunicato di H.-P. Zimmermann (Sezione vaccinazioni) all'INFRAS. Ufficio federale della sanità pubblica. 30.05.2007.

UST 2005: Treibhausgasemissionen der Wirtschaftsbranchen. Pilot-NAMEA für die Schweiz 2002. Ufficio federale di statistica, Neuchâtel.

UST 2007a: Schweizerische Verkehrsstatistik. Daten Personen- und Güterverkehr. Ufficio federale di statistica.
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/verkehr_und_nachrichtenwesen/nutz_verk_inf/verkehraufkommen/kennzahlen0/fahrleistungen.htm [15.05.2007].

UST 2007b: Le système de comptabilité nationale. Ufficio federale di statistica.

http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/volkswirtschaft/volkswirtschaftliche/blank/kennzahlen/bip_gemaess_produktionsansatz.htm [22.06.2007].

Walther G.-R. 2004: Plants in a warmer world. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6: 169–185.

Walther G.-R. 2006: Palmen im Wald? Exotische Arten nehmen in Schweizer Wäldern bei wärmeren Temperaturen zu. Forum für Wissen: 55–61.

Walther G.-R., Gritti E., Hickler T., Berger S., Tang Z., Sykes M.T. 2007: Palms tracking climate change. Global Ecology & Biogeography, published online early.
www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.2007.00328.x

Walther G.-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.-M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. 2002: Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389–395.

WGMS 2007: World Glacier Monitoring Service. <http://www.wgms.ch> [22.06.2007].

World Resources Institute 2007: Climate Analysis Indicators Tool. <http://cait.wri.org/> [10.05.2007].

WSL 2006: Les chênes pubescents chassent-ils les pins sylvestres valaisans? Notice pour le praticien n° 41. WSL, Birmensdorf.

WSL 2007: Banca dati dei danni causati dal maltempo, non pubblicato. Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio.

Zemp M., Haeberli W., Hoelzle M., Paul F. 2006: Alpine glaciers to disappear within decades? Geophysical Research Letters, 33.

Zemp M., Haeberli W., Hoelzle M., Maisch M., Paul F. 2007: Europäische Alpen bald ohne Gletscher? Jahrbuch der Ökologie, 2008, 68–83.