

Cambiamento climatico e politica del clima



Grado scolastico	Secondario II
Lingua della versione originale	Tedesco
Autori della versione originale	Matthias Probst, Moritz Gubler
Versione italiana curata da	Matteo Livio, Lorenzo Oleggini, Marco Lupatini
Anno	2019

Beteiligte Institutionen:

PHBern
Pädagogische Hochschule

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

hep/ haute
école
pédagogique
vaud

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

Koordination:

GLOBE
Schweiz Suisse Svizzera Svizzera
Suisse

Fachliche Beratung
Klimaforschung:

u^b

UNIVERSITÄT
BERN

DESCHNER CENTRE
CLIMATE CHANGE RESEARCH

Fachliche Beratung Klimaforschung
und Klimapolitik:

sc|nat

Science and Policy
Platform of the Swiss Academy of Sciences

ProClim
Forum for Climate and Global Change

Projektpartner/ Mitfinanzierung:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Grado scolastico	Secondario II
Lingua della versione originale	Tedesco
Autori della versione originale	Matthias Probst, Moritz Gubler
Versione italiana curata da	Matteo Livio, Lorenzo Oleggini, Marco Lupatini
Anno	2019
Immagine di copertina	Zona industriale nell'est della Francia (fotografia di Marco Lupatini)

1. Il cambiamento climatico: osservabile e misurabile

Il cambiamento climatico è divenuto misurabile: in Svizzera la temperatura media annuale è aumentata di circa 1,8°C dall'inizio delle misurazioni sistematiche nel 1864, globalmente di circa 1°C

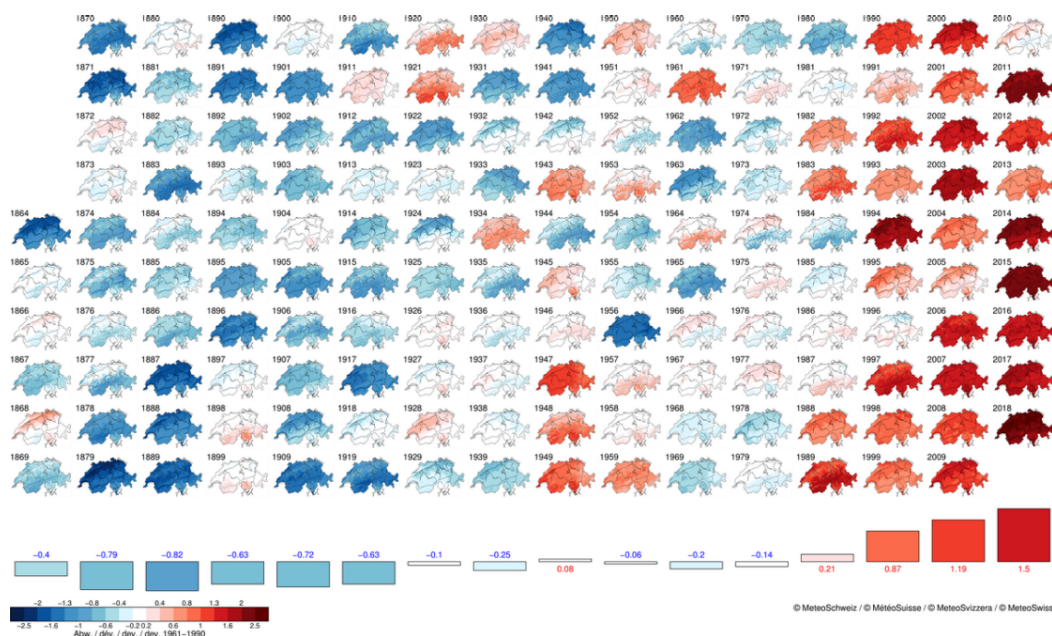


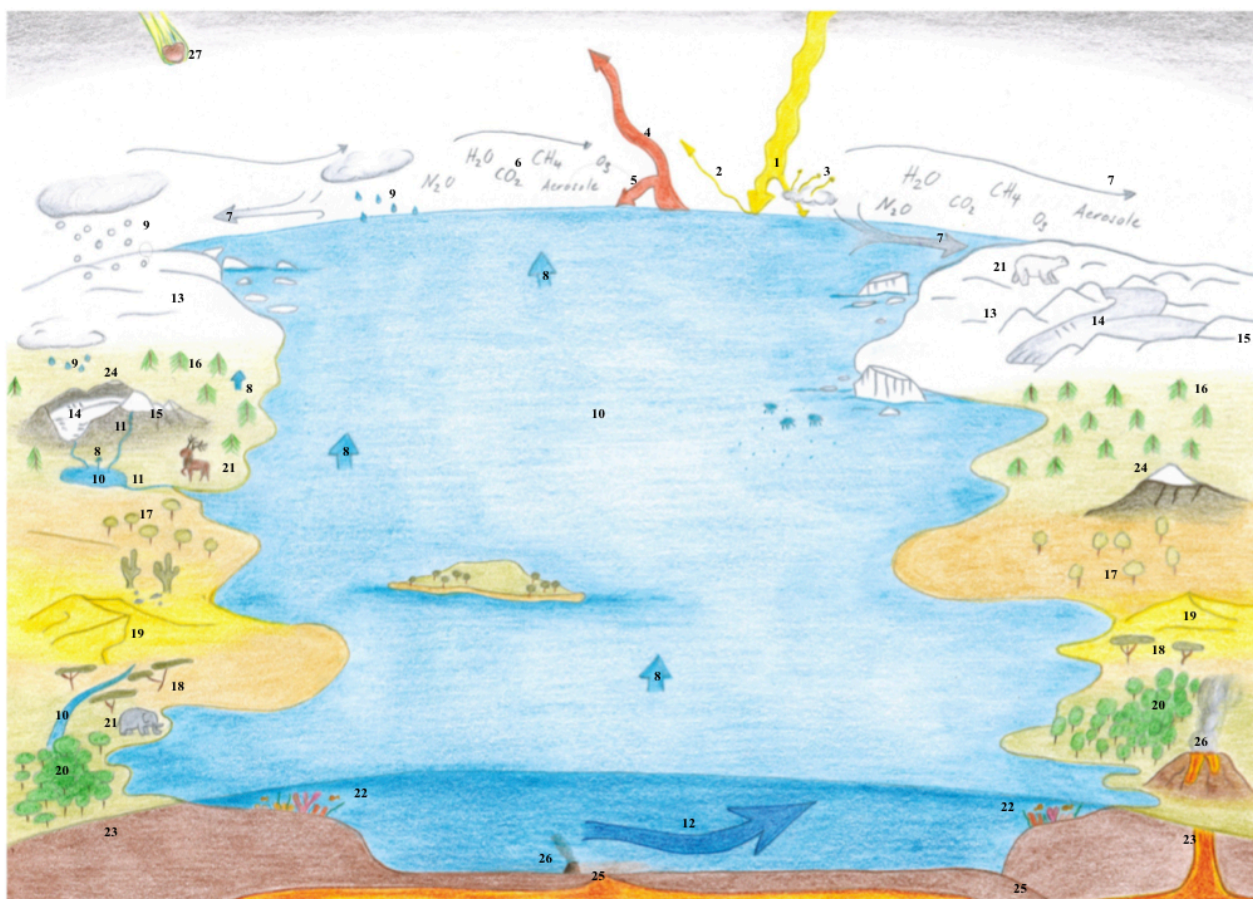
Figura 1.1: Evoluzione della temperatura in Svizzera dall'inizio delle misurazioni sistematiche dal 1864 al 2017 (fonte: [meteosvizzera](http://meteosvizzera.ch), ultima consultazione 29.09.2019)



Figura 1.2: Carta pomeridiana per la stazione sciistica del monte Tamaro (fonte: Lorenzo Oleggini 2018)

2. Il clima e il sistema climatico

2.1. Introduzione



Atmosfera

1. Radiazione a onda corta in entrata
2. Radiazione a onda corta riflessa
3. Radiazione a onda lunga
4. Irradiazione a onda lunga (emissione)
5. Radiazione riflessa dall'atmosfera
6. Gas a effetto serra
7. Venti/Jetstream
8. Evaporazione

Idrosfera e criosfera

9. Precipitazione (pioggia, neve)
10. Lago/fiume/oceano
11. Deflusso
12. Corrente oceanica
13. Regione glaciale (inlandsis, banchisa)
14. Ghiacciaio
15. Permafrost

Biosfera

16. Bosco di aghifoglie
17. Bosco di latifoglie o misto
18. Steppa
19. Deserto
20. Foresta pluviale
21. Fauna
22. Zona costiera (con organismi nell'acqua)

Pedosfera

23. Suoli

Litosfera

24. Montagne
25. Tettonica a placche (placche divergenti/convergenti)
26. Vulcani

Esosfera, spazio interplanetario

27. Caduta di meteoriti o di asteroidi

Figura 2.1: Il sistema climatico naturale (fonte: realizzazione interna al progetto CCES II, disegno di Michelle Walz 2019)

Gli anni 2015, 2016 e 2017 sono stati i tre anni più caldi dall'inizio delle rilevazioni meteorologiche nel 1880. Il segretario generale dell'organizzazione meteorologica mondiale (WMO) – Petteri Taalas – osserva che: “17 dei 18 anni più caldi si sono prodotti dal cambio di secolo, e il livello del riscaldamento negli scorsi tre anni è stato eccezionale” (WMO 2018)

Malgrado questa tendenza le temperature globali d'anno in anno sottostanno a forti variazioni. Questa è una ragione, per gli scettici, per mettere in discussione il cambiamento climatico. Le temperature medie dei singoli anni non ci forniscono informazioni sull'evoluzione del clima, bensì, unicamente sulle condizioni del tempo meteorologico dei singoli anni. Per cogliere le mutazioni climatiche devono essere presi in considerazione dei periodi di almeno 30 anni, ma i segnali di un cambiamento climatico osservabili e misurabili oggi hanno cause naturali o antropogeniche? Per ottenere una chiarezza approfondita, occorre esaminare a fondo le interazioni nel sistema climatico. Questo lavoro è stato svolto in tutto il mondo da oltre 1000 ricercatori. I risultati delle loro indagini sono di volta in volta pubblicati nel rapporto del IPCC.

Esercizio 2.1

- Completa lo schema sottostante con le diverse sfere e le singole componenti del sistema climatico sulla base delle informazioni contenute nel capitolo 2.1 e nella figura 2.1.
- Rappresenta con l'aiuto di frecce i processi che collegano le diverse sfere, indicando i nomi dei processi sulla base delle conoscenze scientifiche a proposito dell'effetto serra e del ciclo del carbonio.

Schizzo personale: Organizzazione e processi del sistema climatico

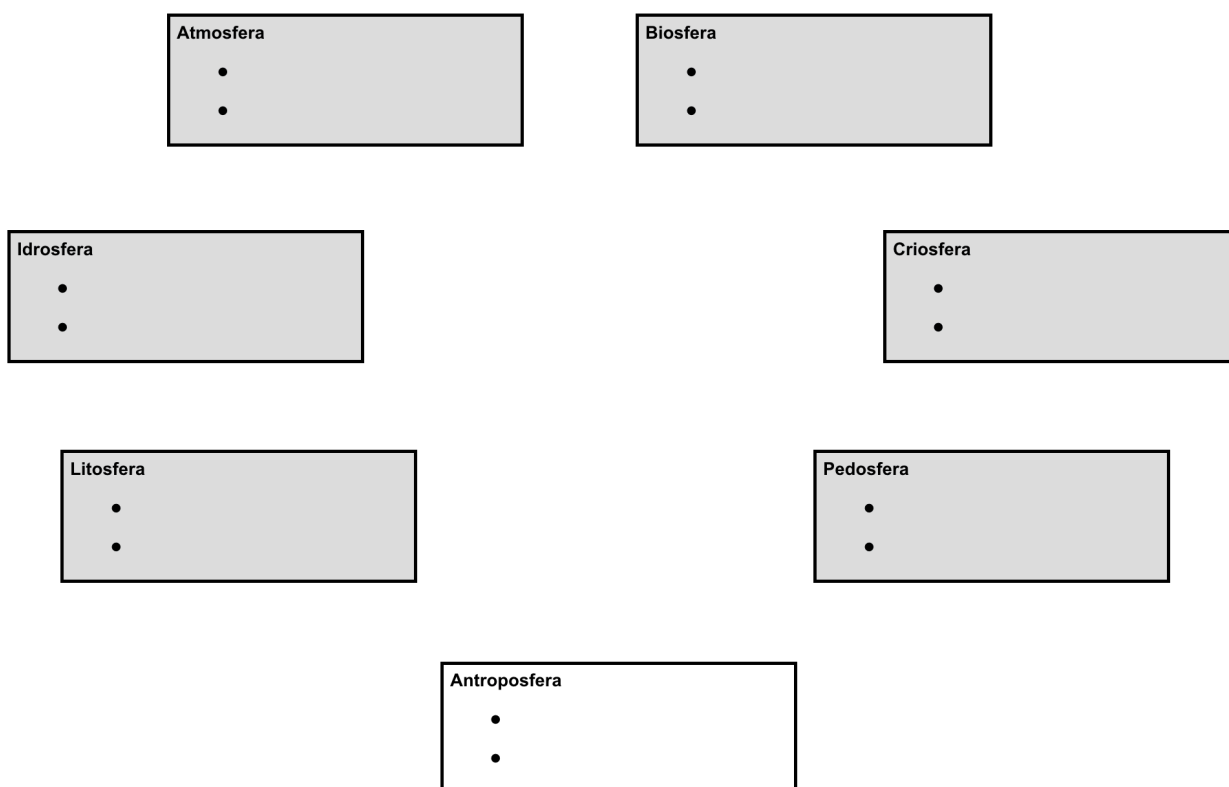
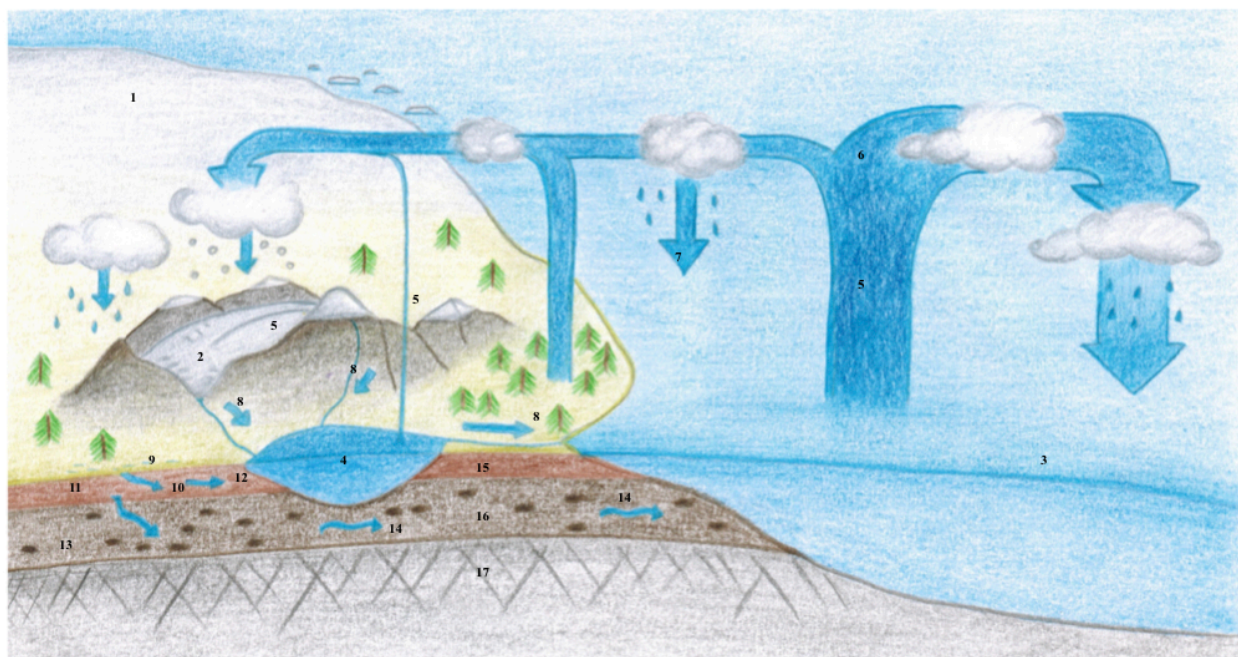


Figura 2.2: Processi fra le sfere del sistema climatico (rappresentazione personale)

Il sistema climatico è formato da diversi elementi (sfere): l'atmosfera, l'idrosfera (precipitazioni, oceani, corsi d'acqua, laghi, acque sotterranee), la criosfera (calotte glaciali, banchisa, ghiacciai, neve, permafrost), la biosfera marittima e terrestre, la pedosfera (suoli), la crosta terrestre e il mantello. Il sistema climatico è mosso dall'esterno tramite il flusso di energia solare e dall'interno tramite il calore terrestre, benché il secondo vi contribuisca in modo trascurabile.

Le diverse sfere sono legate fra loro da cicli energetici e materiali, e le loro interazioni hanno un forte influsso sul nostro clima. Per esempio se la biosfera nella formazione della biomassa cattura del CO₂ influisce sulla concentrazione nell'atmosfera di questo gas a effetto serra (ciclo del carbonio). La neve e il ghiaccio (criosfera) riflettono buona parte della luce incidente, l'estensione della loro superficie si ripercuote sulla riflessione della radiazione solare. Ne consegue un meccanismo positivo di retroazione, cioè un cambiamento del clima è rafforzato da questa relazione: con l'aumento della temperatura media sulla Terra sempre più neve e ghiaccio si sciolgono, di conseguenza diminuisce la riflessione della radiazione solare e aumenta ulteriormente la temperatura sulla Terra.



1. Regione glaciale	7. Precipitazione (Pioggia e neve)	13. Falde sotterranee
2. Ghiacciaio/neve	8. Deflusso	14. Deflusso delle acque sotterranee
3. Oceano	9. Zona paludosa	15. Suoli
4. Lago	10. Infiltrazione	16. Pietrame
5. Evaporazione/sublimazione	11. Deposito di umidità nel suolo	17. Roccia dura coerente
6. Trasporto di vapore acqueo	12. Deflusso delle acque nel suolo	

Figura 2.3: Il ciclo dell'acqua (fonte: realizzazione interna al progetto CCESO II, disegno di Michelle Walz 2019)

I processi dell'idrosfera sono strettamente connessi con quelli dell'atmosfera e hanno un influsso particolarmente alto sul nostro clima (ciclo dell'acqua figura 2.3). Gli oceani immagazzinano e trasportano il calore, ciò che porta a differenze regionali di temperatura. Il clima in Europa, per esempio, è fortemente determinato dal calore della corrente del Golfo. Nell'atmosfera l'acqua, sotto forma di nuvole o vapore acqueo, ha un influsso decisivo sulla quantità riflessa di radiazione solare a onda corta (nuvole) e su quanto l'atmosfera sia permeabile alla radiazione termica a onda lunga (vapore acqueo).

Componente	Processo	Scala temporale
Atmosfera (dal greco $\alpha\tau\mu\acute{o}\varsigma$ = vapore) è l'involucro gassoso dell'aria formato da più gas.	Dinamiche meteorologiche nella troposfera (circa 0-10 km) con processi dovuti alle radiazioni solari, variazioni nella temperatura e nella pressione dell'aria e vento, influenzate dal sole e dalle proprietà fisiche e chimiche dei gas.	10 giorni
	Movimento ondulare nella stratosfera.	100 giorni fino a circa 2 anni
Idrosfera (dal greco $\u03b9\delta\omicron\rho$ = acqua) comprende l'insieme di tutte le acque del pianeta (oceani, fiumi, laghi, acqua freatica, precipitazioni, nuvole).	Ciclo dell'acqua, correnti e dilatazione termica negli strati oceanici superiori (0-100 m), formazione di nuvole e precipitazioni, liberazione e scambio di calore e sostanze (p. es. CO ₂).	Da giorni ad anni
	Rimescolamento degli strati oceanici inferiori.	Secoli fino a millenni
Criosfera (dal greco $\kappa\rho\u03c5\acute{o}\varsigma$ = ghiaccio, freddo) comprende tutte le forme di neve e ghiaccio (eccetto il ghiaccio nelle nuvole), cioè banchisa, tavolati di ghiaccio, inlandsis, ghiacciai, permafrost).	Riflessione di irradiazione solare a onda corta (influenza la temperatura e la pressione dell'aria e le precipitazioni).	Da minuti fino a mesi
	Riduzione della banchisa (influenza le correnti marine).	Da mesi a decenni
	Riduzione dei ghiacciai e dell'inlandsis (riserve d'acqua, albedo).	Da decenni fino a secoli
	Formazione e degrado del permafrost e delle calotte polari (liberazione di gas a effetto serra, influsso sulle correnti marine, innalzamento del livello del mare).	Da migliaia a milioni di anni
Biosfera (dal greco $\beta\iota\omicron\varsigma$ =vita) include l'insieme degli organismi viventi negli ecosistemi terrestri e acquatici.	Attività della fotosintesi delle piante e del plancton, e cattura di carbonio (p. es. CO ₂ , CH ₄).	Minuti
	Liberazione di carbonio (p. es. CO ₂ , CH ₄) tramite decomposizione o la frantumazione della biomassa o tramite incendi.	Da minuti ad anni
	Migrazione delle fasce vegetative.	Da secoli a millenni
Pedosfera (dal greco $\pi\acute{\epsilon}\delta\omicron\nu$ =suolo) comprende tutti i suoli, formati da rocce disgregate, organismi viventi e morti, acqua e aria.	Riscaldamento del suolo.	Da ore fino ad anni
	Accumulo delle acque sotterranee.	Da giorni a decenni.
	Formazione, accumulo ed estrazione di minerali e di materiale organico.	Da mesi a secoli
Litosfera (dal greco $\lambda\iota\theta\omicron\varsigma$ = pietra roccia) include la crosta rigida e il mantello terrestre superiore solido formati da rocce.	Accumulo di CO ₂ tramite la disgregazione delle rocce.	Continuo
	Eruzioni vulcaniche: liberazione di vapore acqueo H ₂ O, di diossido di carbonio CO ₂ , diossido di zolfo SO ₂ , e altri gas.	Da minuti a mesi
	Sedimentazione di sostanze organiche (carbonio) in mari e oceani.	Continuo
	Tettonica a placche e orogenesi.	Da secoli a milioni di anni
Antroposfera (dal greco $\acute{\alpha}\nu\theta\rho\omicron\pi\omega\varsigma$ = essere umano) comprende lo spazio vitale creato e direttamente o indirettamente influenzato dagli esseri umani.	Emissione di gas a effetto serra (effetti sull'atmosfera).	Da minuti a secoli
	Deforestazione, debbio, e agricoltura (effetti sulla biosfera).	Da ore a secoli
	Irrigazione e produzione di energia idroelettrica (effetti sull'idrosfera).	Da ore a secoli
	Copertura di ghiacciai, produzione di neve artificiale (effetti sulla criosfera).	Da ore a mesi
	Concimazione ed erosione dei suoli tramite l'agricoltura (effetti sulla pedosfera).	Da giorni a secoli
	Estrazione di combustibili fossili.	Da giorni a secoli

TABELLA 2.1: Sfere e processi del sistema climatico e le loro scale temporali (fonte: realizzazione personale approfondita sulla base del sito di [Geolinde](#), visitato l'ultima volta il 29.09.2019).

Il suolo (pedosfera) influisce, tramite il suo colore e la sua copertura, sulla quantità di radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre. Inoltre i suoli sono connessi con l'atmosfera tramite il ciclo del carbonio. Il cambiamento delle proprietà del suolo, come, per esempio, la bonifica di paludi, o il disgelo di suoli finora permanentemente gelati (permafrost) può liberare grandi quantità di CO₂ o di metano (CH₄). Anche in seguito al degrado del pietrame (litosfera) per cause meteorologiche si può liberare del CO₂ dalla crosta terrestre. In caso di eruzione vulcanica, l'espulsione di composti solforati porta a un aumento della riflessione della luce solare e a un raffreddamento dell'atmosfera.

Di conseguenza il clima sulla Terra è un sistema molto complesso e ogni intervento in questo sistema può provocare una serie di cambiamenti, difficilmente prevedibili nella loro complessità e nella loro dimensione.

Le sfere del sistema climatico reagiscono a velocità diverse ai cambiamenti (vedi tabella 2.1). L'atmosfera si adatta in alcune ore, o giorni alle condizioni della superficie terrestre, come la temperatura del mare o la copertura glaciale. Il tempo è di conseguenza mutevole, e perciò solo con un margine di alcuni giorni prevedibile. Invece le correnti oceaniche profonde reagiscono solo dopo molti secoli al cambiamento delle condizioni quadro, come, magari, a una variazione della corrente del golfo e alle conseguenti variazioni di temperatura e precipitazioni sulla superficie oceanica. Una grossa calotta glaciale, come l'Antartide, cambierà il suo aspetto presumibilmente persino su più millenni e senza contromisure in questo periodo tenderà sempre più a fondere.

La prevedibilità del clima si basa sull'influenza reciproca fra l'atmosfera e i sottosistemi climatici inerti, innanzitutto l'oceano. Contemporaneamente le diverse componenti del sistema climatico evolvono a velocità completamente diverse. Le zone di bassa pressione si spostano nel giro di pochi giorni di centinaia di chilometri. Le correnti marine, invece, si trascinano sovente di pochi metri al minuto. Inoltre le diverse componenti hanno differenti proprietà termiche, l'acqua ad esempio immagazzina per molto tempo grosse quantità di calore solare.

Esercizio 2.2

Meteo o clima?

- “Il clima è ciò che ci si attende, la meteo è ciò che si riceve”. Con l'aiuto della tabella 2.1 e del capitolo 2.1 chiarisci la citazione.
- In Svizzera e nelle regioni polari l'aumento della temperatura media è da 1.5 a 2 volte superiore a quello mondiale. Chiariscine le possibili ragioni.

2.2. Effetto serra naturale e bilancio energetico della Terra

[Quattro passi nel clima: l'effetto serra](#)

Dal Sole giunge all'atmosfera e alla superficie terrestre una radiazione o onda corta, che noi percepiamo come luce. Quella che noi percepiamo come radiazione termica si forma invece solo indirettamente dalla radiazione solare e riscalda a determinate condizioni l'atmosfera. Un approfondimento di questo tema è disponibile sul blog di [meteosvizzera](#).

Esercizio 2.3

- Con l'aiuto del filmato "[Quattro passi nel clima: l'effetto serra](#)" (spiegazione effetto serra) definisci il concetto di "effetto serra naturale".
- Valuta l'influsso dei gas a effetto serra naturali sull'atmosfera e le altre sfere del sistema climatico (figura 2.5).
- Valuta l'influsso dei gas a effetto serra antropogenici sull'atmosfera e le altre sfere del sistema climatico (figura 2.6).
- Che cosa distingue la radiazione infrarossa da quella a onda corta? Chiarisci sulla base di esempi della quotidianità.

Senza atmosfera:
temperatura media globale = -18°C

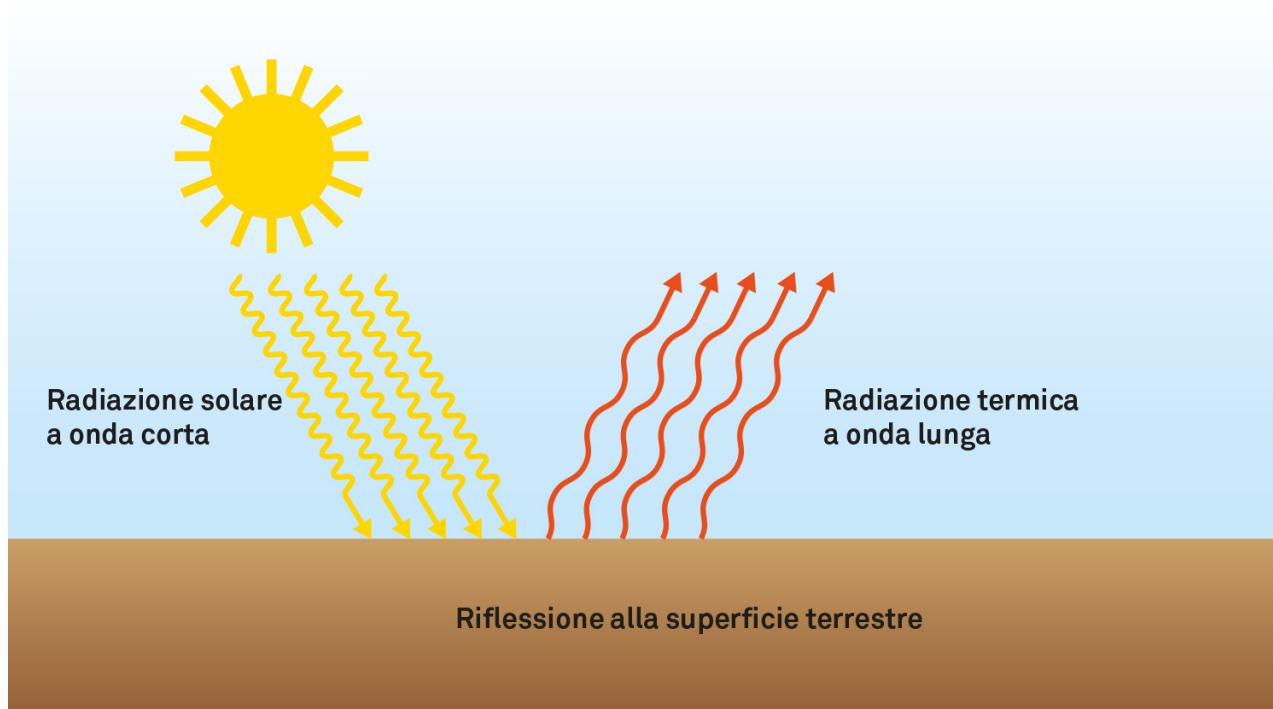


Figura 2.4: temperatura media globale senza atmosfera (fonte progetto CCESO 2019)

Atmosfera con effetto serra naturale:
temperatura media = +15°C

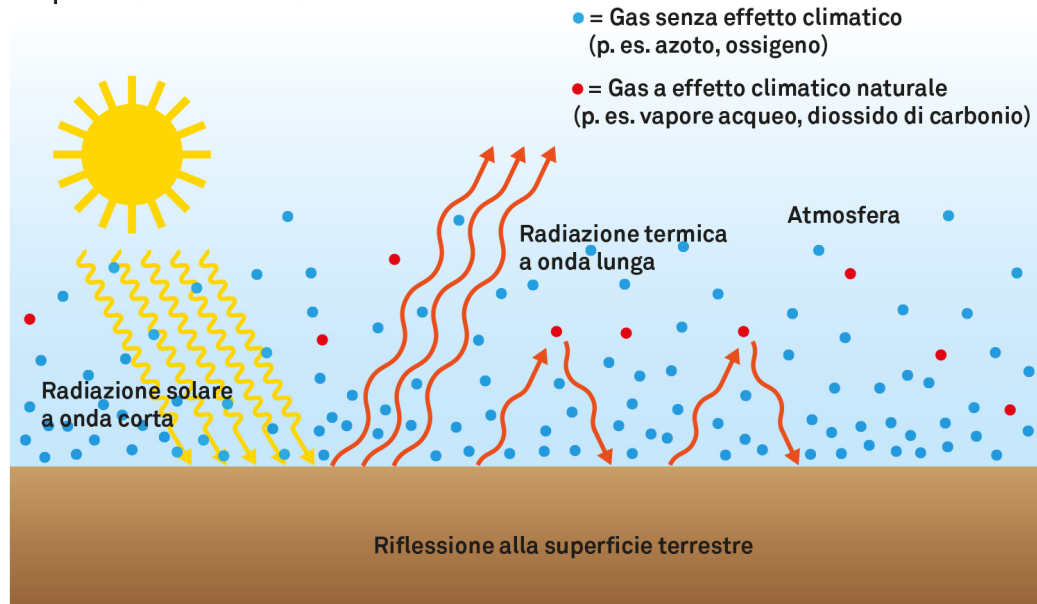


Figura 2.5: temperatura media globale con atmosfera ed effetto serra naturale (fonte progetto CCES0 2019)

Atmosfera con effetto serra naturale e antropogenico:
temperatura media = +15°C + ?°C

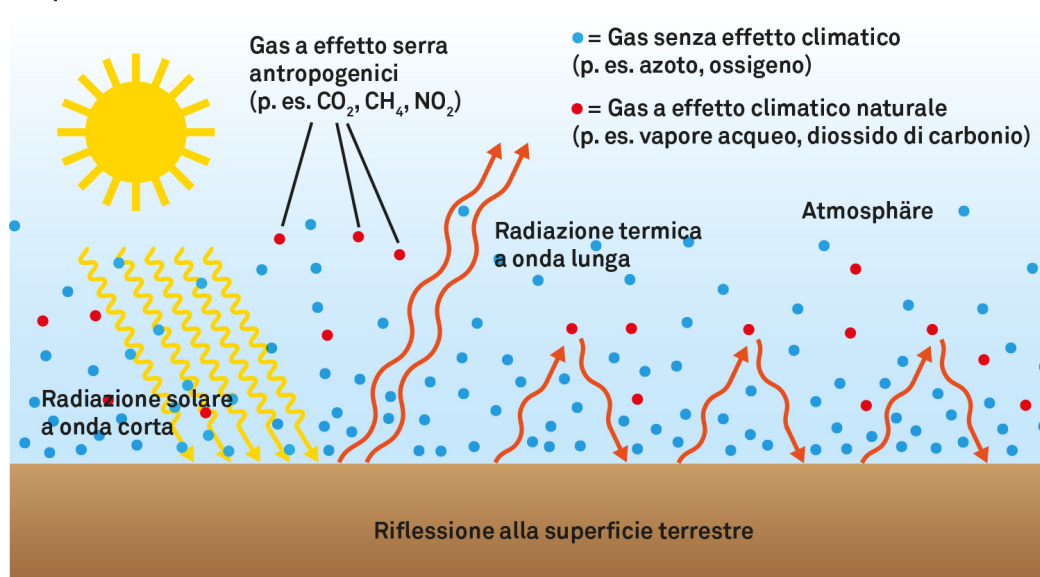
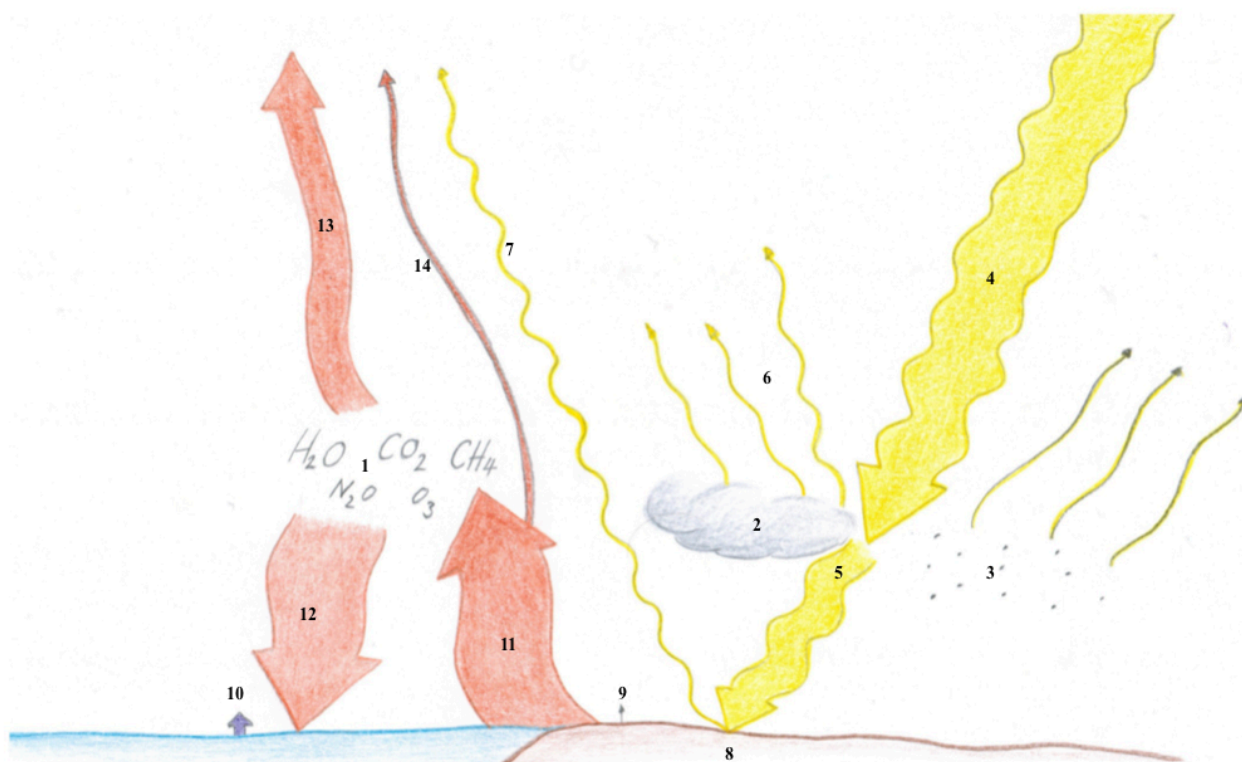


Figura 2.6: temperatura media globale con atmosfera ed effetto serra naturale e antropogenico (fonte progetto CCES0 2019)



1. Gas a effetto serra	6. Diffusione da parte delle nubi	11. Irradiazione a onda lunga
2. Nubi	7. Radiazione a onda corta riflessa dal suolo,	12. Contro-radiazione a onda lunga (da gas a effetto serra, goccioline di nubi e aerosol)
3. Aerosol	8. Radiazione a onda corta assorbita dal suolo	13. Radiazione a onda lunga
4. Radiazione solare	9. Calore sensibile (calore percettibile)	14. Radiazione a onda lunga in uscita attraverso la "finestra atmosferica"
5. Assorbimento da parte di gas a effetto serra, goccioline di nubi, aerosol	10. Calore latente (vapore acqueo)	

Figura 2.7: Bilancio delle radiazioni (fonte: realizzazione interna al progetto CCESO II, disegno di Michelle Walz 2019)

Dal Sole giunge una radiazione a onda corta, ricca di energia nell'atmosfera e sulla terra (figura 2.7 4). Una parte di questa radiazione è assorbita nell'atmosfera (5) dai gas a effetto serra (1), dalle nuvole (2), e dagli aerosol (3). Un'altra parte viene (6) dalle nuvole (2) e dagli aerosol (3). Questa parte della radiazione non raggiunge la superficie terrestre, ma ritorna nello spazio. Circa la metà della radiazione raggiunge la superficie terrestre, visto che i gas a effetto sono ampiamente permeabili alle radiazioni solari a onda corta. Una piccola parte viene riflessa dalle superfici chiare (p. es. neve e ghiaccio) (7). La gran parte di questa radiazione a onda corta è accumulata dall'acqua, dalle rocce, dai suoli, dalle superfici erbose, dall'asfalto e da altre superfici (8), che di conseguenza si riscaldano. I materiali riscaldati rendono all'atmosfera il calore sotto forma di radiazione termica a onda lunga (11)

Con il concetto di effetto serra si descrive l'azione di determinati gas traccia atmosferici sul bilancio energetico e sulla temperatura dell'atmosfera terrestre. I cosiddetti gas a effetto serra (vedi figura 7 n 1) lasciano, quasi completamente, penetrare fino alla superficie terrestre l'irradiazione solare a onda corta (n 4). Assorbono, però a loro volta la radiazione infrarossa (n 11) convertita ed emessa dal suolo e la riflettono nuovamente verso la superficie terrestre. In questo modo impediscono a una gran parte dell'irradiazione termica a onda lunga di lasciare l'atmosfera (n 14), ciò che provoca un aumento della temperatura dell'atmosfera terrestre.

Questo effetto esiste già in condizioni naturali. Il vapore acqueo per due terzi e il CO₂ naturale (22%) sono i principali gas a effetto serra.

Sebbene l'effetto serra nella nostra atmosfera sovente sia paragonato al riscaldamento in una serra, dietro ci sono dei processi fisici differenti. Mentre in una serra è il vetro o la plastica a bloccare la dispersione del calore verso l'esterno, nell'atmosfera questo effetto è ottenuto da processi di assorbimento e di emissione. In questo senso l'effetto serra atmosferico dovrebbe essere definito come "trappola per raggi". *Conseguenze dei cambiamenti nel bilancio energetico terrestre*

Il Sole è il principale fornitore di energia della Terra, e di conseguenza il motore del tempo meteorologico e del clima. I processi radiativi a esso connessi nell'atmosfera come sulla superficie terrestre sono riassunti nel bilancio energetico terrestre. La radiazione solare a onda corta che giunge sulla Terra, è in parte (64%) riflessa e in parte assorbita (36%) da determinate componenti dell'atmosfera (gas a effetto serra, goccioline di nubi, pulviscolo/aerosol) e dal suolo. Per mantenere l'equilibrio nel bilancio energetico, la radiazione a onda corta assorbita deve lasciare la Terra sotto altre forme. Viene irradiata dalla superficie terrestre sotto forma di radiazione infrarossa e di calore sensibile e latente. A sua volta, una gran parte della radiazione infrarossa è assorbita dai gas a effetto serra e dalle nuvole e di nuovo riflessa verso la superficie terrestre. Solo all'incirca il 7% della radiazione infrarossa viene dispersa nello spazio.

Esercizio 2.4

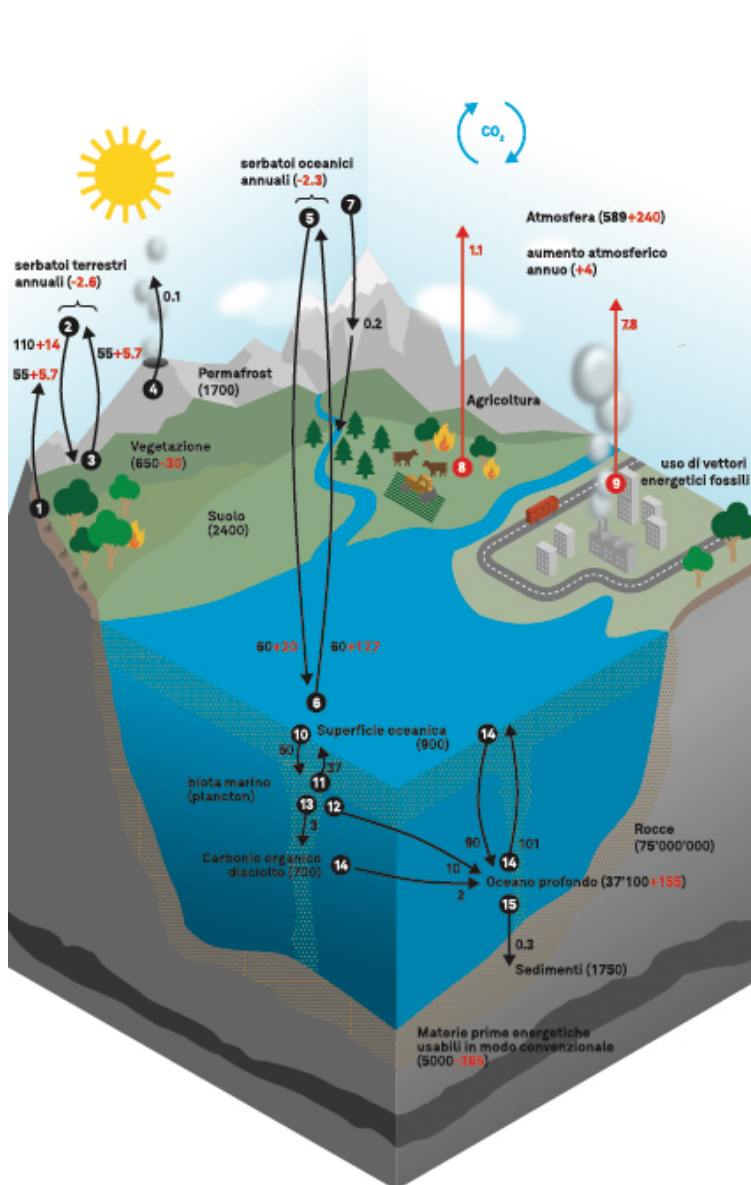
- a. Descrivi e argomenta con l'aiuto delle conoscenze acquisite, della figura 2.7 e della letteratura scientifica consultata l'effetto dei seguenti eventi sulla temperatura terrestre.
 - i. L'eruzione di un super vulcano e la dispersione di una quantità enorme di aerosol.
 - ii. La combustione incontrollata di petrolio porta a un aumento della concentrazione dei gas a effetto serra nell'atmosfera.
 - iii. Tutti i tetti, le strade e le piazze del mondo vengono pitturati di bianco.
 - iv. L'annuvolamento a scala globale aumenta notevolmente.

Media per l'elaborazione del materiale di lavoro.

- [Effetto serra e aumento dei gas serra - Il cambiamento climatico](#) (ultima consultazione 11.09.2019)
- [Quattro passi nel clima: l'effetto serra](#) (ultima consultazione 11.09.2019)

2.3. Il ciclo del carbonio – Fonti, serbatoi e stoccaggio

Il ciclo del carbonio terminologia e ordini di grandezza



- ↑ Fonte naturale di C ↑ Fonte antropogenica di C
- ↓ Serbatoio naturale di C ↓ Serbatoio antropogenico di C
- Unità di misura dei flussi: GtC/anno
- nero = naturale; rosso = attuale influsso antropogenico
- Unità di misura dello stoccaggio di C: GtC
- nero = naturale; rosso = attuale influsso antropogenico dall'industrializzazione

Figura 2.8: Componenti e processi del ciclo del carbonio (fonte progetto CCES0 2019)

- | | |
|---|--|
| 1. Decomposizione di materiale organico, soprattutto piante | 11. Decomposizione di materiale organico alla superficie dell'oceano |
| 2. Fotosintesi | 12. Sprofondamento e decomposizione di particelle organiche |
| 3. Respirazione dei vegetali e incendi naturali | 13. Trasporto di materiale organico soluto in profondità |
| 4. Vulcanismo | 14. Miscelazione e trasporto |
| 5. Soluzione di CO ₂ nell'oceano | 15. Sedimentazione e diagenesi di particelle organiche morte |
| 6. Degasamento di CO ₂ dagli oceani | |
| 7. Meteorizzazione delle rocce. | |
| 8. Agricoltura/cambiamento nell'uso del suolo/debbio | |
| 9. Combustione di combustibili fossili | |
| 10. Fotosintesi netta di organismi marini (esclusa la respirazione) | |

Il carbonio è l'elemento della vita. Il corpo umano ne è costituito, e anche la biomassa animale o vegetale, come le foglie e il legno sono in gran parte formate da carbonio (C). Le piante sulla terra e le alghe nel mare lo assorbono sotto forma di diossido di carbonio (CO_2) dall'atmosfera o dall'acqua e lo trasformano con la fotosintesi in molecole energetiche, come lo zucchero o l'amido. Il carbonio modifica continuamente il suo stato, tramite il metabolismo degli organismi e tramite processi chimici naturali. È legato alla materia o liberato nell'atmosfera sotto forma di CO_2 . Il mare immagazzina più carbonio dell'atmosfera e della biosfera terrestre (piante e animali). Quantità ancora maggiori di carbonio sono presenti nella litosfera, ossia le rocce del pianeta (per esempio il calcare) o giacciono sotto forma di deposito di combustibili fossili sotto la superficie terrestre (petrolio, gas naturale e carbone).

L'atmosfera, la biosfera terrestre e gli oceani sono i tre principali depositi di carbonio in riferimento al cambiamento climatico antropogenico. Essi scambiano permanentemente carbonio in un processo che si compie nel corso di secoli, un periodo che può sembrare a prima vista lungo. Si consideri però che il carbonio rimane per milioni di anni nelle rocce della crosta terrestre, allora si può considerare lo scambio tra i tre depositi di carbonio: atmosfera, biosfera terrestre e oceano, come veloce. L'intervento umano del ciclo del carbonio rappresenta, nella maggior parte dei casi, un'accelerazione non naturale dei processi di scambio, per esempio la combustione di vettori energetici fossili, la bonifica di paludi o il debbio.

Esercizio 2.5

Sulla base del testo e della figura 2.8 rispondi alle seguenti domande:

- Definisci i concetti di fonte, serbatoio e stoccaggio di carbonio e fornisci per ognuno di essi degli esempi presi dal ciclo del carbonio.
- In riferimento al cambiamento climatico antropogenico, quali sono dei serbatoi e degli stoccaggi di carbonio particolarmente importanti? Indicali nella figura 2.8 e motiva la tua risposta.

Esercizio 2.6

Valuta criticamente le affermazioni sui due pannelli informativi della figura 2.9 e motiva la tua presa di posizione.



Figura 2.9: Pannelli informativi sull'utilità della coltivazione di mais per l'ambiente e l'essere umano (regione di Berna, M. Gubler, 2018)

Esercizio 2.7

Misura del contenuto di carbonio CO₂ nell'atmosfera

- La più vecchia e più importante stazione di misura del contenuto di CO₂ nell'atmosfera si trova sul vulcano Mauna Loa nelle Hawaii (USA). Spiega le ragioni di questa localizzazione.
- Interpreta nel modo più preciso possibile l'andamento della curva del contenuto di CO₂ (figura 2.10).
- Che andamento avrebbe la stessa curva al polo sud?

Mauna Loa Monthly Averages

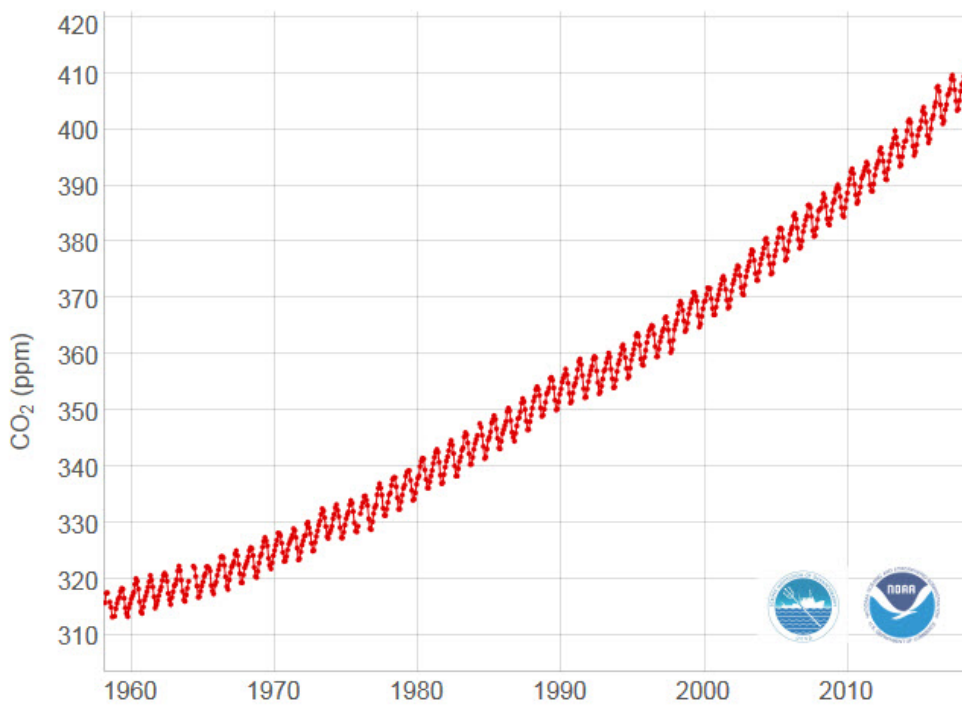


Figura 2.10: Contenuto di CO₂ nell'atmosfera misurato sul Mauna Loa (Hawaii, USA) durante gli ultimi 60 anni (Fonte NOAA, 2018)

Media per l'elaborazione del materiale di lavoro

- filmato ["Klima- der Kohlenstoffkreislauf"](#)
- blog di [meteosvizzera](#)

3. Cause del cambiamento climatico

3.1. Effetto serra naturale e antropogenico

Gli scettici, che negano l'influsso umano sul cambiamento climatico attuale, rimandano al fatto che il clima è variato da sempre. In effetti, cambiamenti climatici lenti o repentini hanno sempre modificato il volto della Terra e la vita dei suoi abitanti. L'evoluzione globale delle temperature è data dalla sovrapposizione di molti processi e per questo non graduale. Decadi con un riscaldamento più intenso, e altre con un riscaldamento molto più debole ci saranno pure in futuro. Uno sguardo nel passato trasmette quindi una visione esaustiva e dettagliata delle fasi climatiche passate. In questo modo è possibile situare i cambiamenti climatici attuali e l'influsso umano nella storia del clima.

Esercizio 3.1

- In che modo l'essere umano influenza il riscaldamento dell'atmosfera?
- Valuta le affermazioni della pagina seguente e motiva le tue risposte nel modo più preciso possibile.
- Cosa dovresti sapere per consolidare con fatti le tue affermazioni (incertezze)?
- Discuti con il compagno di banco le tue riflessioni e raccogliete le vostre motivazioni.
- Verifica al termine le tue risposte, le tue motivazioni e le tue incertezze con lo stato attuale della ricerca sulle cause del cambiamento climatico nel capitolo presente.

Affermazione	Corretta?	Motivazioni	Incertezze
I vulcani liberano molto più CO ₂ rispetto alle attività umane.			
Nella storia della Terra il clima è sempre cambiato, ci troviamo ora alla fine di un'era glaciale, cioè in un'epoca di calore.			
Il CO ₂ non può generalmente essere dannoso, perché senza CO ₂ le piante non possono crescere.			
A causa delle emissioni di gas a effetto serra si allarga il buco dell'ozono. Così aumenta la radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre, e per questo diventa sempre più caldo.			
Solo circa il 3% delle emissioni mondiali di CO ₂ provengono dall'uomo, la gran parte viene da fonti naturali.			
Cambiamenti delle irradiazioni solari sono responsabili delle variazioni climatiche attuali.			
Se dovessimo fermare bruscamente le nostre emissioni di CO ₂ nei prossimi 50-100 anni il clima si potrà riprendere.			
Già nel Medioevo era più caldo di oggi. Non per nulla i vichinghi chiamarono la Groenlandia (terra verde).			

3.2. Cause dei cambiamenti climatici naturali

Esercizio 3.2

- Interpreta e spiega l'andamento della curva nella figura 3.1 per i numeri indicati. A questo fine applica le conoscenze ricavate dal capitolo 2.
- Confronta le tue interpretazioni con le conoscenze scientifiche sulle diverse cause del cambiamento climatico.

3.2.1. Cause dei cambiamenti climatici naturali: impulsi esterni

La **luminosità del Sole** e di conseguenza il flusso energetico del Sole variano pressoché in tutte le scale temporali. Il Sole, come ogni stella, nel corso della sua vita diventa sempre più caldo e il flusso energetico solare, che raggiunge la Terra e influenza il suo sistema climatico, aumenta costantemente il suo apporto. Circa 3,5 miliardi di anni fa, al momento in cui la vita ha iniziato a svilupparsi sul nostro pianeta, il flusso dell'energia solare era infatti di circa il 35% inferiore a quello attuale.

La Terra, nel corso della sua storia, è sempre stata colpita da **asteroidi**. L'impatto di grossi corpi extraterrestri lascia chiare tracce non solo sulla superficie terrestre, ma anche sul clima. Il nostro sistema terrestre sembra essere comunque sufficientemente stabile da resistere persino all'impatto di asteroidi del diametro superiore a parecchi chilometri, come quello avvenuto per esempio 65 milioni di anni fa. Per l'attuale dibattito climatico questo avvenimento non gioca ormai nessun ruolo.

Variazioni dell'orbita terrestre attorno al Sole (variazione dell'eccentricità dell'orbita rispetto all'orbita circolare) e nell'inclinazione dell'eclittica (inclinazione dell'asse terrestre rispetto alla perpendicolare del piano dell'orbita) sono pure fattori che hanno influenza sul clima. Per esempio, queste variazioni (chiamate pure cicli di Milanković) sono i fattori determinanti di glaciazioni e periodi interglaciali. Le scale temporali di questi cicli variano fra 19'000 e 100'000 anni.

La **tettonica a placche** porta a processi come la deriva dei continenti, l'orogenesi, cambiamenti nell'emissione di CO₂, acqua o altre sostanze dall'interno del pianeta, che tutti assieme influenzano il clima globale. In quanto processi lenti giocano un ruolo determinante nella dinamica climatica a lungo termine (per esempio il passaggio da un'era glaciale a una post-glaciale nel corso di milioni di anni). Per gli influssi climatici a corto termine diventa responsabile anche l'**attività vulcanica** scaturita appunto dai processi tettonici. Tramite questa attività giungono nell'atmosfera delle sostanze traccia sotto forma di gas o particelle, che ne modificano il bilancio energetico. In generale un'eruzione vulcanica provoca un raffreddamento del clima, poiché le particelle nell'atmosfera lasciano penetrare meno radiazione solare a onde corte verso la Terra. L'attività vulcanica varia in modo irregolare e non può essere considerata nelle previsioni sul clima.

3.2.2. Cause di cambiamenti climatici a corto termine: impulsi interni

Con l'espressione **variazioni climatiche interne** si fa riferimento a processi naturali all'interno del sistema climatico e i suoi sotto-sistemi (sfere, vedi capitolo 2). Sono condizionate da fluttuazioni del sistema delle correnti oceaniche, dall'interazione fra gli oceani l'atmosfera, o da variazioni nella circolazione atmosferica. Un esempio sono i fenomeni El Niño o La Niña nel Pacifico tropicale, o effetti di rafforzamento o indebolimento a essi connessi. Visto che questi fenomeni si manifestano a scale temporali paragonabili al cambiamento climatico antropogenico, possono quindi mascherarlo e renderlo difficilmente riconoscibile. Sono però loro stessi, probabilmente influenzati a loro volta dal cambiamento climatico.

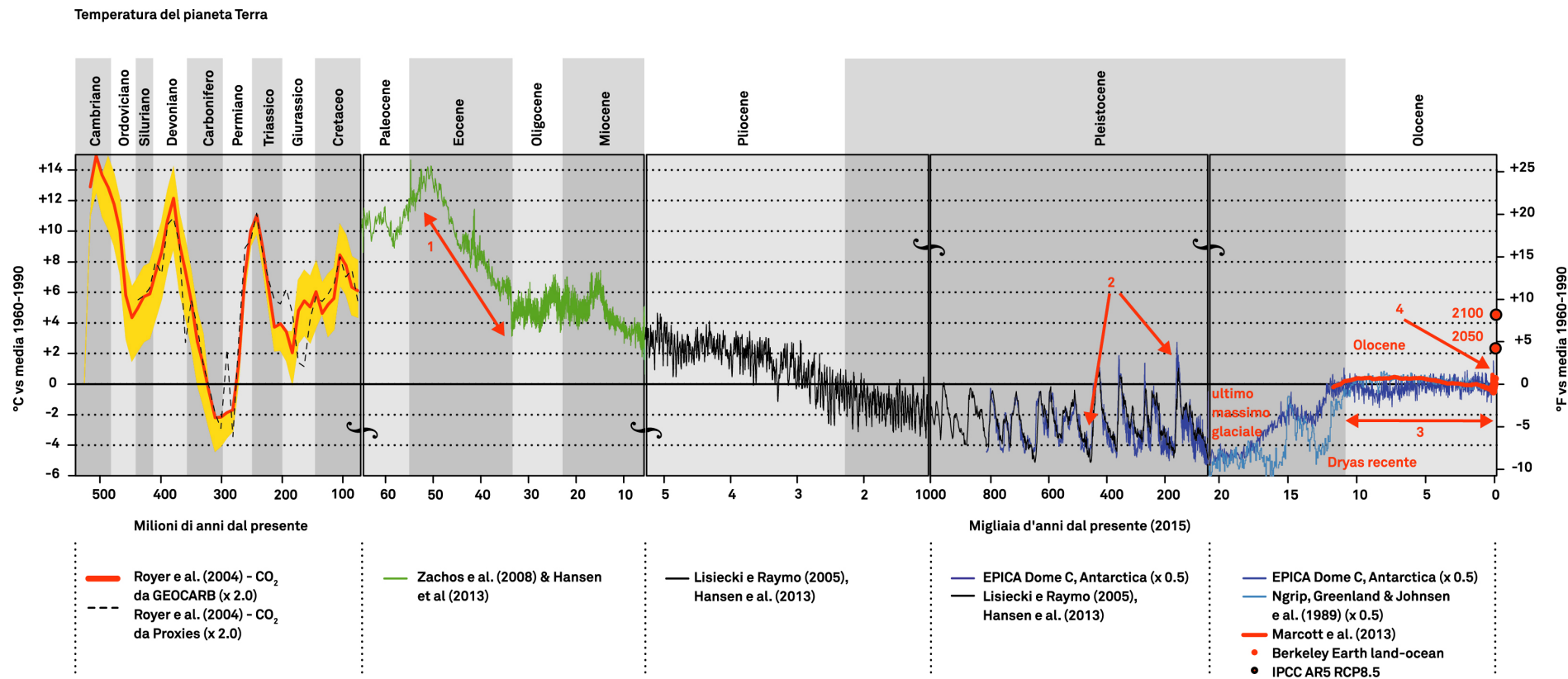


Figura 3.1: Curva delle temperature della Terra negli ultimi 500 milioni di anni ricostruita. Creata combinata una serie di metodi diversi della ricostruzione climatica. (fonte: progetto CCES0 2019)

3.3. L'essere umano – un nuovo fattore esterno

Dall'inizio dell'industrializzazione nel XIX secolo noi esseri umani, ci siamo addizionati come fattore esterno climatico essenziale. La domanda crescente di energia proveniente da combustibili fossili basati sul carbonio (carbone, petrolio, gas) per lo sviluppo economico (agricoltura, industria, settore dei servizi, mobilità) e sociale (crescita demografica, società consumistica occidentale, globalizzazione) ha reso il sistema economico attuale dipendente dal consumo di quantità enormi di energia. Questo cambiamento condotto soprattutto da paesi industriali avanzati (USA, Europa occidentale, Australia, Cina) e da potenze economiche emergenti, influenza i flussi naturali di energia e di materia in un modo mai visto.



1. Estrazione/ combustione di fonti energetiche fossili (petrolio, carbone)	3. Industria/ combustione di fonti energetiche fossili	6. Coltivazione di riso/piantagioni/ agricoltura
2. Traffico/trasporto/ combustione di fonti energetiche fossili	4. Città/paese/riscaldare/raffreddare/ combustione di fonti energetiche fossili	7. Allevamento
	5. Deforestazione/coltura a debbio	8. Aumento dei gas a effetto serra da (1)-(7)

Figura 3.2: Sistema climatico naturale con influenze antropogeniche: cause (fonte: realizzazione interna al progetto CCESO II, disegno di Michelle Walz 2019)

È soprattutto tramite emissioni di **gas a effetto serra antropogenico (“prodotti dall'uomo”)** e quindi da sostanze provenienti dall'industria, dall'agricoltura, dal traffico, dalle economie domestiche, così come tramite cambiamenti rilevanti della superficie terrestre come l'urbanizzazione o il disboscamento, che interveniamo sul bilancio energetico e di conseguenza sul pilotaggio centrale del sistema climatico. L'evoluzione delle concentrazioni atmosferiche dei tre più importanti gas a effetto serra antropogenici, diossido di carbonio (CO_2), metano (CH_4) e monossido di diazoto (N_2O) sono rappresentate nella figura 3.2. In questo modo modifichiamo il clima velocemente e in modo durevole, ciò significa nel corso di qualche decennio e probabil-

mente ancora per alcuni secoli. Anche se l'influsso dei fattori climatici naturali non è ancora stato compreso a sufficienza e saranno ancora necessari alcuni anni prima che la tendenza del cambiamento climatico antropogenico venga alla luce chiaramente anche a scala regionale, secondo l'ultimo rapporto sul clima dell'IPCC (2014) è altamente probabile (> 95%) che **l'influenza umana sia il motivo principale del riscaldamento globale osservato dal 1950!**

Moyennes mondiales des concentrations de gaz à effet de serre

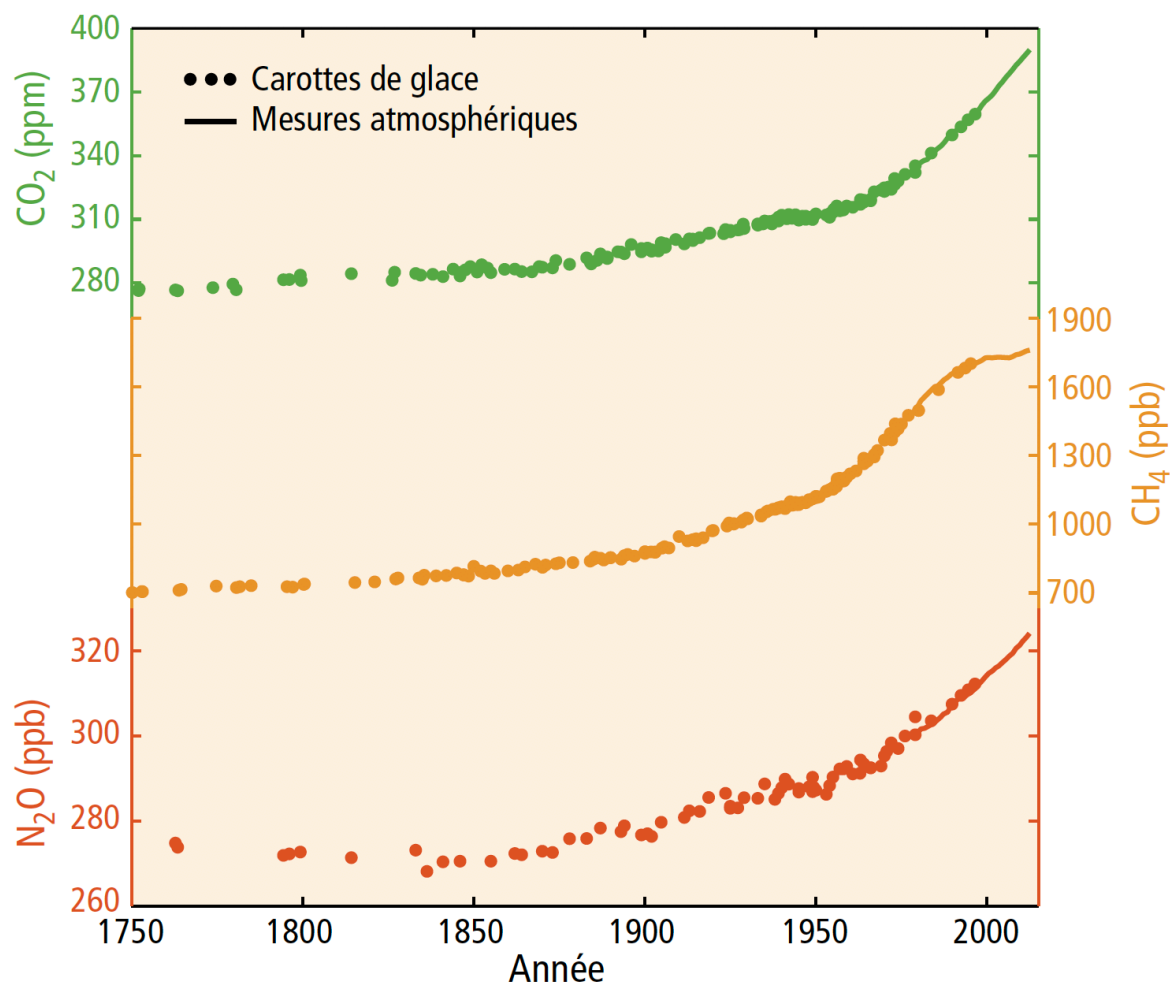


Figure 1.3 | Changements observés dans les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre: dioxyde de carbone (CO₂, vert), méthane (CH₄, orange) et oxyde nitreux (N₂O, rouge), avec superposition des données provenant de carottes de glace (symboles) et des mesures directes dans l'atmosphère (lignes). {GT I 2.2, 6.2, 6.3, figure 6.11}

Figura 3.3: Cambiamenti osservati delle concentrazioni atmosferiche di gas a effetto serra: diossido di carbonio CO₂ (verde), metano CH₄ (arancione) e monossido di diazoto N₂O (rosso) con sovrapposizione dei dati provenienti da carote glaciali (simboli) e da misure dirette nell'atmosfera (linee). { GT I 2.2, 6.2, 6.3, figure 6.11} (fonte: rapporto IPCC 2014: 46, fig. 1.3)

Esercizio 3.3**Gas a effetto serra e la loro fonte**

- Quali gas a effetto serra vengono liberati dalle diverse attività umana illustrate nella figura 3.2. Riassumi le tue riflessioni con la aiuto della tabella sottostante.
- Inseguito confronta quanto da te scritto con la “tabella dei gas serra di origine antropica” presente sul sito dell'[ufficio federale dell'ambiente](#).

Gas a effetto serra	Fonte(i) antropogenica(che)
CO ₂	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
CH ₄	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
N ₂ O	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

3.3.1. Emissioni di gas a effetto serra della Svizzera in confronto internazionale

Per calcolare la parte dei diversi gas a effetto serra nelle emissioni totali di un paese in modo da poter paragonare le emissioni dei diversi paesi, le emissioni dei diversi gas devono essere rapportate a un denominatore comune. A questo fine si calcola il cosiddetto **equivalente CO₂** (conosciuto anche come GWP= global warming potential) dei gas. Questo è una misura del loro apporto relativo all'effetto serra, dunque il loro potenziale medio di riscaldamento dell'atmosfera terrestre in un determinato lasso temporale (di norma 100 anni). Indica quindi, quanto una determinata massa di un gas a effetto serra, in confronto con la quantità di CO₂ corrispondente, contribuisce al riscaldamento globale.

Per esempio l'equivalente CO₂ del metano per un orizzonte temporale di 100 anni ammonta a 28. Questo significa che, in un periodo di 100 anni, un chilogrammo di metano (CH₄), dopo la sua liberazione nell'atmosfera, contribuisce 28 volte di più all'effetto serra di un chilogrammo di CO₂. Il valore per il monossido di diazoto (N₂O) è di 298.

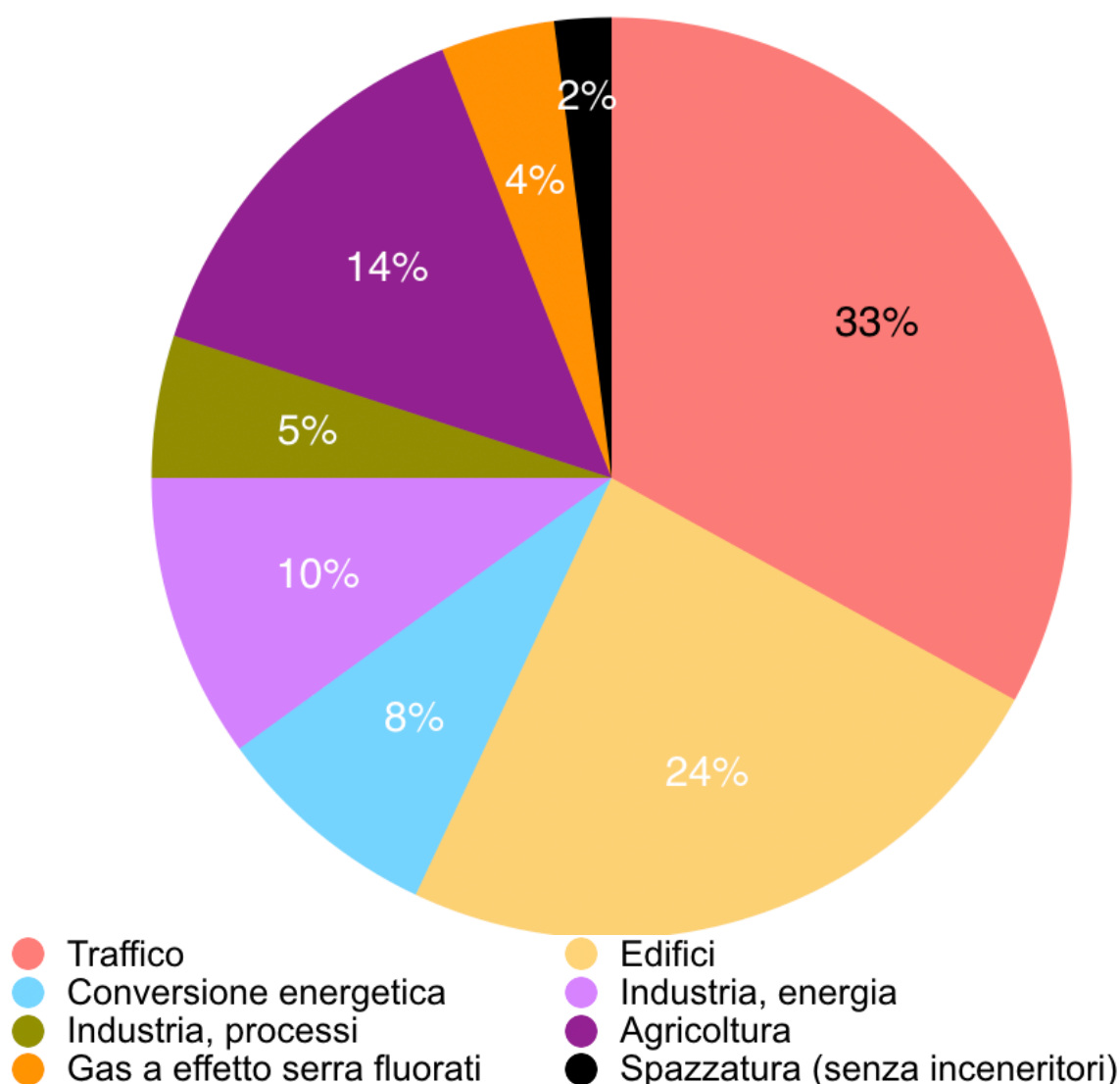


Figura 3.4: Ripartizione dei gas a effetto serra in Svizzera secondo i settori nel 2014 (fonte: realizzazione personale sulla base dei dati presenti in: "Brennpunkt Klima Schweiz", 2016, p. 162)

Esercizio 3.4

In riferimento al documento presente sul sito dell'ufficio federale dell'ambiente e alla figura 3.4 rispondi alle seguenti domande

- a. Ci sono fonti di emissioni generate dalla popolazione svizzera, non prese in considerazione? Motiva la tua risposta.
- b. Posiziona le emissioni pro capite della Svizzera a confronto internazionale con l'aiuto [della carta interattiva](#) delle emissioni di carbonio.
- c. Chiarisci la ripartizione mondiale delle emissioni di CO₂ in rapporto alla società, all'economia e all'ambiente.

3.4. Modelli climatici come strumento delle scienze climatiche

Modelli informatici sono utilizzati quando gli esperimenti non sono possibili, troppo cari o non sostenibili. Nella ricerca sul clima i modelli sono l'unica possibilità per fare delle affermazioni basate su numeri circa l'evoluzione del clima dei prossimi decenni. I modelli sono pure utili per capire i processi, per simulare il clima del passato e per capire l'influenza dell'essere umano sul cambiamento climatico. Visto che numerosi modelli climatici simulano cicli globali di materia e energia, sono necessarie delle capacità di calcolo enormi, raggiungibili unicamente con computer ad alto potenziale.

Esercizio 3.5

- a. Con l'aiuto della figura 3.5 illustra quanto i modelli climatici sono utili per la determinazione delle cause del cambiamento climatico.

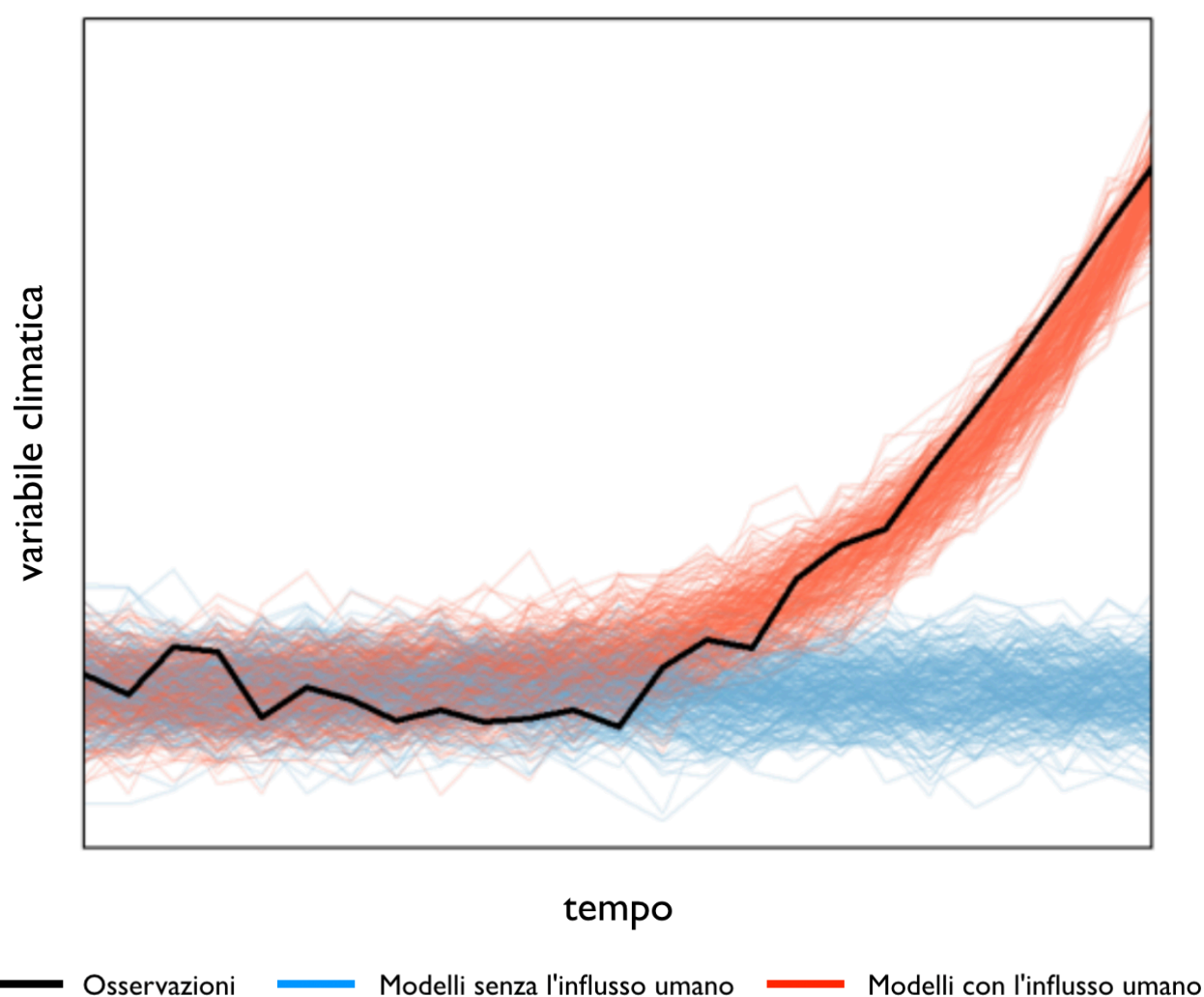


Figura 3.5: Modellizzazione e misurazione dello sviluppo temporale del clima con e senza influsso umano (fonte: [ETH-Zukunftsblog](#), 2017; ultimo accesso 09.09.2019)

Esercizio 3.6

- a. Alla luce delle nuove conoscenze acquisite valuta ancora una volta le tue affermazioni dell'attività di pagina 17 (motivazioni e incertezze) e descrivi le eventuali variazioni rispetto alla prima risposta.

Media per l'elaborazione del materiale di lavoro.

- Link verso la carta della [produzione pro capite di CO2](#). (ultima consultazione 09.09.2019)
- Vedi eventualmente l'articolo [Chi emette la CO2?](#)
- Riferimenti alla pubblicazione Brennpunkt Klima Schweiz/ Coup de projecteur sur le climat suisse
 - Das vergangene Klima: S. 32/33
 - Le climat du passé pp. 32-33
 - Natürliche und menschliche Einflüsse: S. 28/29
 - Fluctuations naturelles et influences humaines pp. 28-29
 - Klimamodelle: S. 36/37
 - Les modèles climatiques pp. 36-37
 - Schweizer Treibhausgasquellen: S. 161-163
 - Les tendances nationales d'émissions de gaz à effet de serre pp. 161-163

4. Conseguenze del cambiamento climatico

4.1. Conseguenze globali e in Svizzera

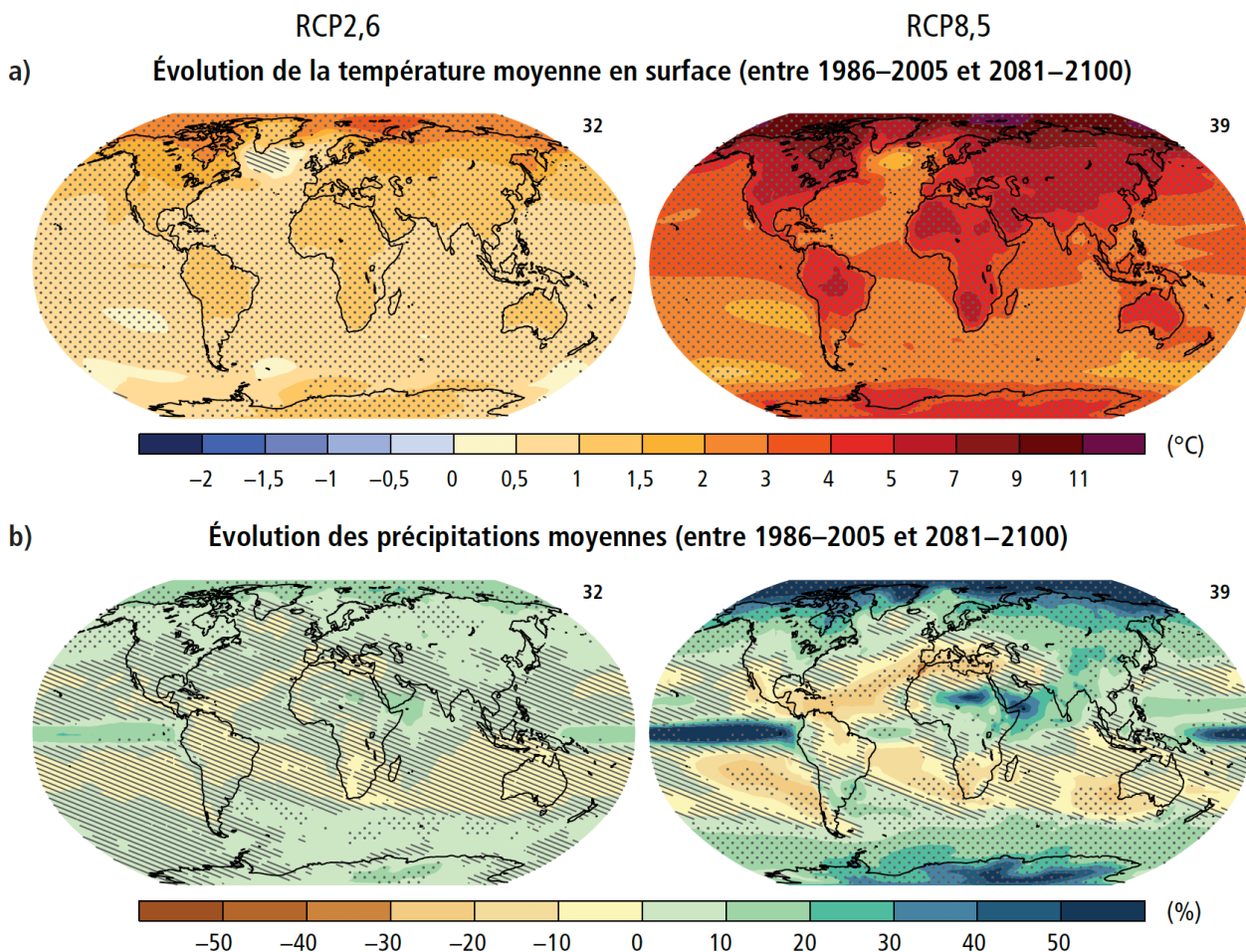


Figure RID.7 | Évolution de la température moyenne en surface (a) et évolution des précipitations moyennes (b) fondées sur des projections multimodèles moyennes pour la période 2081–2100 par rapport à la période 1986–2005, selon les scénarios RCP2,6 (à gauche) et RCP8,5 (à droite). Le nombre de modèles utilisés pour calculer la moyenne multimodèle figure dans l'angle supérieur droit de chaque image. Les pointillés signalent les régions dans lesquelles le changement projeté est grand par rapport à la variabilité naturelle interne et dans lesquelles 90 % au moins des modèles s'accordent sur le signe du changement. Les hachures signalent les régions dans lesquelles le changement projeté est inférieur à un écart type de la variabilité naturelle interne. [2.2, Figure 2.2]

Figura 4.1: Evoluzione delle temperature medie sulla superficie terrestre (a) e evoluzione delle precipitazioni medie (b) fondate su proiezioni medie provenienti più modelli per il periodo 2081-2100, in rapporto al periodo 1986-2005, secondo gli scenari RCP2.6 (a sinistra) e RCP8.5 (a destra). Il numero di modelli usato per calcolare la media su più modelli figura nell'angolo superiore destro di ogni immagine. Il disegno a puntini indica le regioni in cui il cambiamento previsto è grande in rapporto alla variabilità naturale interna, e in cui almeno il 90% dei modelli è concorde sul segno del cambiamento. Il tratteggio indica le regioni in cui il cambiamento previsto è inferiore a uno scarto tipo della variabilità naturale interna. (IPCC, 2014: 12, fig. RID.7)

L'ultimo rapporto dell'IPCC mostra che il cambiamento climatico ha avuto già negli ultimi decenni conseguenze misurabili e osservabili sull'ambiente, l'economia, la società su tutti i continenti e tutti gli oceani. In generale si può affermare che più fa caldo, maggiori sono le ripercussioni e i rischi diventano più alti. Il mondo non sarà toccato omogeneamente dai rischi climatici, ci saranno dei perdenti e dei vincitori. A dipendenza

delle regioni il cambiamento climatico comporta rischi diversi, per esempio la minaccia di mareggiate sulle regioni costiere o l'innalzamento del livello del mare. Per l'Europa del sud la mancanza d'acqua rappresenta una grave minaccia, in Svizzera comportano d'altra parte le catastrofi naturali (inondazioni) o eventi estremi (ondate di calore) un rischio rilevante.

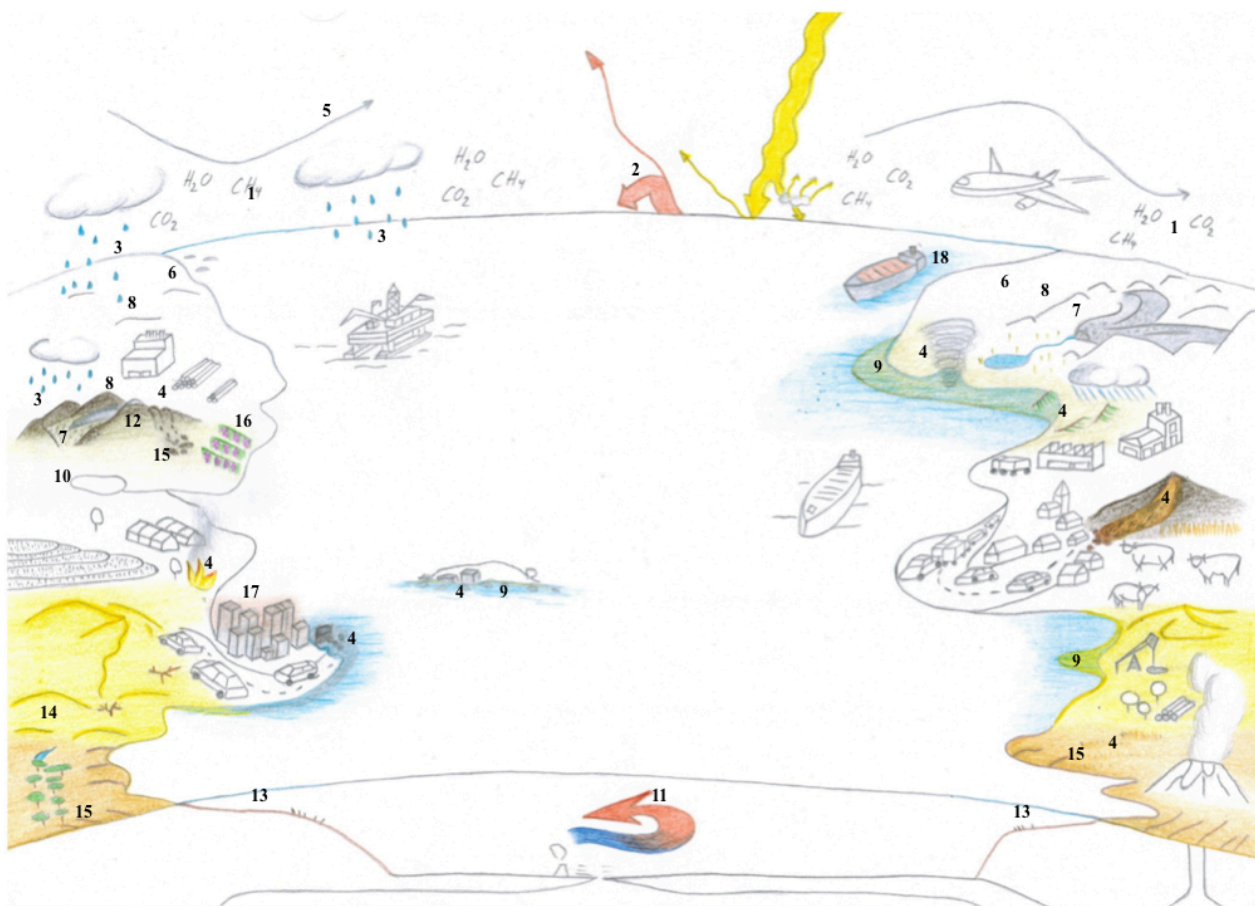
Esercizio 4.1

Conseguenze del cambiamento climatico emerse nell'esercizio 1.1.

- Confronta le tue annotazioni riguardanti l'esercizio 1.1 con le conoscenze sulla distribuzione spaziale delle temperature e delle precipitazioni presenti nella figura 4.1.
- Inserisci le conseguenze a seconda diverse sfere del sistema climatico nella tabella 4.1.
- Confronta le tue osservazioni con le conoscenze scientifiche sulle conseguenze del cambiamento climatico in questo capitolo e annota tutti i punti poco chiari in vista di un approfondimento successivo.

Sfere	Conseguenze globali	Conseguenze in Svizzera
Atmosfera		
Idrosfera		
Criosfera		
Biosfera		
Pedosfera		
Litosfera		
Antroposfera		

TABELLA 4.1: Conseguenze del cambiamento climatico a seconda delle sfere del sistema climatico



<p>Atmosfera</p> <ol style="list-style-type: none"> Incremento dei gas a effetto serra (aumento del CO₂, CH₄, H₂O, ecc.) Incremento dell'irradiazione a onda lunga riflessa (irradiazione di calore) Cambiamenti delle precipitazioni Incremento di eventi estremi (tempeste, ondate di canicola) Cambiamento del sistema dei venti, dei jet streams <p>Aumento del tasso d'ozono vicino al suolo¹</p> <p>Idrosfera e criosfera</p> <ol style="list-style-type: none"> Scioglimento del ghiaccio (banchisa e inlandsis) Scioglimento dei ghiacciai Disgelo del permafrost Innalzamento del livello del mare Cambiamento del deflusso Cambiamenti delle correnti marine 	<ol style="list-style-type: none"> Incremento di eventi estremi (inondazioni, colate detritiche, frane, smottamenti, siccità) <p>Biosfera</p> <ol style="list-style-type: none"> Cambiamento dei limiti superiori (limite vegetativo, diminuzione di neve e ghiaccio) Sbiancamento dei coralli, acidificazione degli oceani. Diminuzione della biodiversità¹ Cambiamento delle zone vegetative¹ <p>Pedosfera</p> <ol style="list-style-type: none"> Desertificazione Erosione del suolo Incremento di eventi estremi (smottamenti) <p>Litosfera</p> <ol style="list-style-type: none"> Incremento di eventi estremi (frane) 	<p>Antroposfera</p> <ol style="list-style-type: none"> Spostamento delle aree colturali (p. es vigna), nuove colture Aumento della calura nelle città Nuove rotte marittime (passaggio a nord-ovest, rotta settentrionale) <p>Conseguenze per la salute (p. es. stress da calore, malattie, iponutrizione)¹</p> <p>Migrazione, conflitti¹</p> <p>Conseguenze economiche (p. es. turismo, cattivi raccolti, nuove opportunità per lo sfruttamento delle materie prime nell'Artico)¹</p> <p>¹ Misura che non si può raffigurare</p>
---	--	---

Figura 4.2: Conseguenze del cambiamento climatico (fonte: realizzazione interna al progetto CCESO II, disegno di Michelle Walz 2019)

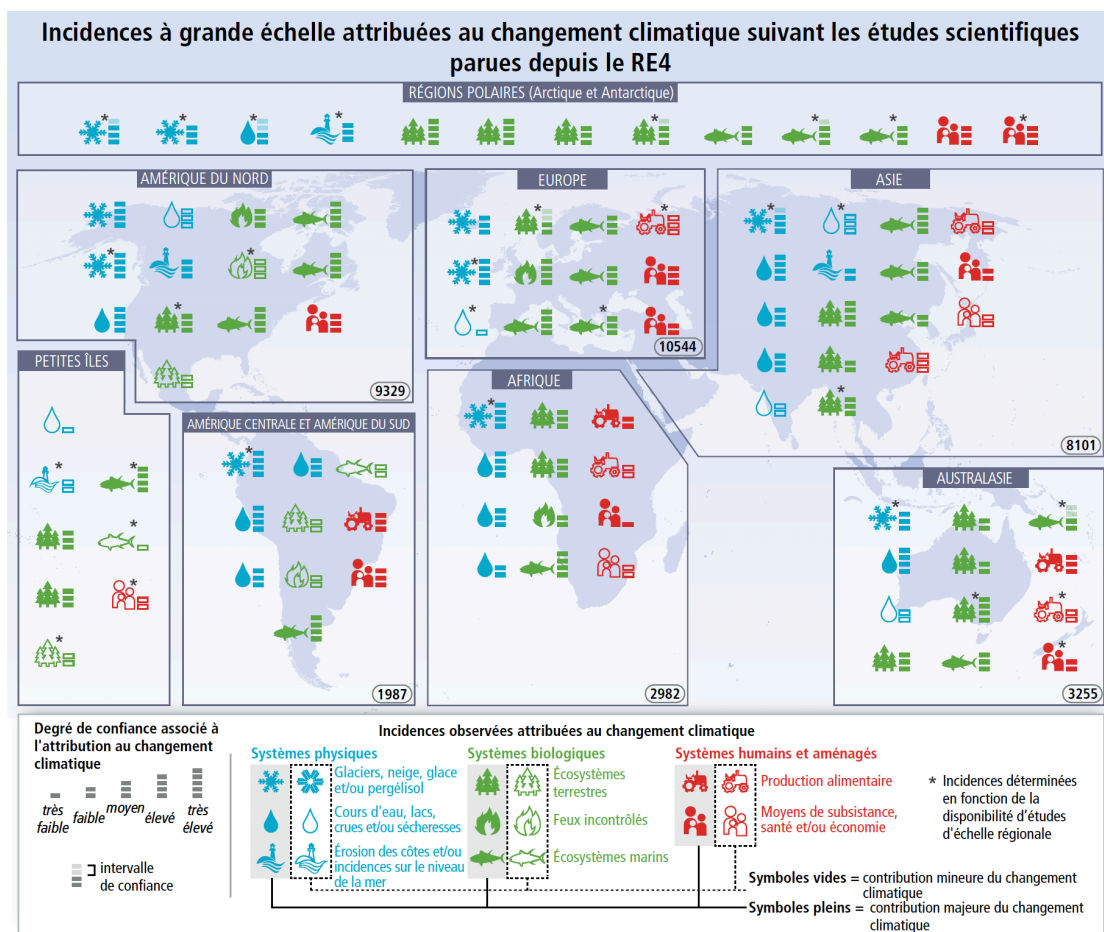


Figure RID.4 | Le nombre des incidenes observées au cours des dernières décennies que les études scientifiques parues depuis le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC (RE4) attribuent à présent au changement climatique a fortement augmenté. Pour corroborer de tels résultats, ces études se fondent sur des éléments scientifiques probants portant sur le rôle du changement climatique. La liste des incidenes attribuables au changement climatique présentée sur cette mappemonde ne saurait être considérée comme exhaustive. Les publications qui viennent étayer l'attribution des incidenes se caractérisent par une base de connaissances de plus en plus vaste, mais leur nombre est encore faible pour beaucoup de régions, de systèmes et de processus, ce qui met en évidence les lacunes que comportent les données et les études. Les symboles indiquent le type d'incidence, la contribution relative du changement climatique (majeure ou mineure) aux incidenes observées, et le degré de confiance correspondant. Les différents symboles utilisés correspondent à une ou plusieurs entrées du tableau RID.A1 (GTII RE5), regroupant ainsi des incidenes associées à l'échelle régionale. Les nombres entourés figurant dans le coin inférieur droit des cadres correspondants aux régions indiquent le nombre total d'ouvrages et articles parus en anglais sur le thème du changement climatique entre 2001 et 2010, répertoriés dans la base de données bibliographique Scopus, contenant dans leur titre, dans leur résumé ou dans leurs mots clés le nom d'un pays (jusqu'à juillet 2011). Ces nombres fournissent une indication générale sur le nombre des publications scientifiques parues portant sur le changement climatique dans chaque grande région; il ne s'agit pas de publications portant spécifiquement sur l'attribution des incidenes du changement climatique par région. Pour les régions polaires et les petits États insulaires, le nombre est inclus dans celui des régions continentales voisines. La documentation retenue pour l'évaluation des attributions des incidenes répond aux critères du GIEC portant sur les éléments scientifiques, définis dans le chapitre 18 de la contribution du Groupe de travail II au RE5. Les publications prises en compte dans les analyses d'attribution des incidenes appartiennent à une base encore plus vaste de documents qui ont été examinés pour les besoins de la contribution du Groupe de travail II au RE5. Voir le tableau RID.A1 (GTII RE5) dans lequel figurent les descriptions des incidenes avec leurs attributions. (figure 1.11)

Figura RID.4 Il numero di incidenes osservate nel corso degli ultimi decenni attribuite attualmente ai cambiamenti climatici, dagli studi scientifici, apparsi dopo il quarto Rapporto d'evaluation del GIEC (RE4) è fortemente aumentato. Per corroborare simili risultati, questi studi si fondano su elementi scientifici provati, incentrati sul ruolo del cambiamento climatico. La lista delle incidenes attribuibili al cambiamento climatico presentata su questo mappamondo non può essere considerata esaustiva. Le pubblicazioni in sostegno dell'attribuzione delle incidenes sono caratterizzate da una base di conoscenza sempre più vasta, ma il loro numero è ancora limitato per molte regioni, sistemi e processi. Questo mette in evidenza le lacune che comportano i dati e gli studi. I simboli indicano il tipo di incidenza, il contributo relativo del cambiamento climatico (maggiore o minore) alle incidenes osservate, e il grado di fiducia corrispondente. I diversi simboli usati corrispondono a una o più entrate della tabella RIS.A1 (GTII RE5), raggruppano così delle incidenes associate alla scala regionale. I numeri cerchiati, inseriti nell'angolo inferiore destro dei riquadri corrispondenti alle regioni indicano il numero totale di opere e articoli apparsi in inglese sul tema del cambiamento climatico fra il 2001 e il

2010. Articoli repertoriati nella base di dati bibliografici Scopus, e contenenti nel titolo, nel riassunto o nelle parole chiave il nome d'un paese (fino a luglio 2011). Questi numeri forniscono un'indicazione generale sul numero di pubblicazioni scientifiche pubblicate, incentrate sul cambiamento climatico in ogni grande regione. Non si tratta di articoli basati specificatamente sull'attribuzione delle incidenze del cambiamento climatico per regione. Per le regioni polari e i piccoli Stati insulari, il numero è incluso in quello delle regioni continentali vicine. La documentazione considerata per la valutazione delle attribuzioni delle incidenze risponde ai criteri del GIEC in merito agli elementi scientifici definiti nel capitolo 18 del contributo del Gruppo di lavoro II al RE5. Le pubblicazioni prese in conto nell'analisi d'attribuzione delle incidenze appartengono a una base ancora più vasta di documenti che sono stati esaminati per i bisogni del contributo del Gruppo di lavoro II al RE5. Vedi la patella RID.A.1 (GTII RE5) in cui figurano le descrizioni delle incidenze con le loro attribuzioni. {figure 1.11}

Figura 4.3: *Conseguenze osservate del cambiamento climatico, ordinate in funzione della regione e dei sistemi non viventi (idrosfera, criosfera, pedosfera e litosfera); viventi (biosfera) e antropogenici (antroposfera).* (IPCC, 2014: 7 Figura RID.4)

Alla base della costruzione di questa figura vi sono prove scientifiche certe (pubblicazioni) sull'influsso del cambiamento climatico sui differenti processi, sistemi e regioni (i numeri negli ovali indicano l'ammontare delle pubblicazioni per le regioni corrispondenti nel periodo 2001-2010). I simboli raffigurano le categorie delle rispettive conseguenze, il contributo relativo del cambiamento climatico (essenziale o esiguo) alle conseguenze osservate e il grado di fiducia nell'attribuzione. L'assenza sulla carta di conseguenze supplementari, attribuibili al cambiamento climatico non implica una loro non manifestazione.

Swiss Academies Factsheets 12 (2), 2017

Nell'area alpina l'aumento della temperatura è stato circa il doppio rispetto alla media globale. La Svizzera come regione naturale e culturale è interessata sotto molti aspetti dalle ripercussioni del cambiamento climatico:

Fiumi e laghi

- ▲ Le estati secche con scarso ruscellamento stanno diventando sempre più frequenti. Le cause sono la diminuzione delle precipitazioni estive e la forte riduzione delle quantità d'acqua prodotto dallo scioglimento di nevi e ghiacci.
- ▲ I deflussi invernali tendono all'aumento. In inverno aumenta la frequenza delle precipitazioni piovose, che contribuiscono direttamente al ruscellamento.
- ▲ La stagione delle piene si allunga a causa delle temperature più elevate e, con l'aumento delle precipitazioni intense, crescono i picchi di deflusso.

Fauna e flora

- ▲ Molti animali e piante per i quali il clima sta diventando troppo caldo o troppo secco si spostano in zone più elevate, con il rischio di trovare maggiore concorrenza in habitat più ristretti.
- ▲ Alcune specie possono spostare il loro habitat solo lentamente oppure si insediano in zone pianeggianti, che non offrono vie d'uscita verso spazi vitali più favorevoli.
- ▲ Il ritmo stagionale di fauna e flora è in trasformazione e può perturbare l'interazione delle specie: agli insetti sfugge il periodo della fioritura.

Montagne, nevai e ghiacciai

- ▲ I ghiacciai svizzeri si stanno ritirando. Entro la fine del secolo potrebbero in gran parte sciogliersi.
- ▲ In alta montagna compare un nuovo paesaggio fatto di roccia, detriti, scarsa vegetazione e numerosi laghi per lo più di piccole dimensioni. Questi ultimi aumentano il potenziale dei pericoli naturali, ma offrono anche opportunità di sfruttamento.
- ▲ La stagione delle nevicate si accorcia di parecchie settimane e il limite della neve al suolo si innalza di varie centinaia di metri.
- ▲ A lungo termine il permafrost in alta montagna si scioglie fino agli strati più profondi, un fenomeno che può comportare un aumento della caduta di massi e frane.

Fenomeni meteorologici estremi

- ▲ Fa più caldo: in estate bisogna aspettarsi periodi di caldo più lunghi e più frequenti, con giornate con temperatura e umidità più elevate. Questa tendenza la si può osservare già oggi.
- ▲ Precipitazioni intense: si prevede che in futuro le precipitazioni intense diventino più frequenti e più improvvise, provocando più colate detritiche e frane e aumentando il pericolo di inondazioni.
- ▲ Aumenta il rischio di siccità: nel complesso, si prevedono estati con meno giorni di pioggia e periodi di siccità prolungati.



Ripercussioni e rischi



Figura 4.4: Ripercussioni e rischi del cambiamento climatico in Svizzera (fonte: Il clima svizzero sotto i riflettori in breve pp. 2-3)

Esercizio 4.2

- a. Rifletti e discuti con la classe sui punti non chiari riguardo alle conseguenze e le ripercussioni del cambiamento climatico dimostrate scientificamente.
- b. Basandosi sul materiale presentato in questo capitolo, sui documenti [CH2018 Scenari climatici per la Svizzera](#) e [Il clima svizzero sotto i riflettori in breve](#) completa e prepara in quattro piccoli gruppi un lucido che descriva le quattro principali conseguenze a livello Svizzero (forti piogge; estati asciutte; giornate canicolari; meno neve in inverno) del cambiamento climatico
- c. Quale conseguenza del cambiamento climatico, secondo te, ti tocca maggiormente? Motiva la tua risposta.
- d. A scala mondiale quali regioni sono toccate dalle conseguenze del cambiamento climatico sottostanti? Discuti in gruppi di 4 con l'aiuto del materiale disponibile completa la carta del mondo alla figura 4.5 indicando le regioni toccate dai seguenti fenomeni:
 - i. Crescita del livello del mare (rosso).
 - ii. Scarsità di acqua potabile in seguito allo scioglimento dei ghiacciai (blu).
 - iii. Siccità e desertificazione (giallo).
 - iv. Aumento della produzione agricola, per esempio nuovi tipi di vino (verde).

I risultati di questo lavoro devono essere presentati brevemente (2 minuti) alla classe e confrontati fra loro.

Media in altre lingue disponibili per lo svolgimento dell'esercizio 4.2 :

- [Carta mondiale interattiva](#) con storie dal cambiamento climatico
- [Rapporto 2014 dell'IPCC](#)
- Riferimenti alla pubblicazione Brennpunkt Klima Schweiz/ Coup de projecteur sur le climat suisse

<ul style="list-style-type: none"> • Folgen und Risiken: S. 1-4 • Temperatur: S. 40-45 • Wasserkreislauf: S. 46-51 • Klima- und Wetterextreme: S. 52-59 • Ozean, und Kryosphäre: S. 60-67 • Folgen und Anpassung: S. 69-148 	<ul style="list-style-type: none"> • Incidences et risques pp. 1-4 • La température pp. 40-45 • Le cycle hydrologique pp. 46-51 • Extrêmes climatiques et météorologiques pp. 52-59 • Les océans et la cryosphère pp. 60-67 • Incidence et adaptation pp. 69-148
---	--



Figura 4.5: Carta del mondo (fonte. d-maps.com) (ultimo accesso 29.09.2019)

4.2. Eventi estremi: ondate di calore

Esercizio 4.3

- Sviluppa ipotesi su possibili correlazioni fra il cane poliziotto (fig. 4.2) e la pratica lavorativa quotidiana della DJ Nina Kraviz, del campione del tennis Roger Federer e della campionessa dello sci Lara Gut.
- Confronta e discuti con i compagni le tue supposizioni con l'aiuto delle informazioni contenute alla seguente pagina del sito di meteosvizzera.



Figura 4.6: Cane poliziotto, la DJ Nina Kraviz, Lara Gut e Roger Federer (fonte: Buda Mendes, Deepskyobject, Pierre Schwaller (lyoba.ch), Tennis streaming=)

Sole cocente, sudorazione eccessiva, notti insonni, piscine sovraffollate e forte domanda nelle gelaterie: ondate di calore come nelle due ultime estati (2018, 2019) sono per alcuni l'essenza stessa dell'estate, per altri tuttavia insopportabili e un pericolo per la salute. Le ondate di calore vengono in maniera generale definite come: "periodi lunghi (di almeno 5 giorni) con temperature alte non abituali (almeno 30°C) e notti tropicali". Non esiste una definizione riconosciuta in modo generale di questo concetto. In effetti, quello che in alcune regioni è percepito come condizione meteorologica normale in altre è considerato un'ondata di calore.

Esercizio 4.4

- Con l'aiuto della letteratura scientifica e del sito dell'[ufficio federale per la salute](#), in un gruppo di 4 ricerca i pericoli delle ondate di calore per l'essere umano e l'ambiente in Svizzera e le regole per evitare i problemi posti.
- Rappresenta i risultati della ricerca in una mappa mentale.
- Quali gruppi di persone sono maggiormente toccati dalle ondate di calore? Motiva le tue supposizioni e verificale con la tua cerchia di conoscenze (Parenti, amici, ecc...)

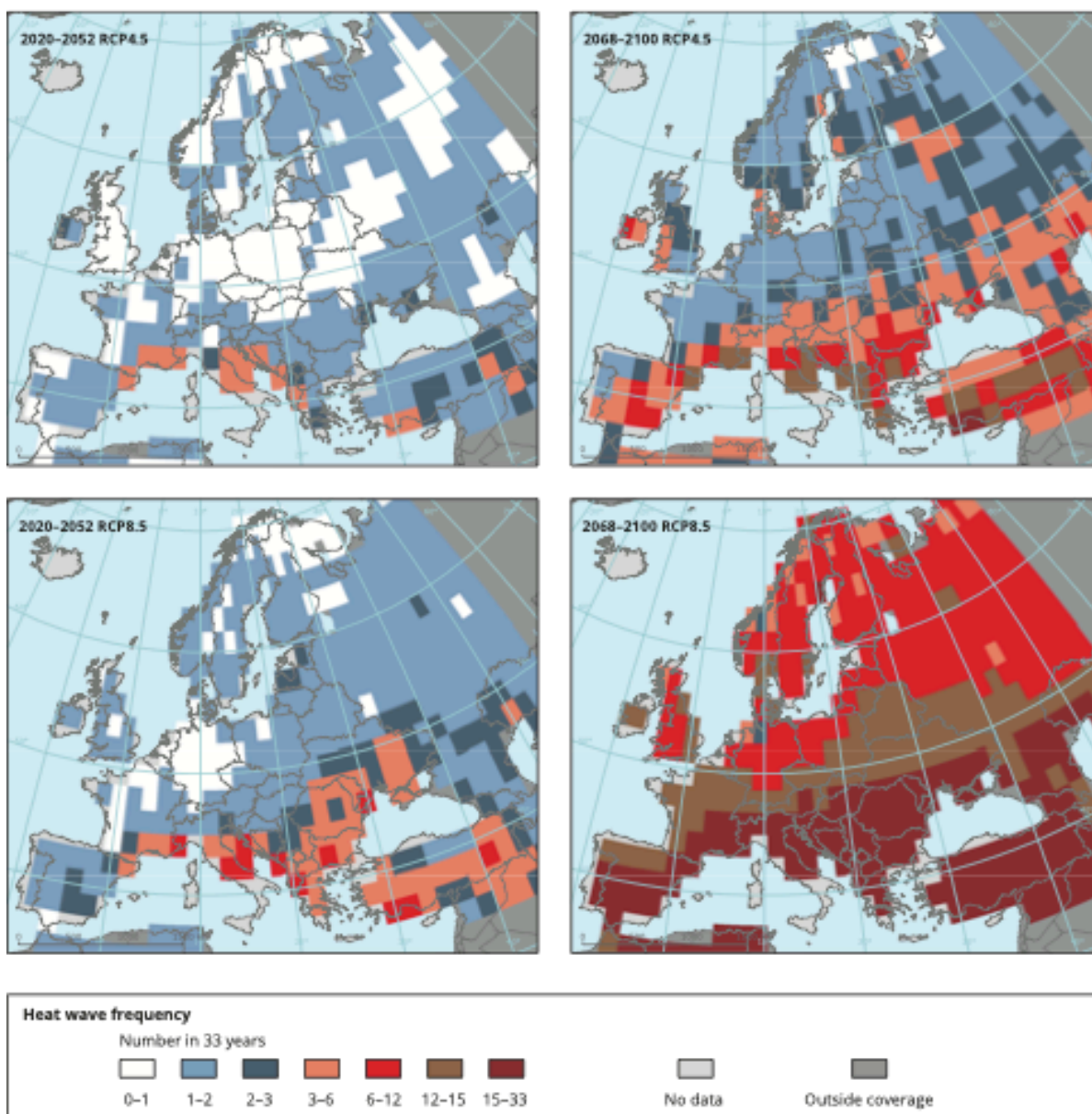


Figura 4.7: Numero di ondate di calore estreme negli anni futuri secondo due scenari climatici (fonte [European Environment Agency](#), ultima consultazione della pagina 10 settembre 2019)

5. Politica integrale del clima

5.1. Introduzione

Esercizio 5.1

- Con l'aiuto delle figure 5.1 e 5.2 verifica e differenzia il quadro d'insieme delle misure volte a ridurre il cambiamento climatico o ad adattarvisi proposte come risposta alla domanda e dell'esercizio 1.1.
- Con l'aiuto della letteratura scientifica chiarisci eventuali difficoltà di comprensione o incertezze sul modo d'agire delle singole misure illustrate nella figura 5.1.



1. Tetti e facciate verdi (A, M)	11. Abitazioni efficienti dal punto di vista energetico (A, M)	Misure non direttamente rappresentabili: Sequestro di CO ₂ (M) Legislazione (A, M) Formazione, comunicazione Adattamento tecnico (A) Adattamento dello stile di vita (p. es. idratazione, migrazione)
2. Imboschimento (M)	12. Fertilizzazione con ferro degli oceani (M)	
3. Rinverdimento/irrigazione di deserti (A, M)	13. Formazione di nuvole sopra il mare (A, M)	
4. Piante utili modificate geneticamente (A, M)	14. Trazione a vela per navi d'alto mare (M)	
5. Incremento dei mezzi di trasporto pubblici e del treno (M)	15. Aerei solari/aerei più piccoli (M)	
6. Auto elettriche (M)	16. Copertura dei ghiacciai (A)	
7. Uso della bicicletta (M)	17. Parasole/specchio nello spazio (A, M)	
8. Tempo libero e vacanze in zone di villeggiatura vicine (A, M)	18. Ridurre o abolire l'estrazione di fonti energetiche fossili (M)	
9. Energie rinnovabili (eolica, idroelettrica, solare) (M)	19. Isole nell'oceano (deviazione/spostamento/migrazione) (A)	
10. Protezione dalle alluvioni/paratie/ dighe (A)		

Figura 5.1: Misure contro i cambiamenti climatici (A=adattamento; M=mitigazione) (fonte: realizzazione interna al progetto CCESO II, disegno di Michelle Walz 2019)

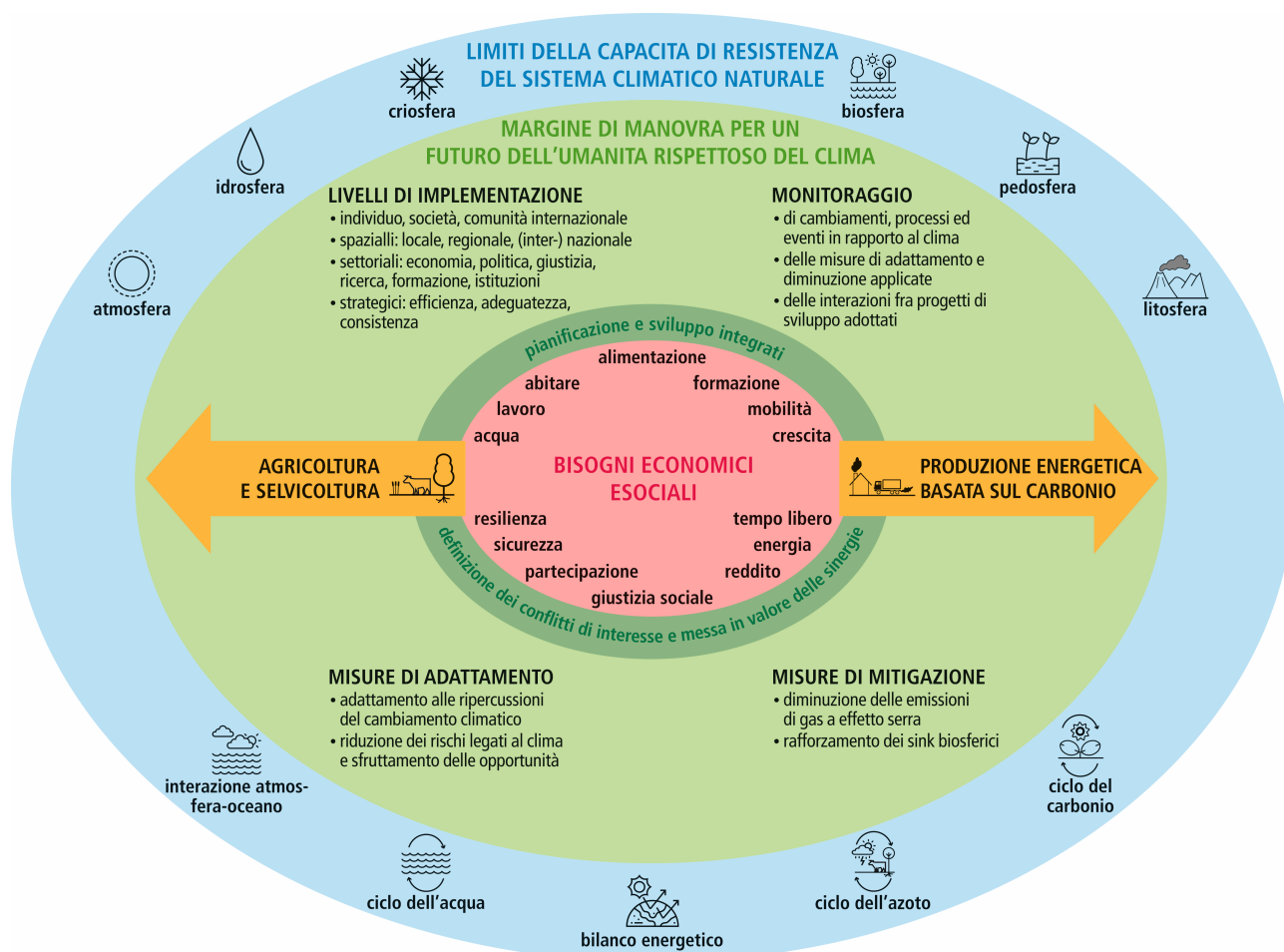


Figura 5.2: Politica integrale del clima (fonte: Progetto CCESO, 2019)

Una **politica integrale del clima** ha l'obiettivo di soddisfare alla domanda di energia dell'umanità, in modo che i bisogni economici e sociali (cerchio interno della figura 5.2) non oltrepassino i limiti della capacità di resistenza del sistema climatico naturale (cerchio esterno) e da assicurare uno spazio vitale rispettoso del clima per il futuro dell'umanità (cerchio di mezzo). La politica integrale del clima si basa su una presa di coscienza olistica delle cause e delle conseguenze del cambiamento climatico. La politica climatica è integrale se:

- tiene conto di tutti gli ambiti del sistema climatico (cerchio esterno) e dei bisogni sociali ed economici (cerchio interno);
- promuove, sulla base di un monitoraggio dei cambiamenti dovuti al clima e socio-economici, strategie e misure per un futuro dell'umanità rispettoso del clima;
- comprende tutte le misure di adattamento e di mitigazione;
- coinvolge i diversi attori nella negoziazione delle misure, in modo da determinare gli obiettivi contraddittori e favorire le sinergie;
- considera le tre dimensioni della sostenibilità (ambiente, società ed economia);
- sostiene e realizza misure su diversi piani di implementazione (spaziali, settoriali e strategici)





Con il termine **mitigazione** l'IPCC indica tutte le misure che promuovono una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (p. es. aumento dell'efficienza energetica, sviluppo di energie rinnovabili, ...) o un assorbimento del CO₂ tramite cosiddetti serbatoi (p. es. forestazione). Con il termine **adattamento** l'IPCC indica le iniziative e le misure che riducono la sensibilità dei sistemi naturali e umani rispetto agli effetti del cambiamento climatico. Fra queste si possono annoverare l'introduzione di piante più resistenti a forti sbalzi di

temperatura.

Le misure di mitigazione e di adattamento sono complementari, per cui un aumento delle misure di mitigazione adottate, comporta una diminuzione di quelle di adattamento. Le diverse misure possono essere classificate nelle seguenti categorie (vedi "Geografie. Wissen und verstehen", 2016 pp. 355-359):

- misure economiche volontarie: label, certificazioni, accordi di settore;
- misure giuridiche: prescrizioni, divieti;
- misure politiche: pianificazione del territorio, gestione dei rischi causati dai pericoli naturali, formazione, salute, lavoro;
- misure pianificatorie: addensamento, mescolanza sociale, qualità di vita, mobilità;
- misure dell'economia di mercato: commercio di emissioni, tasse di incentivazione, riforma fiscale in ottica ecologica;
- misure tecniche: uso efficiente di fonti energetiche e risorse.

Soluzioni di adattamento o di mitigazione delle conseguenze climatiche possono essere implementate a diversi livelli. Se la rinuncia a mangiare carne o a spostarsi con l'aereo si situa sul piano individuale, le discussioni su modifiche legislative o sulla firma di trattati si giocano soprattutto sul piano nazionale, internazionale e persino globale. La politica integrale del clima richiede attività a tutti i livelli di implementazione: individuale, sociale, come locale, regionale, nazionale e globale. La negoziazione e l'implementazione di misure di politica climatica a livello nazionale o globale provocano processi di apprendimento, che portano alla sensibilizzazione degli attori a scala locale (top-down). D'altra parte gli individui e la società sviluppano valori, norme e atteggiamenti sul piano locale e regionale, che possono portare ad agire sul piano nazionale e internazionale (bottom up).

Individuo	Società		
Piano locale	Piano locale	Piano regionale e nazionale	Piano internazionale
Etico, normativo	Normativo, politico, strategico		
Riflettere sui valori e agire di conseguenza	Discutere e concordare i valori	Dibattere leggi, definirle e implementarle	Negoziare strategie e obiettivi
			
Come voglio agire?	Come vogliamo agire?	Quali azioni sono per noi vincolanti?	Come vogliamo agire in futuro?

bottom up

top down

Figura 5.3: Piani di implementazione di misure di politica climatica (adattamento e traduzione personale da Geografie. Wissen und verstehen 2019, S, 347)

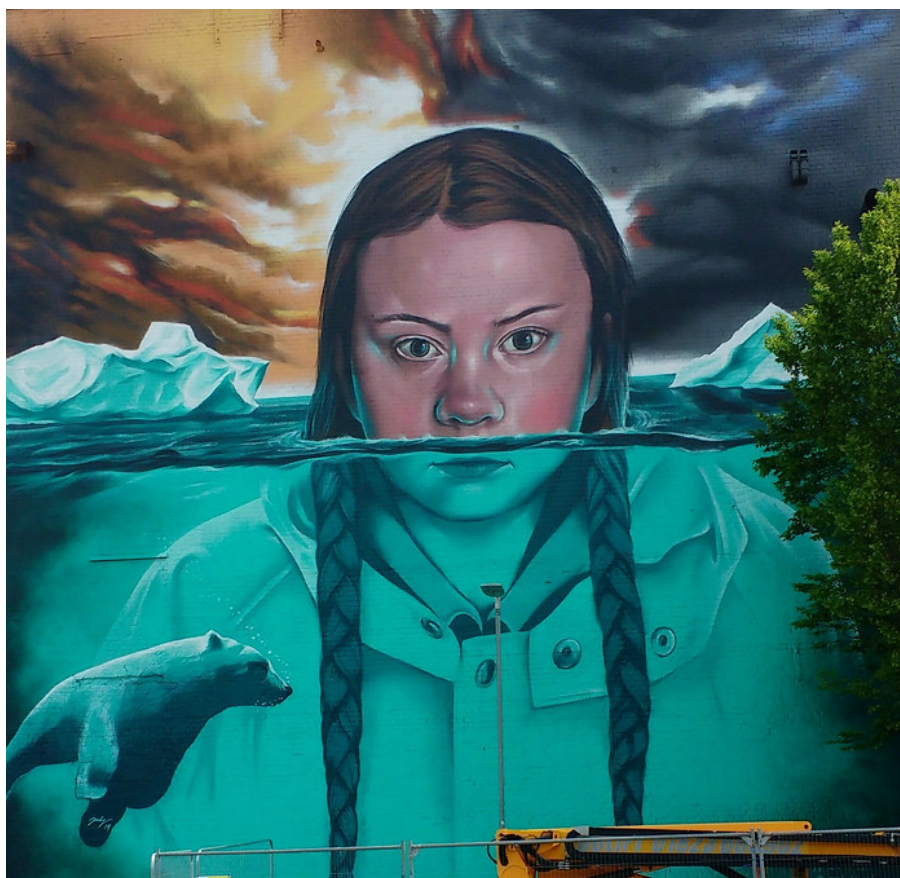


Figura 5.4: Murales raffigurante Greta Thunberg a Bristol (fonte Nicksarebi)

Esercizio 5.2

Consulta i media indicati e rispondi alle seguenti domande:

- Costi per danni provocati dalle emissioni di gas a effetto serra:
Com'è possibile che voli verso Palma de Mallorca possano essere comprati per 29 CHF, sebbene gli aeroplani provochino alti costi per danni al clima? Compila una lista di motivi che possono spiegare questa situazione.
- Livelli di implementazione di misure di politica climatica in Svizzera:
Per ognuno dei quattro piani di implementazione (fig. 5.3) indica degli esempi concreti di politiche climatiche.

Media per l'esercizio

- Servizio del [telegiornale](#) del 01.09.2016 sulla nuova politica climatica della Confederazione.
- Servizio del [radiogiornale](#) del 13.08.2019 sulla messa in pratica delle politiche edili in Svizzera.

5.2. La politica climatica della Svizzera

La politica climatica della Svizzera è stata definita negli ultimi vent'anni da diversi attori della politica, dell'economia e di associazioni di interesse, ed è costituita oggi da **misure di mitigazione, di adattamento e di sviluppo sostenibile**. In questo modo si è formato un mix di misure (efficienti a detta del Consiglio Federale) che deve essere implementato il più possibile a livello nazionale, per quanto possano essere sviluppate anche misure singole.

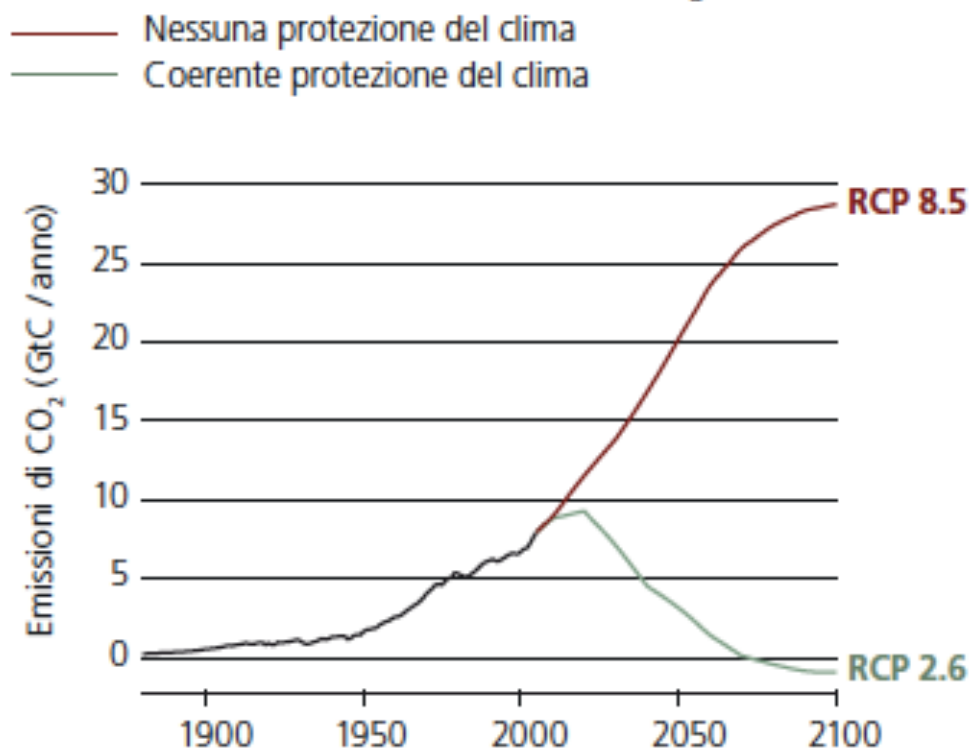


Figura 5.5: Produzione netta di CO₂ proveniente fonti fossili e industriali a livello mondiale (fonte: scenari climatici CH2018)

Le misure prevalentemente affrontano le tre sfide seguenti connesse al clima:

- diminuire il ricavo di energia da fonti basate sul carbonio nella fabbricazione di prodotti, nelle infrastrutture (riscaldamento, raffreddamento) e nel traffico;
- fronteggiare l'aumento di domanda energetica relativamente allo stile di vita, al consumo e alla crescita demografica;
- fronteggiare la diminuzione di serbatoi di CO₂, per esempio con misure contro il disboscamento delle foreste tropicali (da: "Coup de projecteur sur le climat Suisse").

Quali sono le conseguenze di un ulteriore aumento delle emissioni di gas a effetto serra, e quale effetto ci si attende da una loro diminuzione? Queste domande trovano risposta unicamente con simulazioni al computer. Gli scenari climatici per la Svizzera CH2018 valutano gli effetti di due situazioni estreme (figure 5.5 e 5.6)

Nessuna protezione del clima (RCP 8.5): Le misure di protezione del clima non vengono adottate. Malgrado il progresso tecnologico le emissioni a effetto climatico aumentano notevolmente e di conseguenza si accentua la deregolamentazione climatica.

Protezione del clima coerente (RCP 2.6): con una riduzione immediata delle emissioni, la riduzione della concentrazione di gas a effetto serra nell'atmosfera diverrà effettiva solo in circa 20 anni. Sarà così possibile raggiungere gli obiettivi dell'accordo di Parigi e ridurre a 2°C l'aumento di temperatura rispetto al periodo pre-industriale.

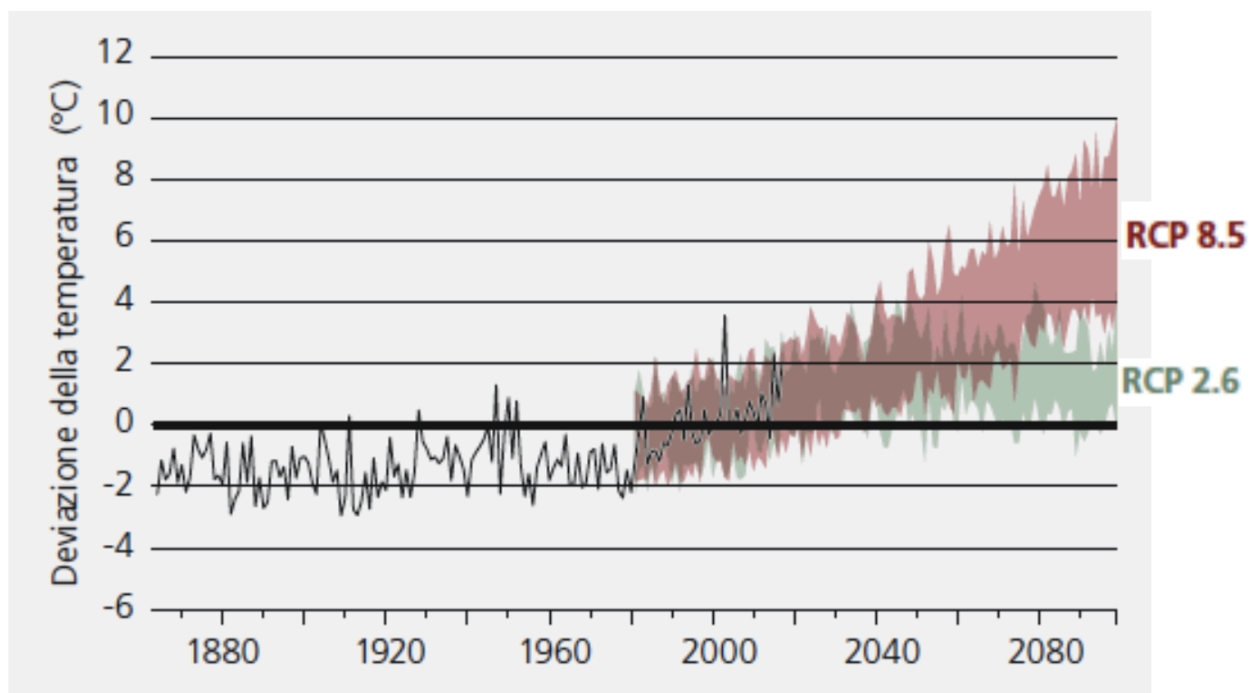


Figura 5.6: Temperature medie in Svizzera dal 1864 al 2099, deviazione della media svizzera dal 1981-2010 (fonte: scenari climatici CH2018)

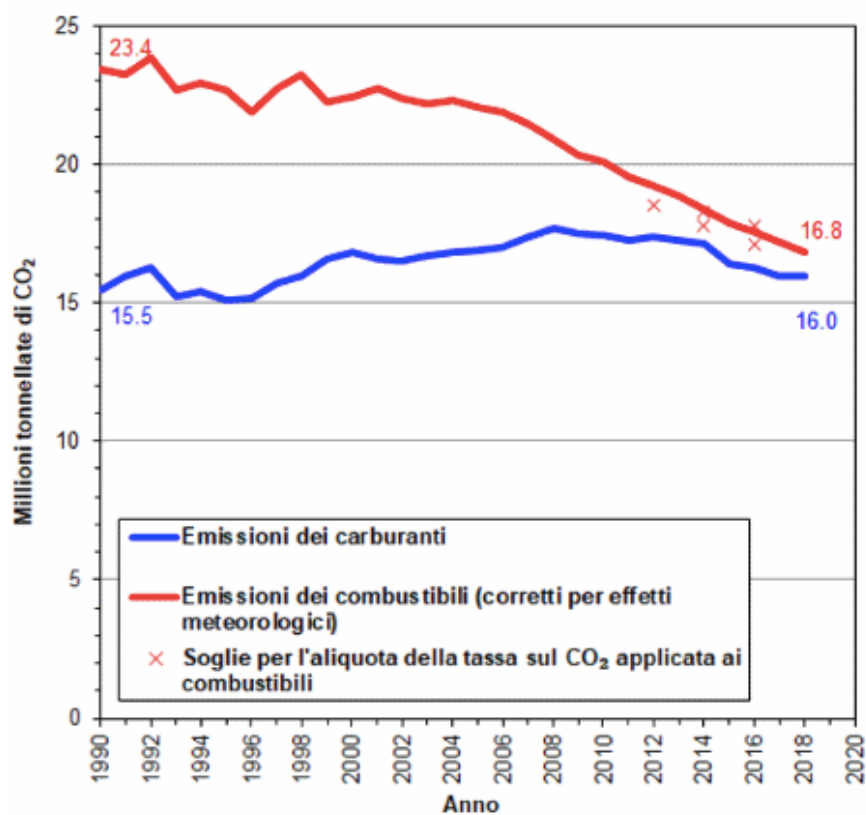


Figura 5.7: Evoluzione delle emissioni di CO₂ provenienti dai combustibili e carburanti in base alla legge sul CO₂ (1990-2018). (fonte: [ufficio federale dell'ambiente](http://www.umw.admin.ch) ultima consultazione 11.09.2019)

Le emissioni di CO₂ provenienti dai combustibili (rosso) sono corrette in base alle condizioni meteorologiche. Le croci rosse indicano le soglie oltre le quali l'aliquota della tassa sul CO₂ applicata ai combustibili aumenta automaticamente. Le emissioni provenienti dai carburanti (blu) devono venire parzialmente compensate.

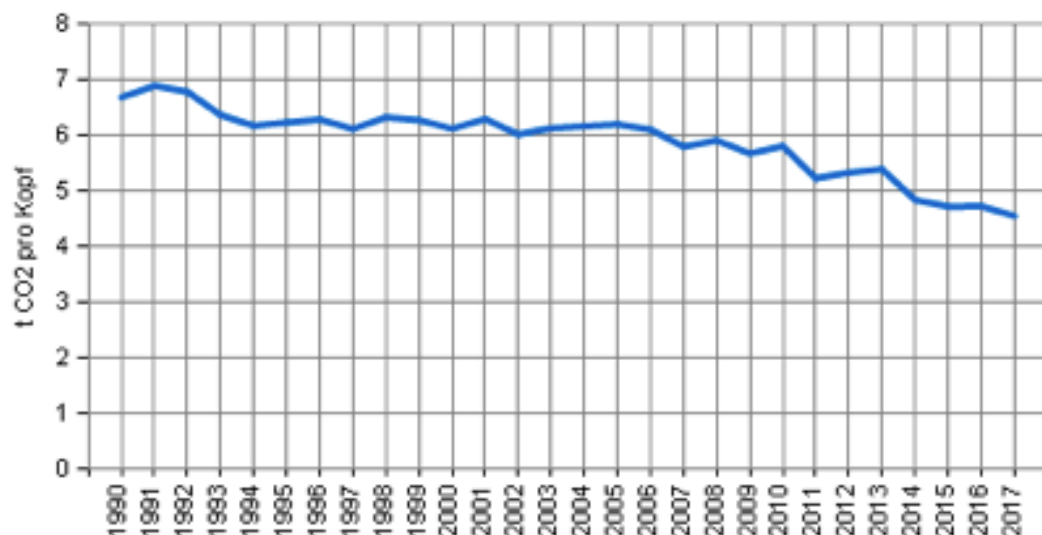


Figura 5.8: Emissioni di CO₂ pro capite (1990-2017) in Svizzera (fonte: [ufficio federale dell'ambiente](#) ultima consultazione 11.09.2019)

Esercizio 5.3

Politica del clima della Svizzera

- a. Assegna le misure di politica climatica della Svizzera agli aspetti di una politica climatica integrale (fig. 5.2) e valuta quindi la politica climatica del nostro paese.

Media per l'esercizio

- Servizio [del telegiornale](#) del 7.11.2016 sui cambiamenti climatici in Svizzera
- [Video](#) introduttivo del National Centre from Climate Services NCCS
- Pagina del sito dell'ufficio federale dell'ambiente sull'[adattamento climatico](#) (ultima consultazione 11.09.2019)
- [Office fédéral de l'environnement](#), 2017: Comment la Suisse peut-elle s'adapter aux changements climatiques? (8:16 minuti)
- Brennpunkt Klima Schweiz i capitoli "Minderungsziele in der ersten und zweiten Verpflichtungsperiode" (pp. 194-195), "Minderungsmaßnahmen bis 2020" (pp. 195-196) "Ausblick auf die Zeit nach 2020" (p. 197))
- Coup de projecteur sur le climat suisse i capitoli "Objectifs de réduction de la première et de la deuxième période d'engagement" (pp. 194-197), "Mésures de réduction à l'horizon 2020" (pp.195-196), "Perspectives pour la période après 2020" (p. 197)

6. Sintesi

6.1. La mia città: un punto focale del cambiamento climatico

Esercizio 6.1

Politica del clima della Svizzera

- a. Le conseguenze del cambiamento climatico mettono le città e i loro abitanti di fronte a importanti sfide, ma esattamente, quanto influisce il cambiamento climatico su una città e sulla vita? Indicate le conseguenze del cambiamento climatico sugli spazi urbani con l'aiuto delle sfere definite nel capitolo 2 alla pagina 4.
- b. Verifica e completa le tue considerazioni con l'aiuto delle informazioni contenute nel documento dell'[agenzia europea per l'ambiente](#) (ultima consultazione 11.09.2019).

a. Conseguenze per l'atmosfera:

Conseguenze per la biosfera:

Conseguenze per l'idrosfera:

Conseguenze per la criosfera:

Conseguenze per la pedosfera e la litosfera:

Conseguenze per l'antroposfera:

Esercizio 6.2

Isole di surriscaldamento urbane – una sfida per lo sviluppo delle città

- a. Perché le città giocano un ruolo particolare in rapporto con il cambiamento climatico? Argomenta sia sotto il punto di vista delle conseguenze sia sotto quello delle cause.
- b. In gruppi di due sviluppa dei tentativi di spiegazione per il fenomeno illustrato nella figura 6.1. Verifica le tue supposizioni sulla base [dell'articolo](#) Riscaldamento urbano e isole di calore, le strategie di mitigazione.

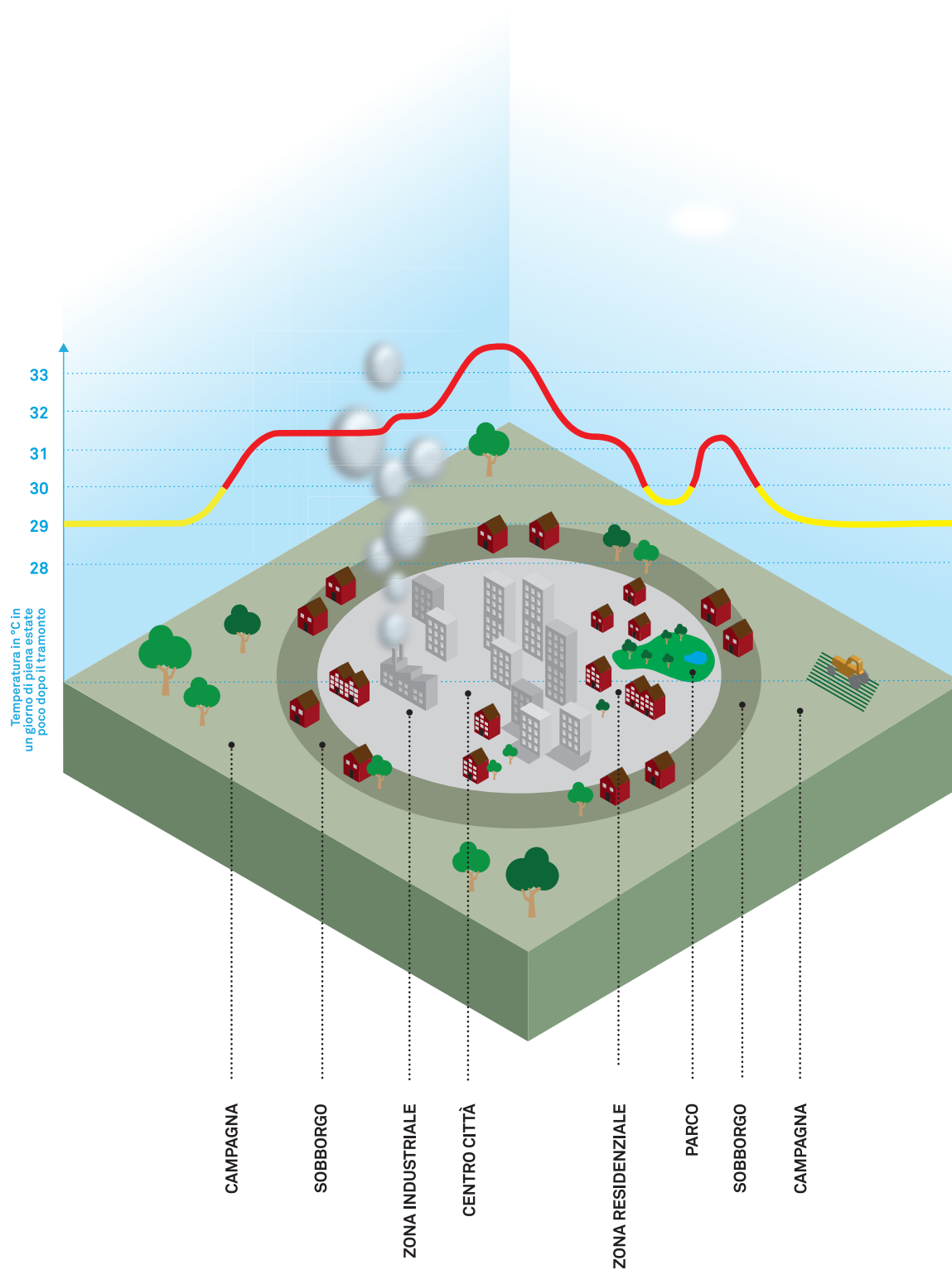


Figura 6.1: Modello del comportamento della temperatura in una città e nei suoi dintorni in un caldo giorno estivo poco dopo il tramonto (fonte: Progetto CCESO, 2019)

Esercizio 6.3

- a. Come si può contrastare il problema del carico termico urbano nella tua città? In un lavoro a gruppi prepara una mappa mentale su possibili misure da adottare a diversi livelli di implementazione nel senso di una politica del clima integrale.
- b. Confronta e discuti i risultati del tuo lavori con il resto della classe.

Media per l'elaborazione del materiale di lavoro.

- Documento dell'[agenzia europea](#) dell'ambiente sul riscaldamento climatico urbano (ultima consultazione 11.09.2019)
- [Articolo](#) sul riscaldamento climatico urbano

Riferimenti alla pubblicazione Brennpunkt Klima Schweiz/ Coup de projecteur sur le climat suisse

• Herausforderungen für die Schweiz S. 124-125	• Les défis pour la Suisse pp. 124-125
• Urbaner Raum: S. 126-128	• L'espace urbain pp. 126-128
• Gesundheit: S. 132-135	• Santé pp. 132-135

7. Allegati: letteratura scientifica (online)

I) Fondamento

- [Rapporto dell'IPCC](#) (ultima consultazione 11.09.2019)
 - Editore: Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat), ca. 830 scienziate e scienziati come coautrici e coautori
 - Fondamenti scientifici del cambiamento climatico
- [Cambiamenti climatici globali?](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: Meteo Svizzera
 - Fondamenti scientifici del cambiamento climatico
- [Il cambiamento climatico un pericolo naturale?](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: Planat piattaforma sui pericoli naturali istituita dal Consiglio Federale nel 1997.
 - Relazioni fra cambiamento climatico e pericoli naturali in generale

II) Focus sulla Svizzera

- [Brennpunkt Klima Schweiz: Grundlagen Folgen und Perspektiven](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
- [Coup de projecteur sur le climat suisse: état des lieux et perspectives](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: Accademia delle scienze naturali (SCNAT/Proclim), 70 scienziate/i svizzere/i
 - Basi delle cause, conseguenze e misure locali/regionali/nazionali
 - Focus sulla Svizzera del passato e del futuro sulla base del rapporto dell'IPCC
- [I cambiamenti climatici in Svizzera](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: Ufficio federale della meteorologia e della climatologia (MeteoSvizzera)
 - Misurazioni e realizzazioni relative al cambiamento climatico in Svizzera.
 - Focus sull'atmosfera e la biosfera
- [Arresto e gestione dei cambiamenti climatici](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: Ufficio federale dell'ambiente.
 - Dati e realizzazioni sui fondamenti e le conseguenze innanzitutto sulla politica climatica in Svizzera
- [Portale sul clima](#) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: Forum della SCNAT su clima e mutamento ambientale globale, organo di riferimento per questioni legate ai cambiamenti climatici (OcCC), UFAM, MeteoSvizzera
 - Stato attuale delle conoscenze e contenuti sul tema del cambiamento climatico e ambiente, ordinato per temi, pensato per un largo pubblico, contiene notizie
- [Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht](#) (2014) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: MeteoSchweiz su mandato del UFAM
 - Indicatori e conseguenze del cambiamento climatico raggruppati per regione geomorfologica della Svizzera e basati sugli scenari climatici CH2011
- [Swiss Climate Change Scenarios CH2018](#) (2018) (ultima consultazione 11.09.2019).
 - Editore: MeteoSvizzera, Politecnico Federale di Zurigo, National Centre of Competence in Research (NCCR): Climate, OcCC
 - Riassunto di scenari climatici per la Svizzera basati su studi scientifici e il rapporto dell'IPCC