

ZANICHELLI

Valitutti, Taddei, Maga, Macario

Carbonio, metabolismo, biotech

**Biochimica, biotecnologie
e tettonica delle placche**

con elementi di chimica organica

ZANICHELLI

Capitolo T3

La dinamica
dell'atmosfera:
meteorologia e clima

ZANICHELLI

Sommario

1. La composizione dell'atmosfera terrestre
2. Le condizioni atmosferiche e la meteorologia
3. La temperatura dell'aria
4. L'umidità assoluta e l'umidità relativa dell'aria
5. Il ciclo idrologico
6. La condensazione del vapore acqueo
7. Le carte del tempo
8. I venti
9. I venti planetari
10. Le aree cicloniche e le aree anticicloniche
11. La circolazione nella alta troposfera
12. Le perturbazioni atmosferiche

Sommario

- 13. Le previsioni del tempo
- 14. Il bilancio radiativo e il bilancio termico terrestre
- 15. Il clima globale
- 16. I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

La composizione dell'atmosfera terrestre

L'**atmosfera terrestre** è una pellicola gassosa che avvolge il pianeta e ha uno spessore massimo pari a circa un terzo del raggio terrestre.

Funzioni dell'atmosfera:

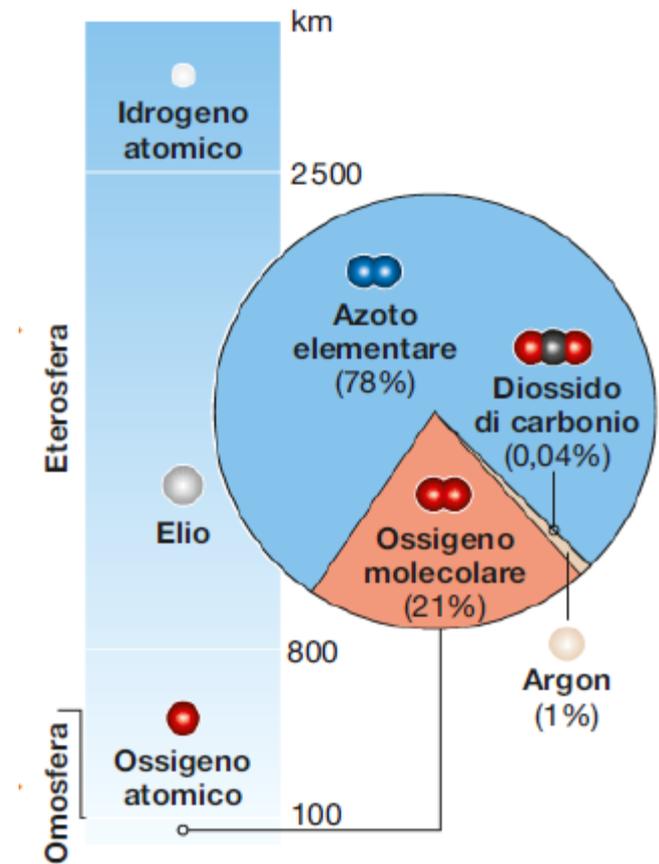
- contiene i gas utilizzati dagli organismi nei processi vitali
- permette il passaggio delle radiazioni luminose
- blocca le radiazioni più energetiche in entrata
- blocca le radiazioni termiche in uscita



La composizione dell'atmosfera terrestre

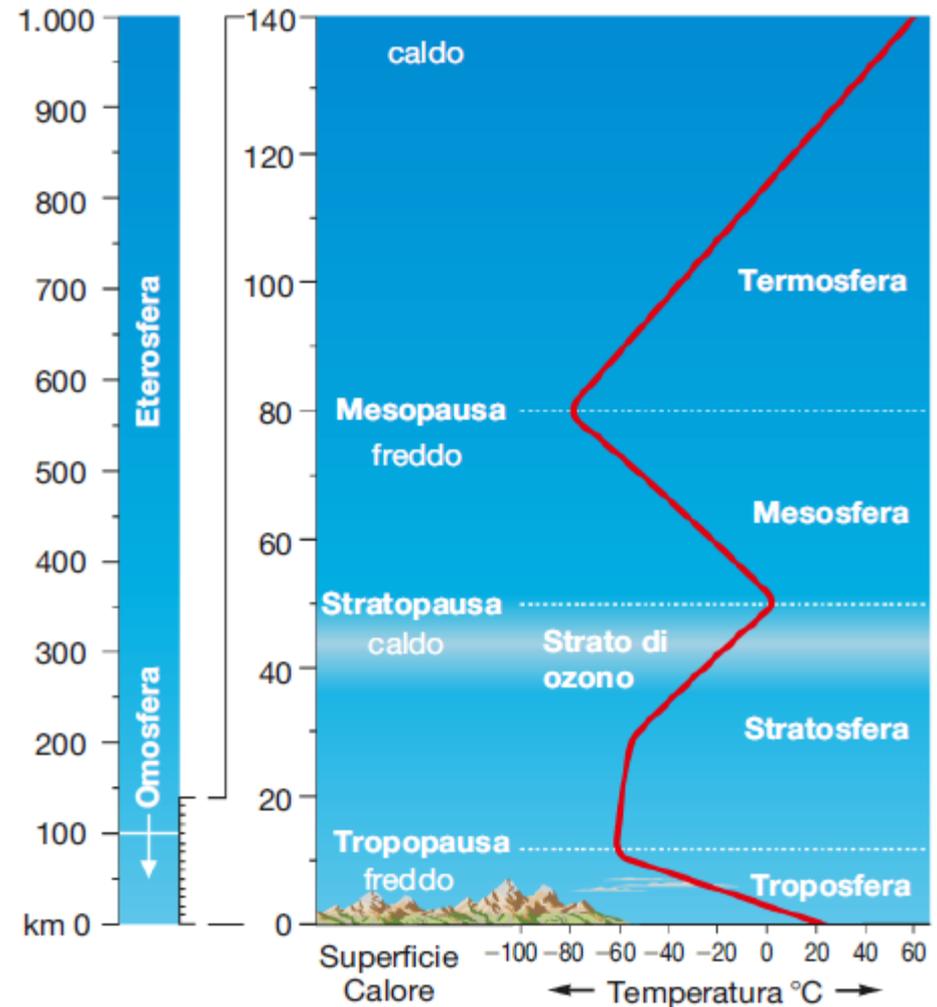
L'atmosfera terrestre è suddivisa in:

- **bassa atmosfera (o omosfera)**
si estende dalla superficie a 100 km di altitudine;
composizione N_2 , O_2 , Ar, CO_2
- **alta atmosfera (o eterosfera)**
si estende da 100 a 2500 km di altitudine;
composizione variabile e sempre più rarefatta



La composizione dell'atmosfera terrestre

- La bassa e l'alta atmosfera sono suddivise in strati concentrici detti **sfere**, separate da zone di discontinuità o **pause**
- La divisione delle sfere è stabilita dall'andamento della temperatura



Le condizioni atmosferiche e la meteorologia

La **meteorologia** studia e cerca di prevedere le condizioni atmosferiche in una data località e in un certo momento.

Le condizioni atmosferiche dipendono dalle caratteristiche fisiche delle **masse d'aria** coinvolte:

- temperatura
- pressione
- umidità

Le masse d'aria sono grandi volumi di aria, con dimensioni orizzontali dell'ordine di qualche migliaio di chilometri.

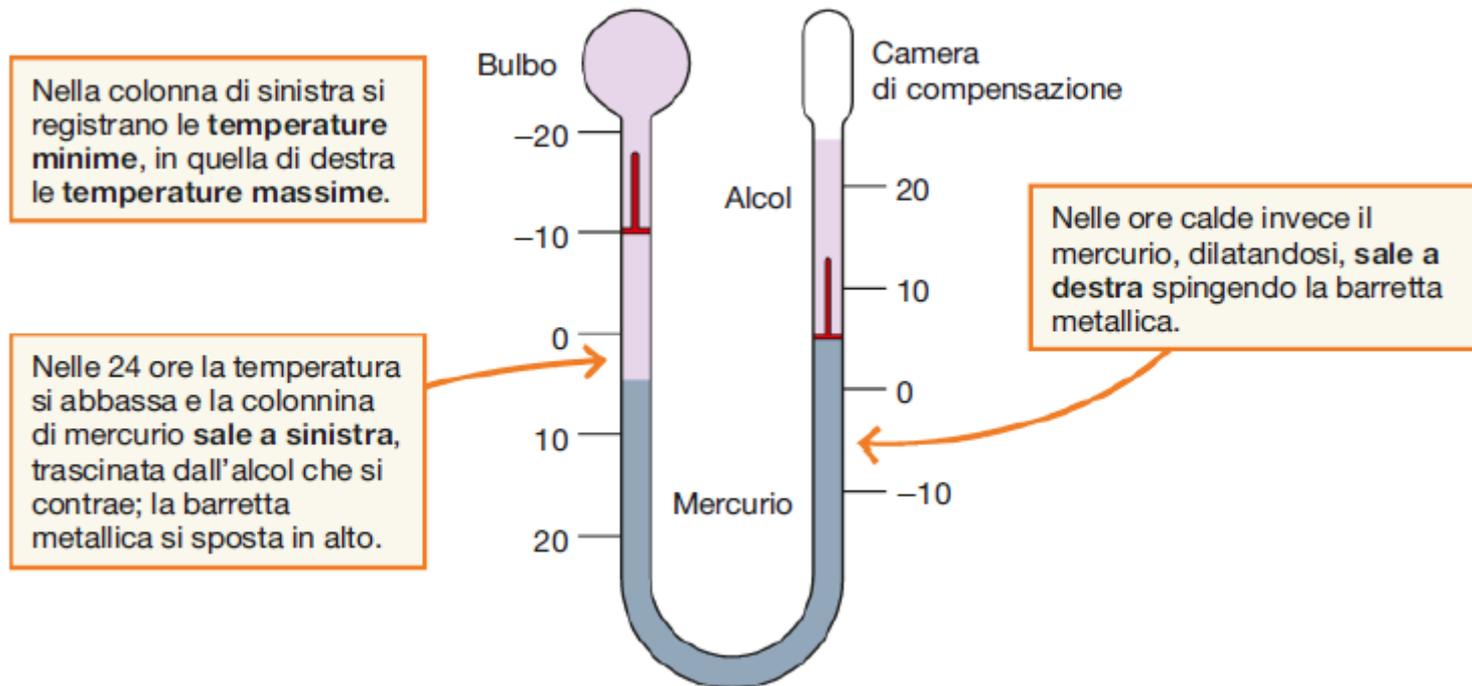
Le condizioni atmosferiche e la meteorologia

L'aria esercita una **pressione**:

- al livello del mare, alla temperatura di 20 °C, 1 m³ d'aria ha una massa di 1,293 kg → 1 kg / cm² di superficie
- si misura in pascal (1 N/m²) e in **ettopascal** (hPa)
- **diminuisce** a mano a mano che aumenta l'altitudine (gradiente barico verticale)
- **diminuisce** se aumenta la temperatura
- **diminuisce** se l'aria è umida

La temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria al suolo, misurata in gradi Celsius, è registrata da **termometri a massima e minima** che permettono di valutare le variazioni nelle 24 ore.



La temperatura dell'aria

- L'**escursione termica diurna** è la differenza tra la temperatura massima e la minima
- La **temperatura media diurna** si calcola come metà della somma tra temperatura massima e temperatura minima
- La **temperatura media mensile** è la media delle temperature medie diurne registrate durante il mese
- L'**escursione termica annua** è data dalla differenza tra la temperatura media del mese più caldo e quella del mese più freddo

La temperatura dell'aria

La temperatura della **troposfera** varia in base a diversi fattori.

- **Variazione in latitudine.** La quantità di radiazione solare diminuisce dall'Equatore verso i poli
- **Variazione in altitudine.** La diminuzione di temperatura con l'altitudine è dovuta all'aumento di energia potenziale gravitazionale delle particelle gassose
- **Variazione in base alla topografia.** La presenza di rilievi e masse d'acqua e l'esposizione dei versanti influenzano la temperatura di una località

La temperatura dell'aria

La temperatura della **troposfera** varia in base a diversi fattori.

- **Le inversioni termiche.** Durante le giornate invernali fredde e serene, in assenza di vento, si può assistere in quota alla presenza di **inversioni termiche** causate dal raffreddamento veloce del suolo durante la notte.

L'aria fredda ristagna in basso, mentre sopra si stratifica aria più calda.

Al contatto tra le due masse il vapore acqueo condensa e si originano nebbie o nubi basse e stratificate



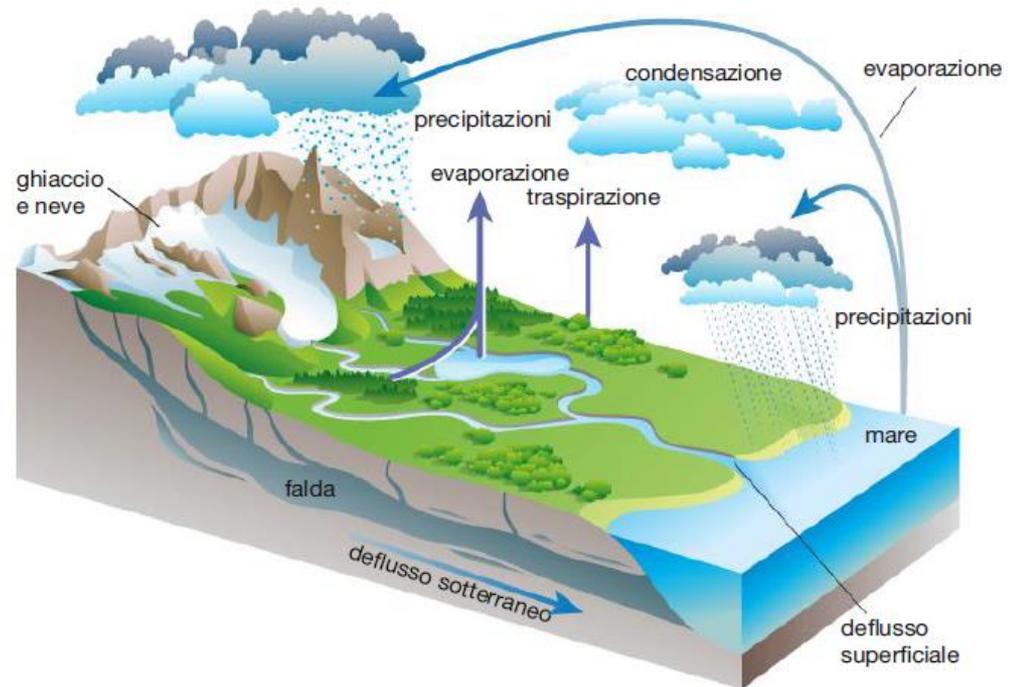
L'umidità assoluta e l'umidità relativa dell'aria

- Si definisce **umidità assoluta** la quantità di vapore acqueo espressa in grammi contenuta in 1 m^3 d'aria
- Il **punto di rugiada** è la temperatura alla quale in un volume unitario di aria avviene la saturazione del vapore, e comincia la condensazione
- L'**umidità relativa** è il rapporto tra la quantità di vapore effettivamente presente in un volume d'aria di riferimento (per esempio 1 m^3) e quello massimo ideale che tale volume d'aria potrebbe contenere al punto di rugiada. Si esprime in percentuale.

Il ciclo idrologico

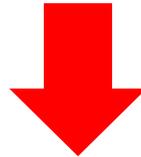
Attraverso il **ciclo idrologico** l'acqua attraversa tutte le sfere terrestri, cambiando stato fisico e trasferendo calore latente.

- Energia dei tratti ascendenti:
Sole e calore interno della Terra
- Energia dei tratti discendenti:
forza di gravità terrestre



La condensazione del vapore acqueo

La condensazione del vapore può avvenire grazie a minuscole particelle solide sospese nell'aria



nuclei di condensazione

Il raffreddamento di una massa d'aria può avvenire in diversi modi:

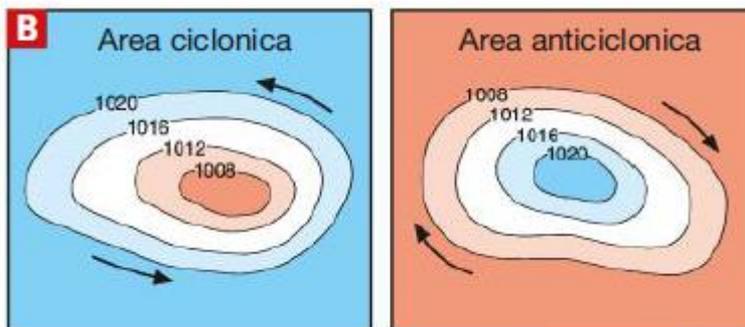
- per **irraggiamento** (perdita di calore)
- per **contatto** con superfici fredde (avvezione)
- per **aggiunta** di vapore acqueo
- per **mescolanza** con masse d'aria più fredde
- a causa di **movimenti ascensionali**

Le carte del tempo

Sulle carte del tempo sono riportate le **isobare**, isolinee che uniscono punti a uguale pressione **A**.

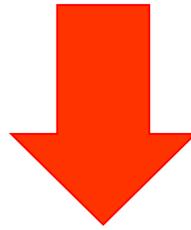
In particolare, si distinguono **B**:

- **aree cicloniche** o di bassa pressione
- **aree anticicloniche** o di alta pressione



I venti

Quando tra due zone limitrofe al suolo si stabilisce una differenza di pressione atmosferica, si genera un **gradiente barico orizzontale**.



Il **vento** è un movimento d'aria che si genera in seguito alla presenza di un gradiente barico.

La **velocità** del vento è tanto più elevata quanto più è alto il gradiente e quanto più vicine sono le zone interessate dal gradiente (isobare più ravvicinate tra loro).

I venti

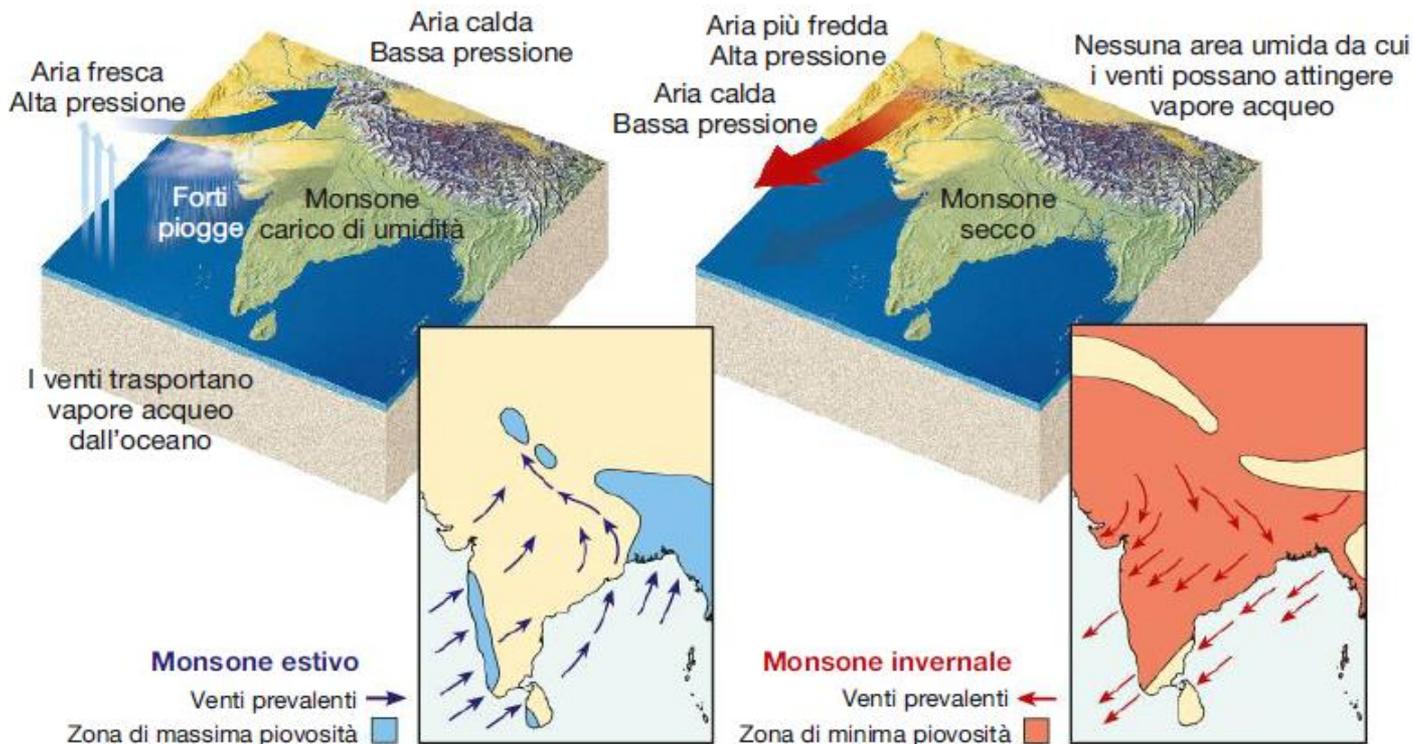
I **venti locali** spirano in conseguenza di differenze di pressione dovute al diverso riscaldamento di zone adiacenti.

Le **brezze** di mare e di terra sono esempi di venti locali.



I venti

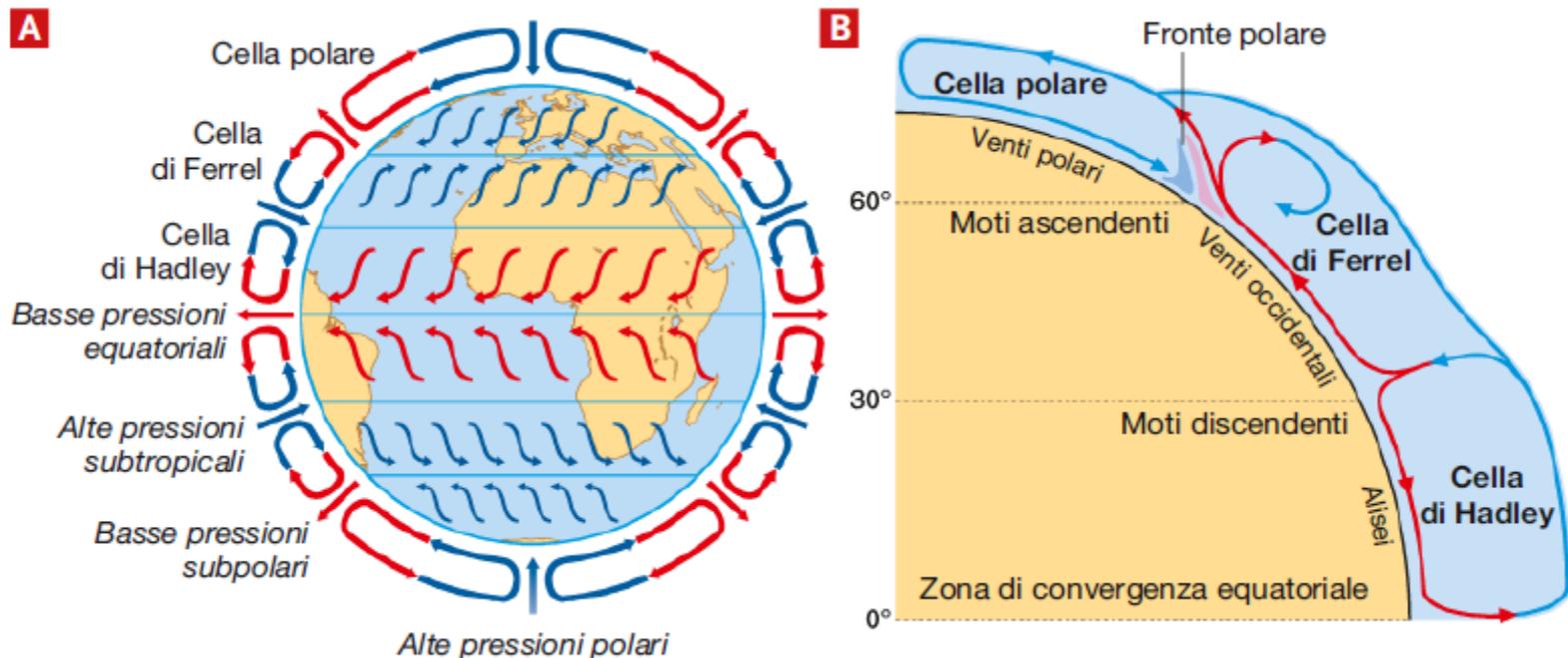
I **venti periodici** spirano con una periodicità regolare durante l'anno. Tra questi i più famosi sono i monsoni, generati dagli stessi tipi di meccanismi delle brezze.



I venti planetari

I **venti planetari** sono suddivisi in fasce latitudinali e spirano costantemente sulla superficie terrestre mantenendo nel tempo direzione costante **A**.

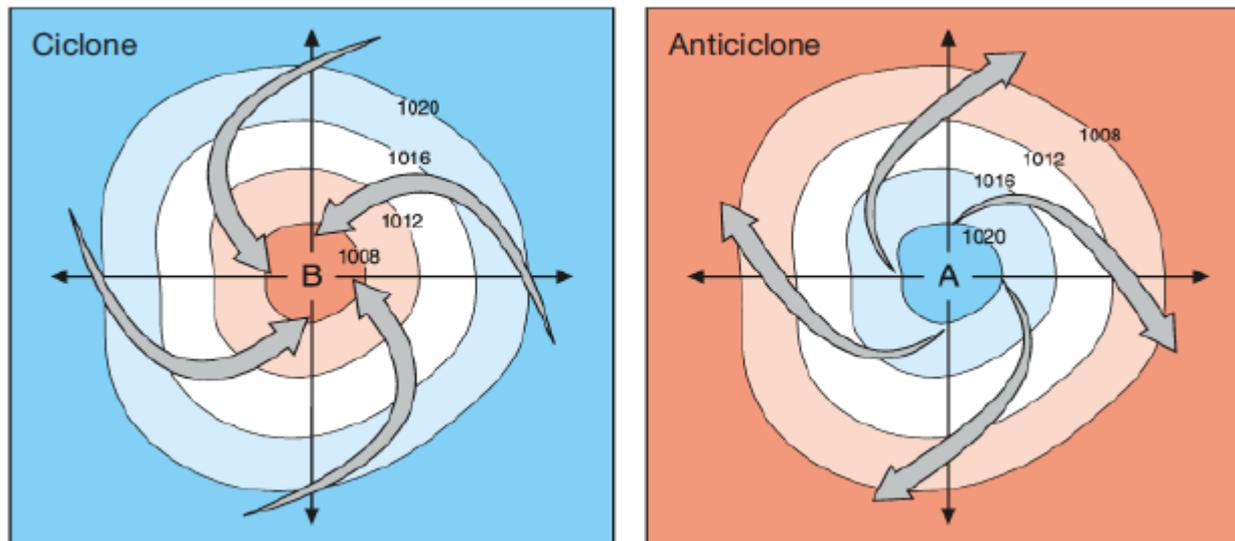
Si basano **su tre sistemi convettivi** in ciascun emisfero **B**.



Le aree cicloniche e le aree anticicloniche

Forza di Coriolis: nelle **aree cicloniche** dell'emisfero settentrionale, l'aria che si sposta secondo gradiente dall'esterno verso l'interno (moto convergente) subisce una deviazione verso sinistra, che imprime all'aria un moto rotatorio di senso antiorario.

Il contrario avviene nelle **aree anticicloniche**.



La circolazione nella alta troposfera

A causa dell'assenza di attrito con la superficie terrestre, **tra 3000 e 5000 m** di altitudine i venti spirano con regolarità e costanza, spinti solo dalle differenze di pressione e deviati dalla forza di Coriolis:

- correnti occidentali (medie latitudini)
- correnti orientali (a cavallo dell'equatore)

Tra 6000 e 9000 m di altitudine, ai limiti con la tropopausa, sono state individuate delle correnti occidentali particolarmente forti, che possono raggiungere i 500 km/h; per questo motivo sono definite **correnti a getto** (jet streams).

Le perturbazioni atmosferiche

Tempo atmosferico (o tempo meteorologico) di una data regione è caratterizzato da elementi:

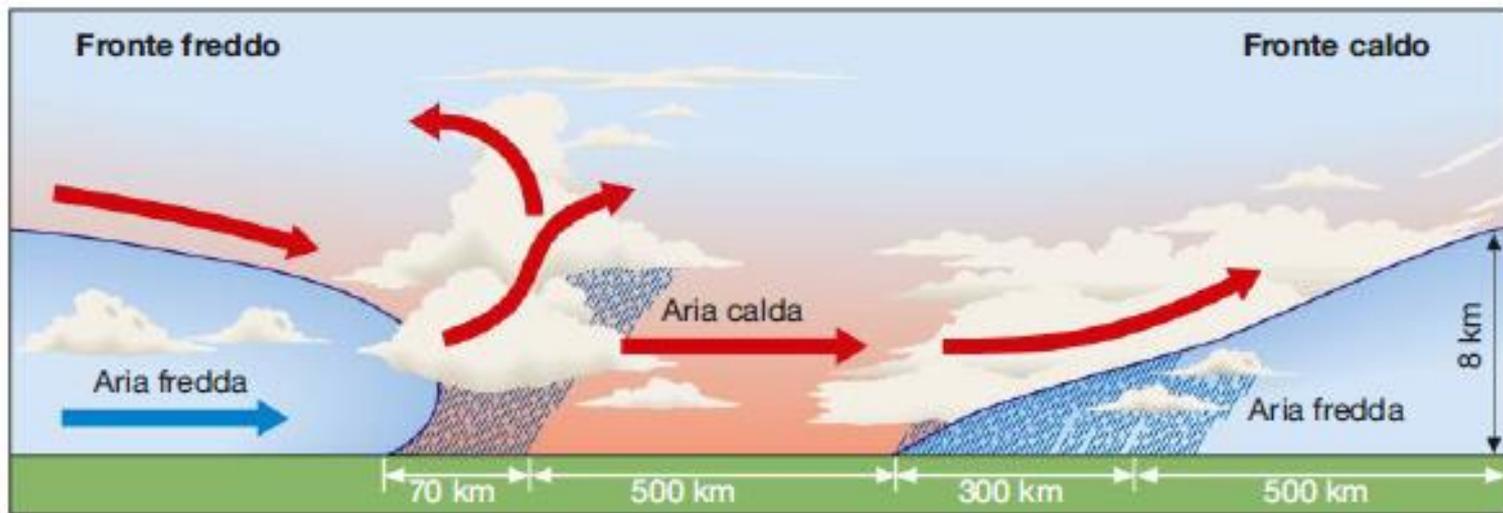
- temperatura
- pressione
- nuvolosità
- vento
- precipitazioni

Dipendono dalle caratteristiche delle masse d'aria e dalle loro interazioni.

Quando due masse d'aria con caratteristiche fisiche diverse entrano in contatto, le superfici che le separano sono dette **fronti**.

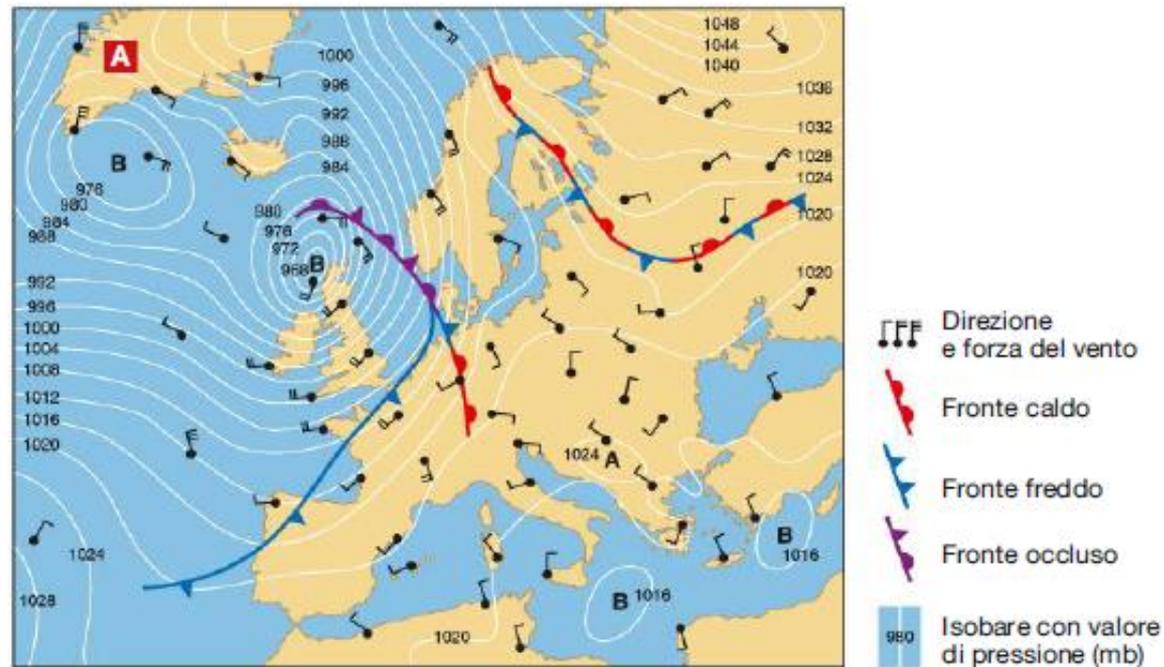
Le perturbazioni atmosferiche

- **Fronte caldo:** superficie di contatto tra una massa d'aria calda che si muove verso una massa d'aria fredda
- **Fronte freddo:** superficie di contatto tra una massa d'aria fredda che si muove verso una massa d'aria calda
- **Fronte occluso:** incontro tra due fronti



Le previsioni del tempo

I dati delle immagini satellitari sono elaborati in forma grafica (**carte sinottiche** o carte meteo) per evidenziare gli elementi fondamentali del tempo, attraverso l'uso di simboli che indicano la direzione del vento, i tipi di fronte ecc.



Il bilancio radiativo e il bilancio termico terrestre

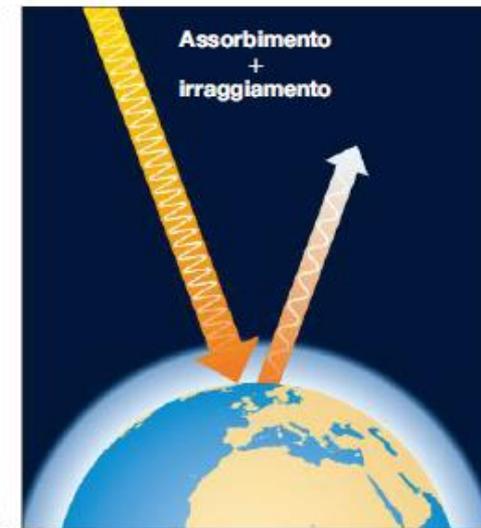
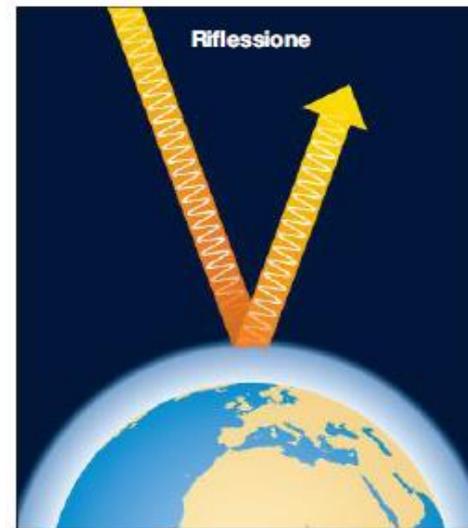
La **costante solare** è la quantità di energia emessa dal Sole che colpisce la Terra:

- circa 1367 W/m^2 ($2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$)

La quantità di energia in uscita è uguale a quella in entrata:

- parte della radiazione è riflessa (albedo)
- parte della radiazione è assorbita e poi irraggiata

Bilancio energetico o radiativo = zero

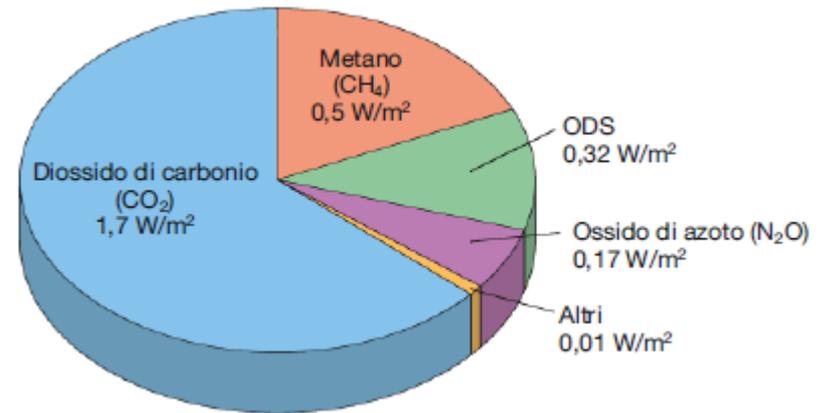


Il bilancio radiativo e il bilancio termico terrestre

I **gas serra** impediscono alla radiazione infrarossa emessa da Terra di fuoriuscire dalla bassa atmosfera.

I principali gas serra sono:

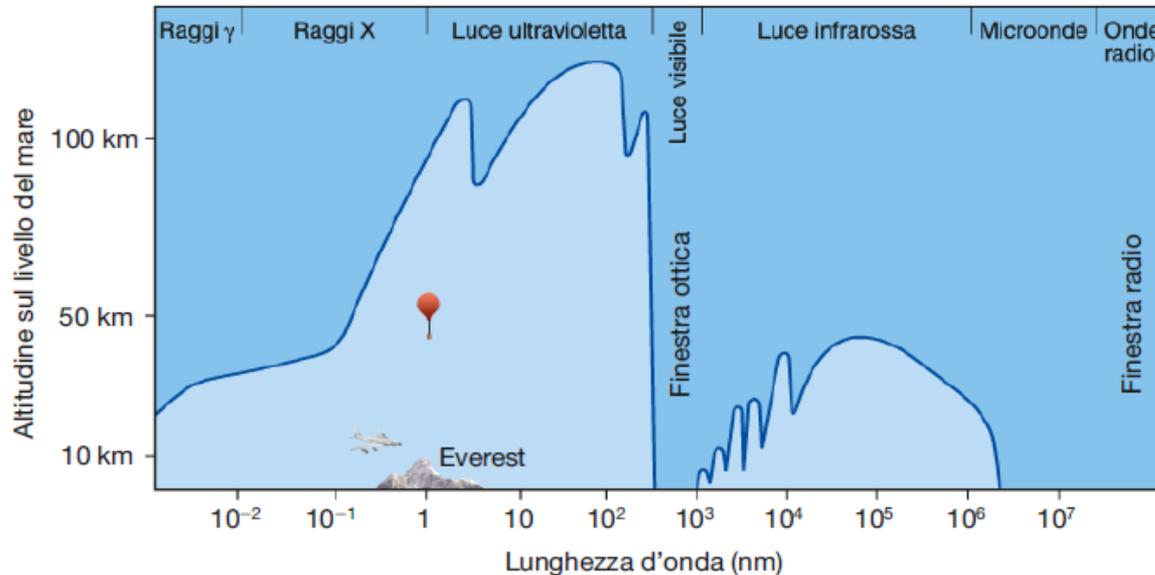
- diossido di carbonio (CO_2)
- metano (CH_4)
- alcuni gas organici alogenati
- vapore acqueo (H_2O)



Le particelle dei gas serra permettono il passaggio della luce visibile ma **assorbono le radiazioni infrarosse**: il calore rimane intrappolato nella bassa atmosfera e la riscalda.

Il bilancio radiativo e il bilancio termico terrestre

Le **finestre atmosferiche** sono zone dello spettro elettromagnetico per le quali l'atmosfera è trasparente.



L'atmosfera lascia passare radiazioni visibili e onde radio, filtra i raggi γ , i raggi X e alcuni raggi UV.

Il clima globale

Clima è l'insieme delle condizioni fisiche e meteorologiche che mediamente caratterizzano una determinata zona terrestre lungo un arco di tempo di almeno trent'anni.

Elementi climatici variabili del tempo meteorologico:

- insolazione
- temperatura
- pressione
- venti
- umidità
- precipitazioni

I fattori climatici costanti sono:

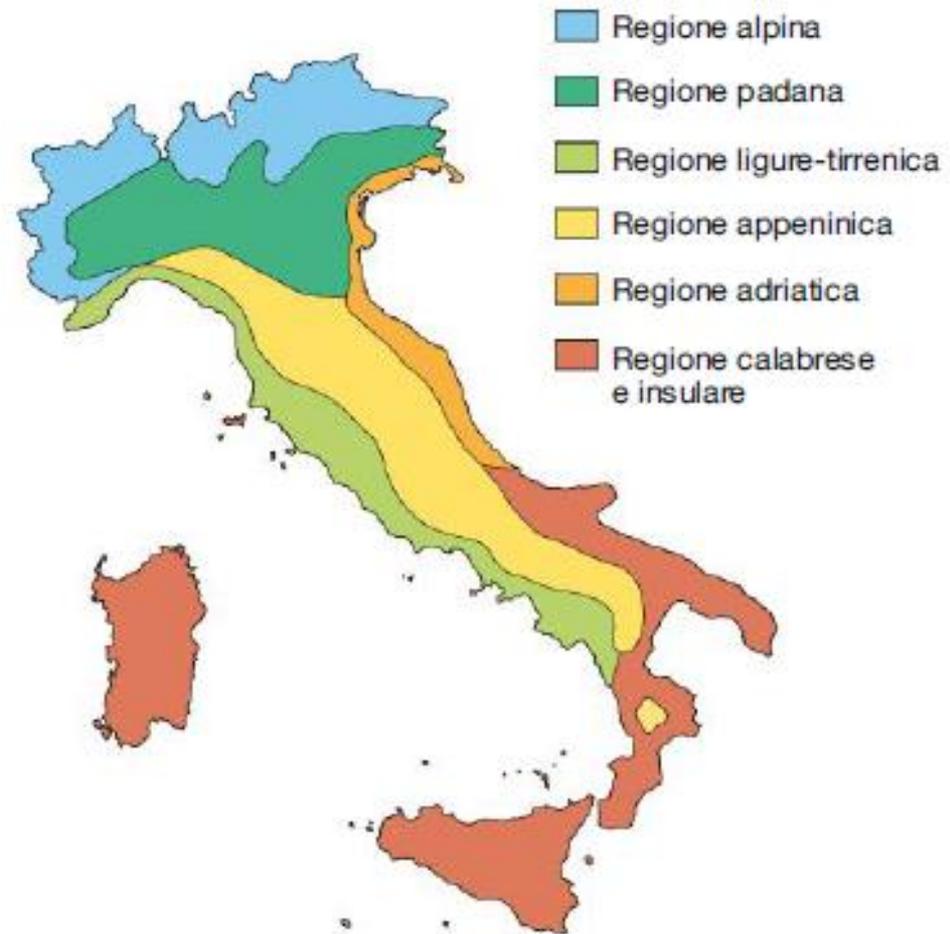
- fattori geografici (latitudine, longitudine...)
- fattori topografici (rilievi, masse d'acqua...)
- fattori antropici (cementificazione...)

Il clima globale

In Italia si distinguono **sei** regioni climatiche.

La variabilità dipende dal fatto che l'Italia è estesa in latitudine:

- clima mediterraneo al Sud
- clima con caratteri di oceanicità al centro
- clima continentale al Nord



I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

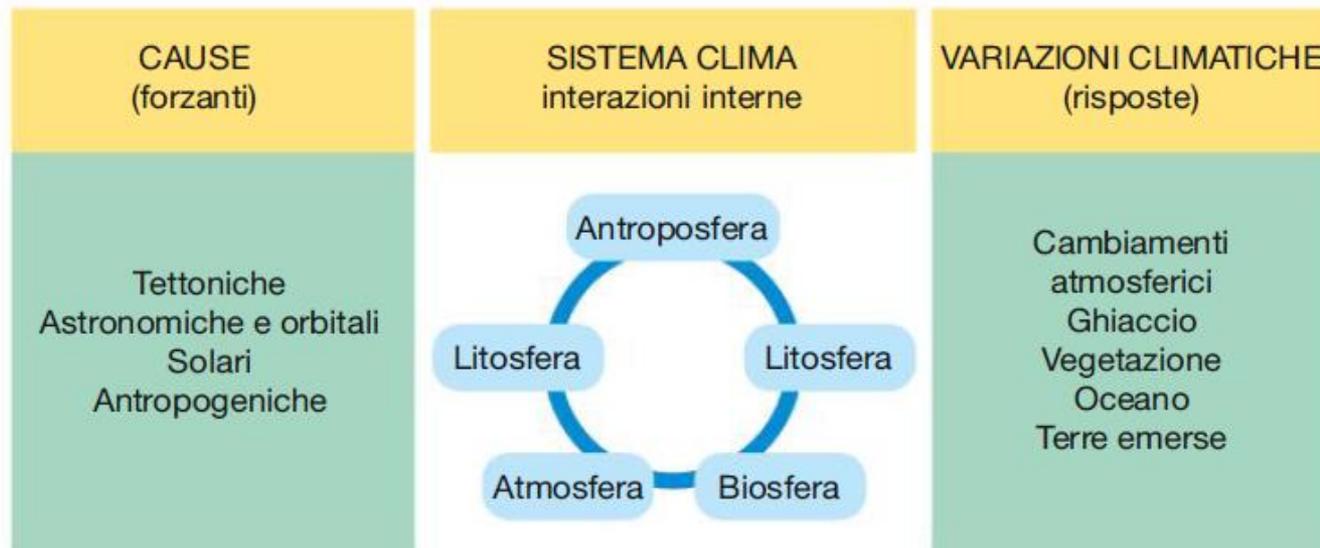
Il clima terrestre ha subito nel tempo profondi cambiamenti. Un **archivio paleoclimatico** è costituito da materiali di origine geologica o biologica che conservano informazioni sul clima del passato e delle sue variazioni.

- **Sedimenti** Prelevando «carote» dai fondali di laghi e oceani è possibile ricostruire la maggior parte delle condizioni paleoambientali e, da queste, le condizioni paleoclimatiche della zona di perforazione (*drilling site*)
- **Ghiacci di calotta polare.** Nel ghiaccio rimangono intrappolate bollicine di gas atmosferici e di pulviscolo presenti al momento delle neviccate

I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

Le **forzanti climatiche** sono le cause che determinano un cambiamento climatico.

Le **risposte climatiche** sono le conseguenze fisiche, chimiche e biologiche che si verificano nel sistema clima.



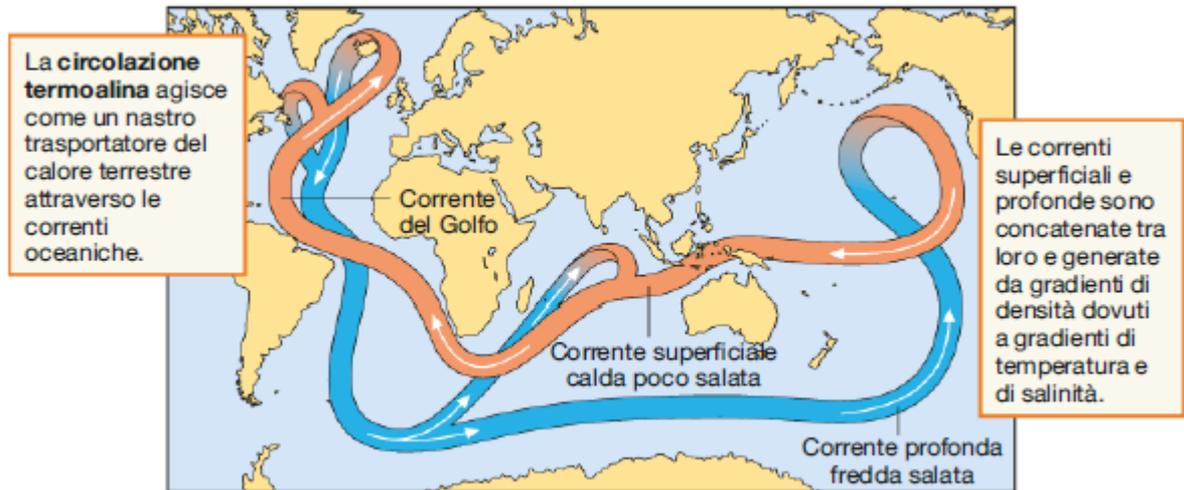
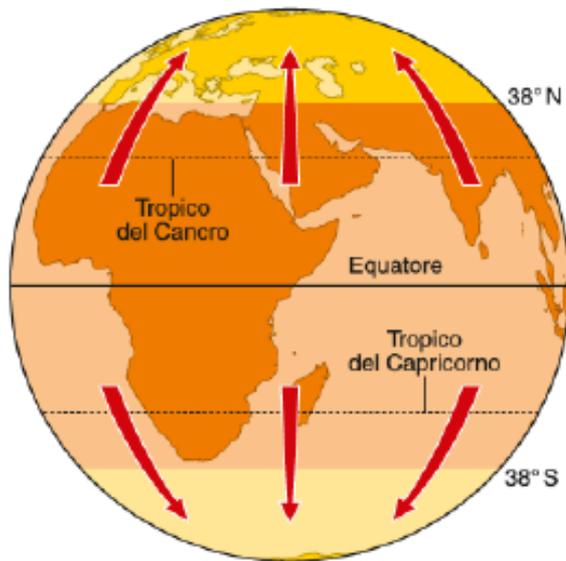
I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

Le **forzanti climatiche** sono le seguenti.

- **Forzante tettonica:** per esempio le ceneri dei vulcani
- **Forzanti astronomiche:** precessione equinozi, variazione eccentricità dell'orbita, variazione dell'inclinazione dell'asse terrestre, rotazione della linea degli apsidi
- **Forzante solare:** cambiamenti nella potenza irradiata dal Sole
- **Forzante antropogenica:** emissioni clima-alteranti

I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

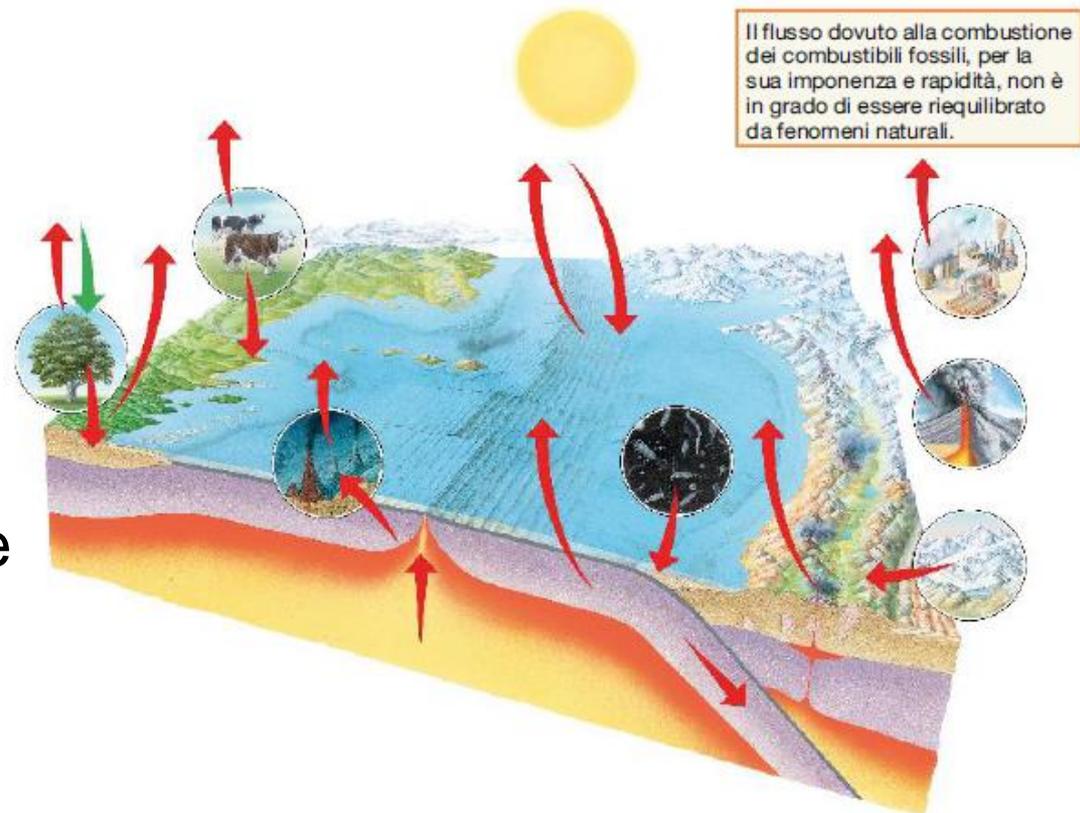
I **movimenti atmosferici** su scala planetaria e le **correnti oceaniche** garantiscono la redistribuzione del calore dalle latitudini intertropicali alle alte latitudini.



I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

Il **ciclo del carbonio** è il ciclo biogeochimico nel tempo dei composti del carbonio attraverso vari serbatoi.

- **sorgenti** (*source*): flussi che riversano CO₂ in atmosfera (responsabili dell'aumento dell'effetto serra)
- **pozzi** (*sink*): flussi che riassorbono CO₂ nelle altre sfere



I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale

Conseguenze del **riscaldamento globale**:

- ritiro dei ghiacciai continentali
- fusione dei ghiacci di calotta
- aumento del livello medio dei mari
- cambiamento circolazione atmosferica e oceanica
- tropicalizzazione del clima alle medie latitudini
- aumento dei fenomeni meteorologici estremi
- acidificazione acque oceaniche

Ridurre la concentrazione di CO₂:

- limitare le emissioni, riducendo i flussi in uscita
- potenziare i flussi in entrata