

Temperatura e insolazione

A cura di S. Furlani



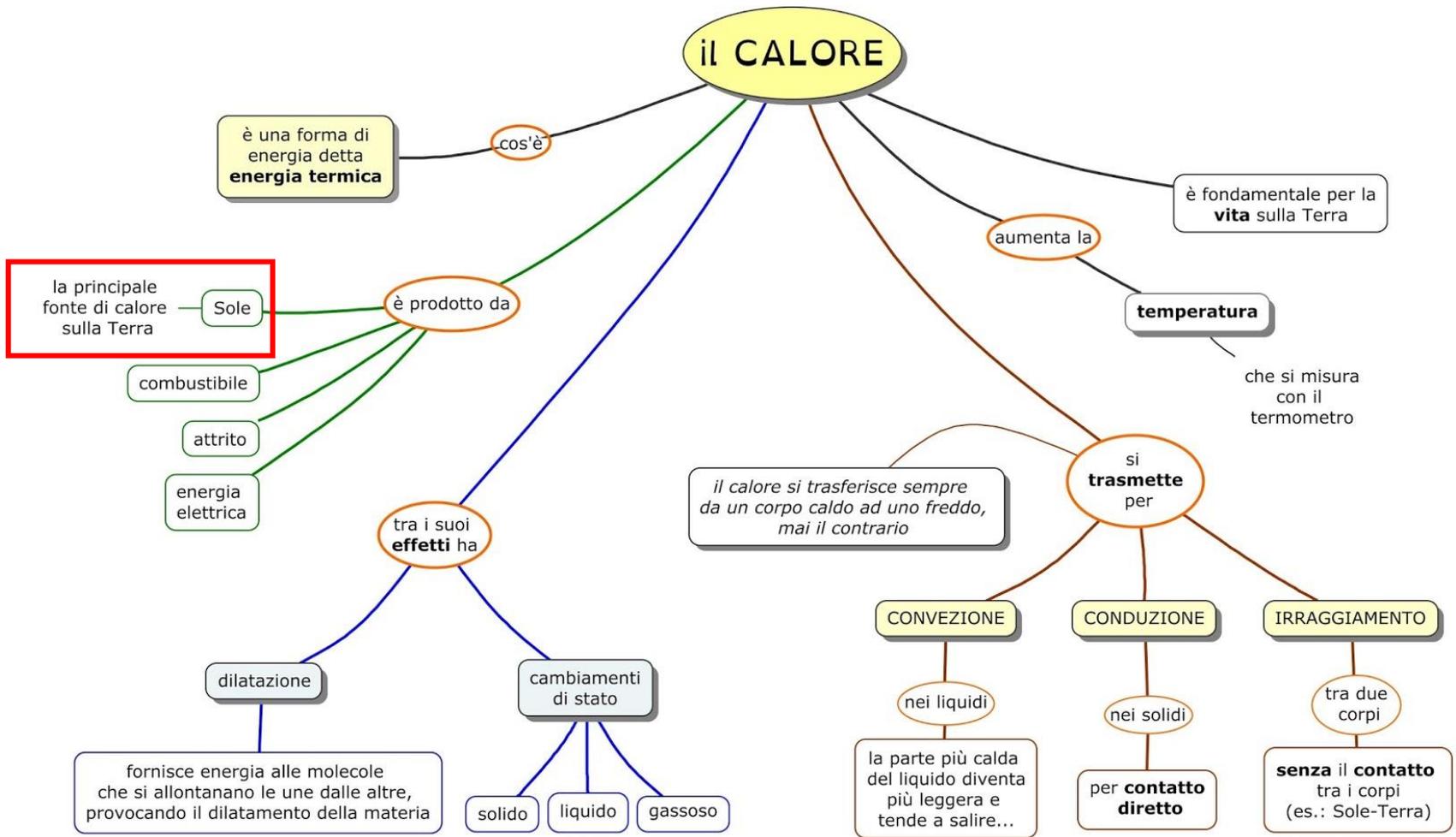
Argomenti della lezione

- La radiazione solare e l'insolazione
- Bilancio termico della Terra
- Distribuzione termica verticale
- Distribuzione termica sulla superficie della Terra
- Impatto delle variazioni della temperatura sui processi che avvengono sulla superficie terrestre

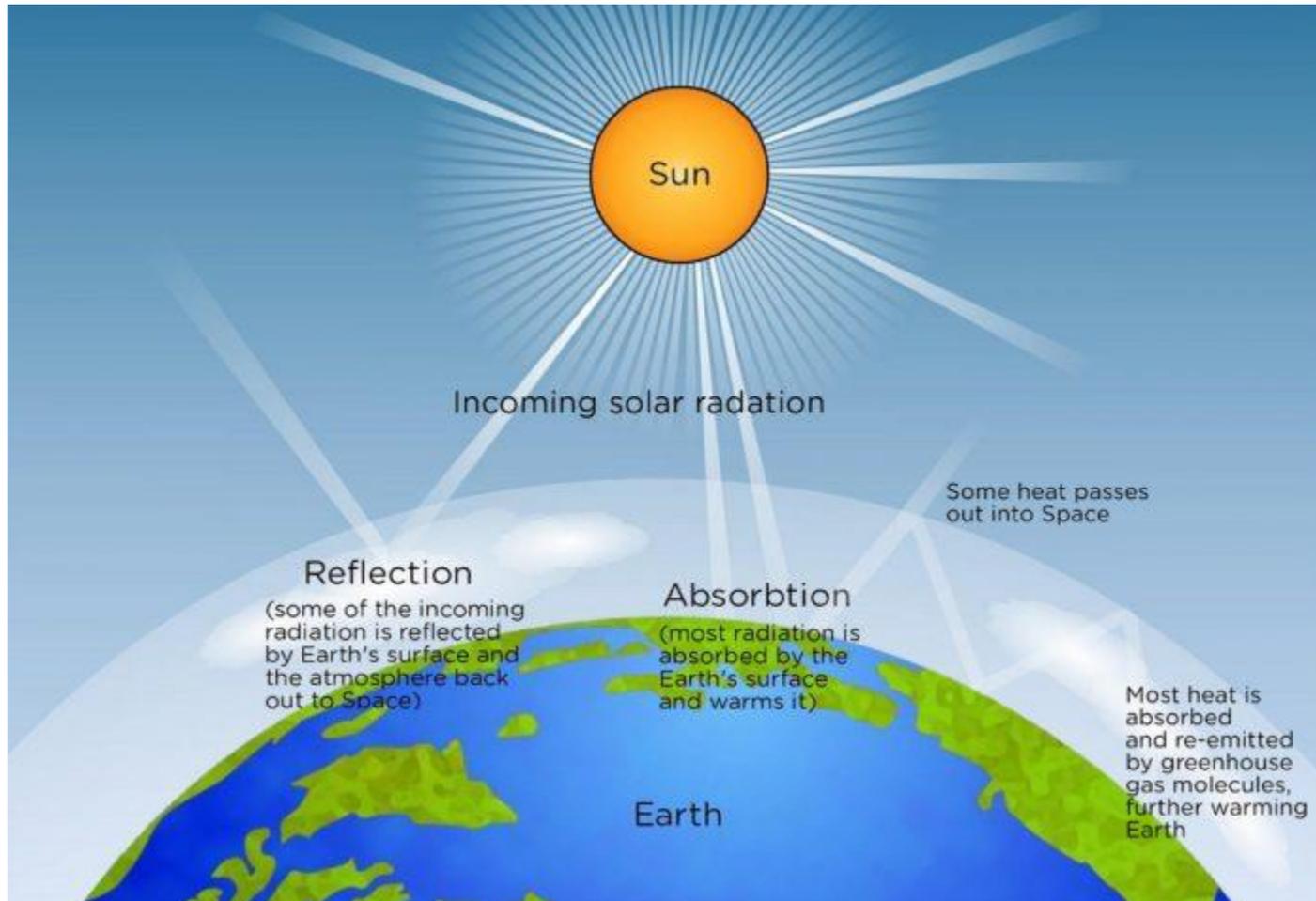
Obiettivo della lezione

- Comprendere i processi che, a partire dall'irraggiamento del sole, determinano l'entità del riscaldamento e del raffreddamento dell'aria ed il trasferimento del calore da una parte all'altra della Terra

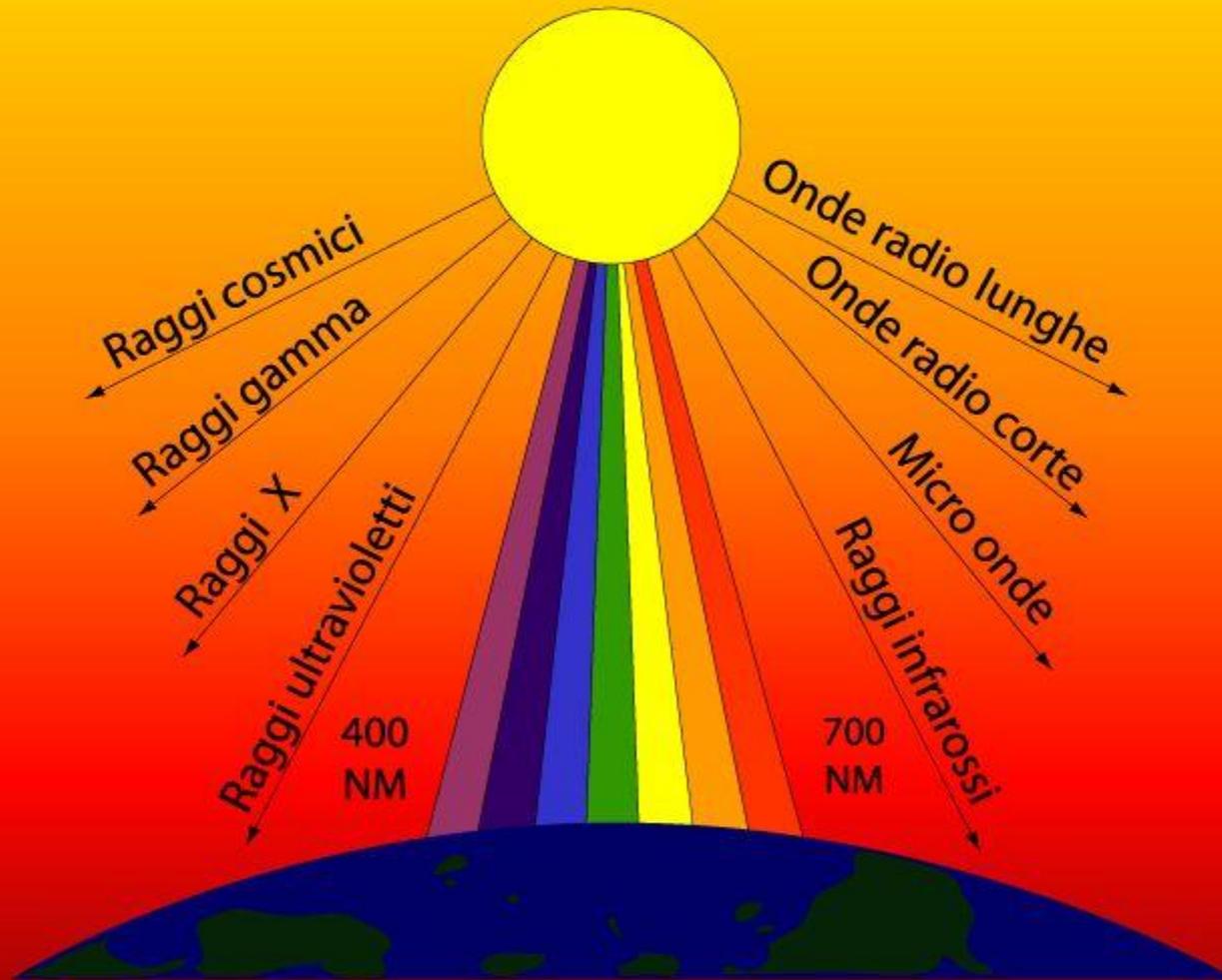




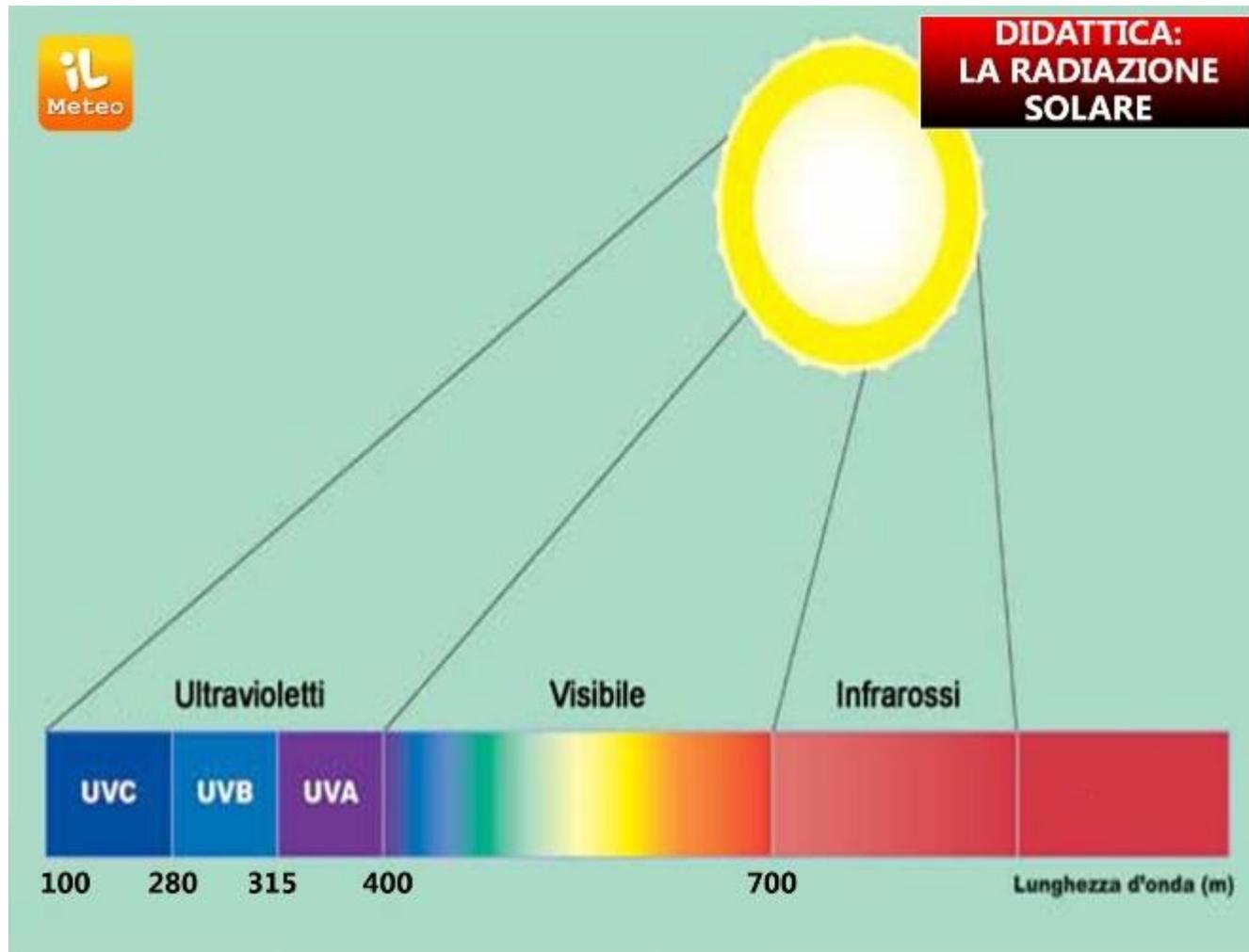
Radiazione solare



SPETTRO DELLA RADIAZIONE SOLARE



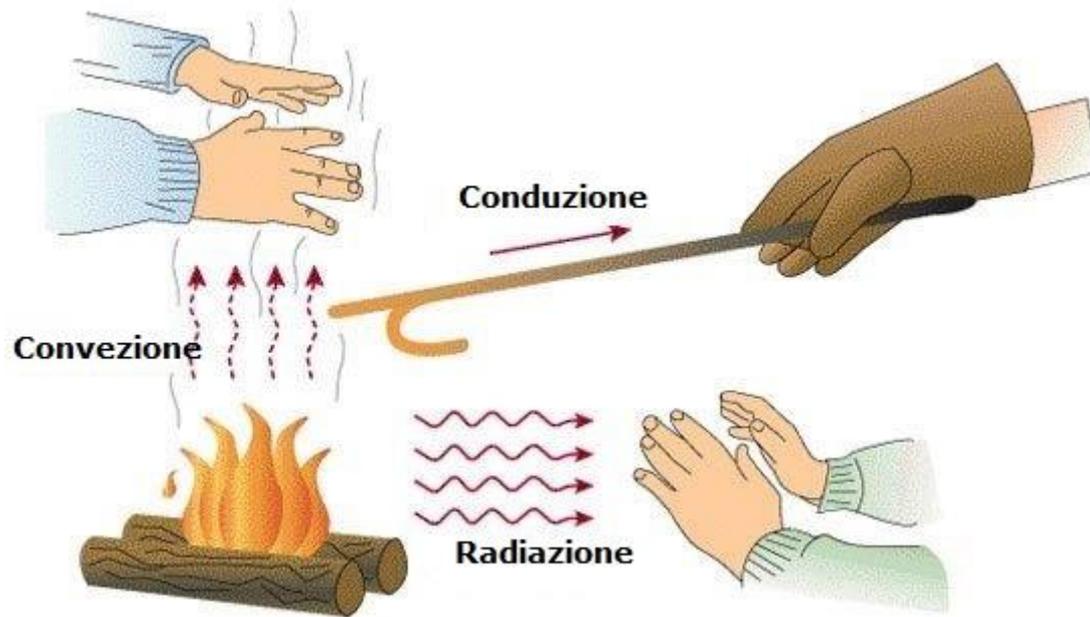
Lunghezze d'onda della radiazione solare



Processi termici

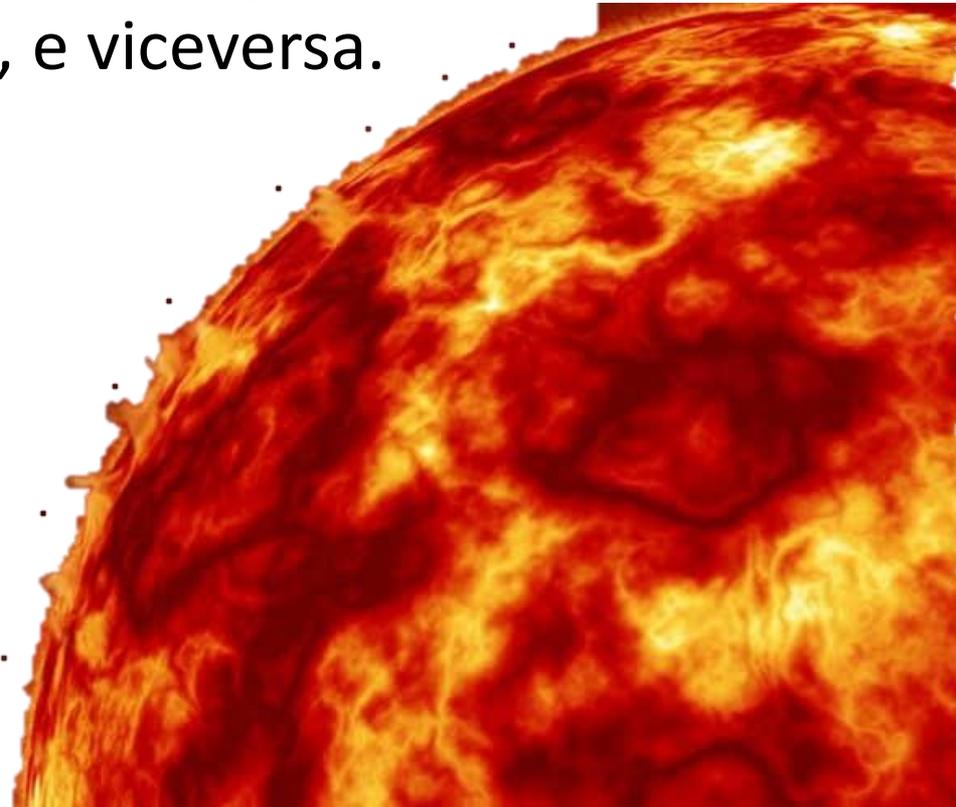
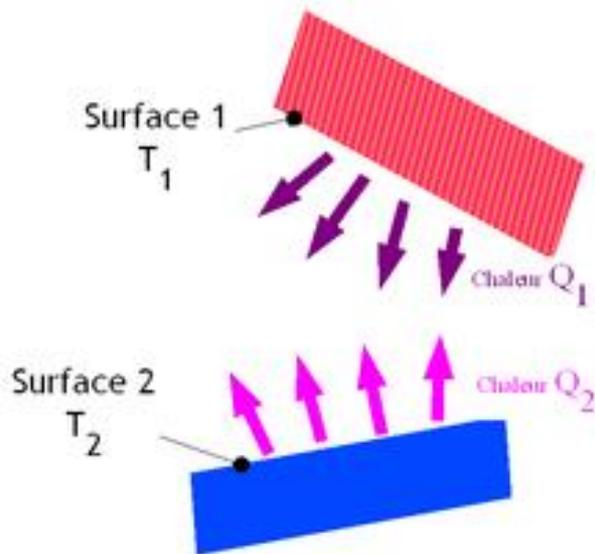
Il movimento dell'energia termica

Come si trasmette il calore?



Irraggiamento

- È il processo con il quale l'energia viene emessa da un oggetto sotto forma di flusso radiante. I corpi più caldi irradiano maggiormente, con una lunghezza d'onda minore, e viceversa.

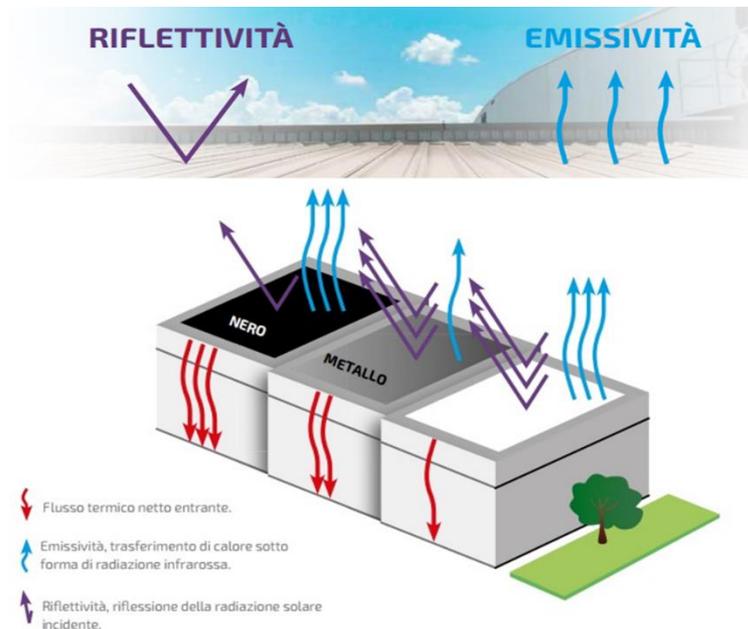


Assorbimento

- Quando l'energia termica colpisce un corpo, può essere assorbita, producendo un aumento di temperatura del corpo
- I minerali son ottimi corpi assorbenti
- I colori scuri assorbono più calore dei colori chiari
- La neve ed il ghiaccio sono poco assorbenti

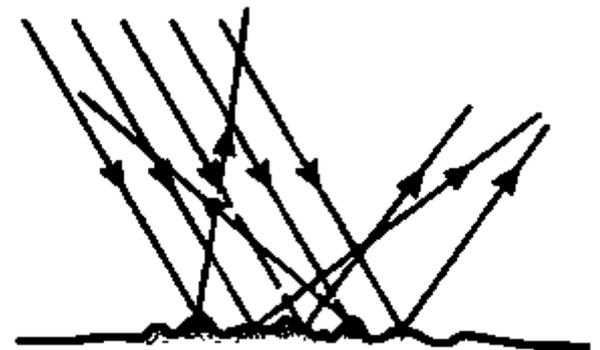
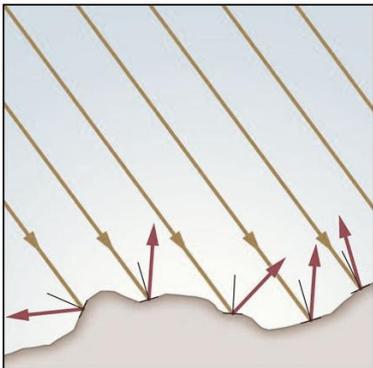
Riflessione

- La riflessione è definita come la capacità di un oggetto di riflettere onde elettromagnetiche senza alterare né alterarsi;
- È l'opposto dell'assorbimento, in quanto se l'onda viene riflessa, non può essere assorbita;
- La persistenza della neve anche in una giornata di temperatura mite, ad esempio, dipende dal fatto che la superficie chiara riflette buona parte dell'irraggiamento che la colpisce, anche se la temperatura è abbondantemente sopra 0°C.

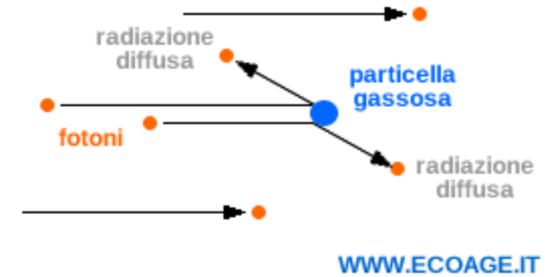


Diffusione

- Deviazione delle onde luminose da parte delle particelle e delle molecole di gas presenti nell'aria;
- Le onde cambiano direzione ma non lunghezza d'onda. Le onde luminose che raggiungono la Terra attraversano l'atmosfera lungo percorsi diversi e casuali;
- Il viola e blu è deviato più facilmente dell'arancione e del rosso, infatti il cielo tende all'azzurro.



La luce che incide su una superficie scabra è diffusa in tutte le direzioni.



Trasmissione

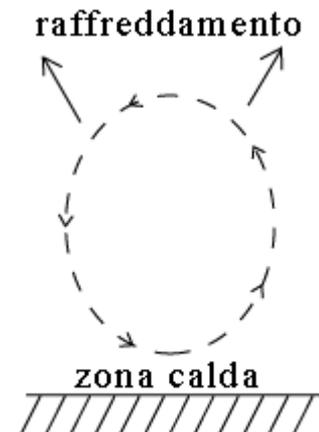
- È un processo per cui le onde elettromagnetiche attraversano senza perdite significative un mezzo, come ad esempio un vetro trasparente;
- Alta variabilità a far passare onde elettromagnetiche
- Le rocce non trasmettono bene l'insolazione. La luce viene assorbita e non penetra nella roccia;
- L'acqua trasmette la luce molto bene, a seconda della trasparenza dell'acqua.

Effetto serra

- Dipende dalla luce incidente: il vetro ha un'alta trasmissività per le onde corte, mentre quelle lunghe vengono più facilmente riflesse;
- L'effetto serra dipende dal fatto che l'atmosfera viene facilmente attraversata dalle onde corte che arrivano dal Sole, ma quelle lunghe prodotte dalla Terra non ritornano verso l'esterno, a causa della presenza di alcuni gas, tra cui il vapor acqueo, il diossido di carbonio, alcuni gas e alcuni tipi di nubi;
- Il risultato è l'aumento di calore;
- L'effetto serra è uno dei più importanti processi di riscaldamento della bassa atmosfera

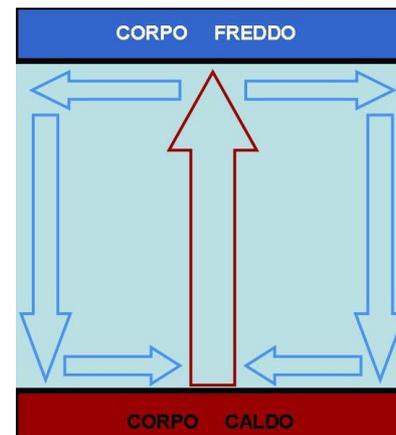
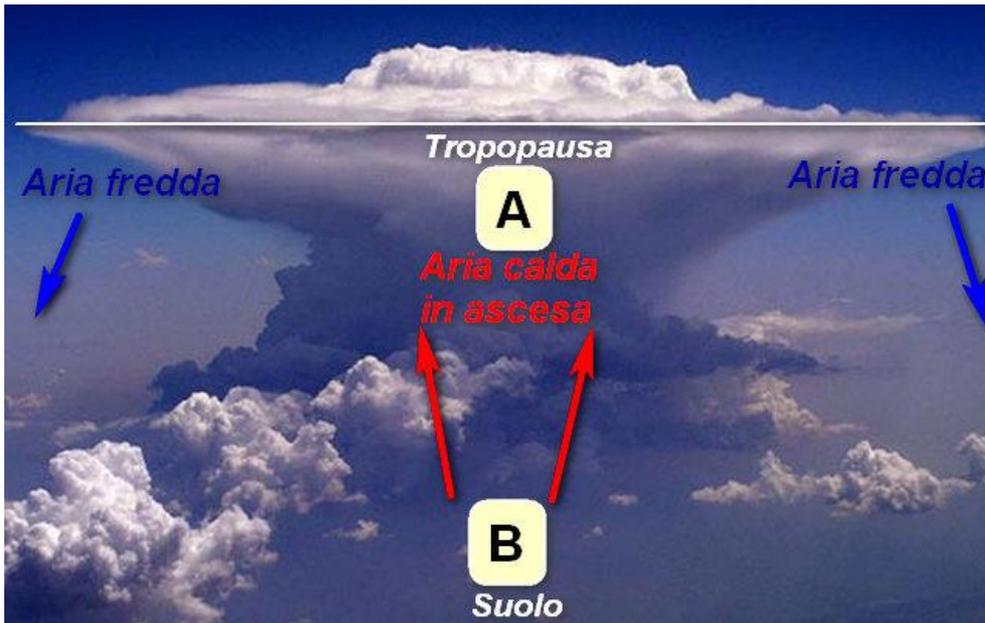
Conduzione

- E' il passaggio del calore da una molecola all'altra senza modificazione della loro posizione relativa. Il calore si trasferisce per contatto;
- I metalli sono eccellenti conduttori;
- La superficie delle terre emerse si riscalda rapidamente durante il giorno per assorbimento del calore. Dal momento che le rocce non sono buoni conduttori, solo poco calore viene trasferito verso l'interno della Terra, mentre il resto ritorna alla bassa atmosfera. Anche l'aria conduce poco, quindi solo lo strato sopra il suolo viene riscaldato. È necessario quindi che le molecole di aria si muovano per trasferire il calore;
- L'aria umida invece conduce un po' meglio, infatti in inverno la sensazione è di avere più freddo se l'aria è umida.



Convezione

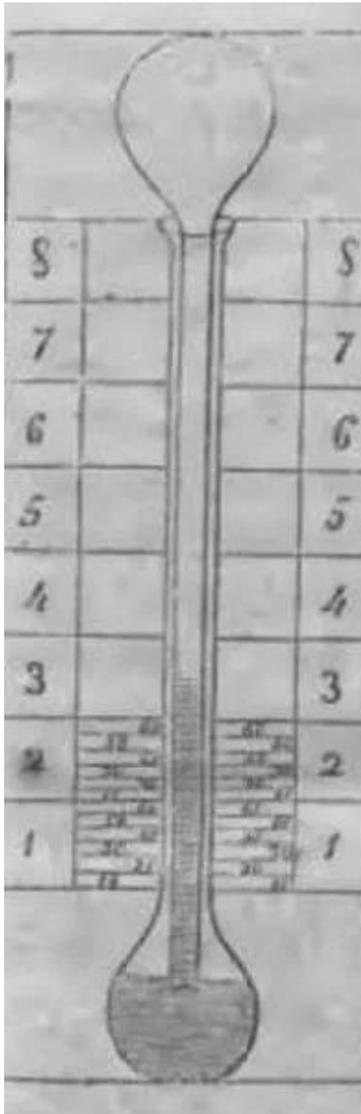
- Il trasferimento del calore avviene per mezzo del movimento da un luogo all'altro di una sostanza. A differenza della conduzione, dove le molecole sono ferme, nella convezione le molecole si muovono;
- Se il movimento è orizzontale, si chiama avvezione



Il riscaldamento e raffreddamento adiabatici

- Quando l'aria sale o scende, la temperatura cambia in conseguenza della variazione di pressione. Quando sale, l'aria è più rarefatta e quindi si dilata, quando scende viceversa;
- Il raffreddamento dell'aria nei movimenti verso l'alto, senza sottrazione di calore, è detto adiabatico perché avviene senza scambio di calore con l'ambiente esterno

Il termometro



- Galeno ed Erone (I sec d.C.) studiarono dei metodi per rivelare le differenze di temperatura nell'atmosfera. *Erone* realizzò uno strumento meccanico basato sugli effetti della dilatazione termica dell'aria provocata dal sole, come descritto in *Pneumatica*, il cui testo originale è andato perduto;
- Il termine venne utilizzato per la prima volta dal filosofo francese Jean Leurechon in *Récréation mathématique* (1629), anonima ma con una prefazione di un suo allievo al quale è stata perciò erroneamente attribuita sia l'opera sia la paternità del termine.
- **L'invenzione del termometro è però formalmente attribuita a Galileo Galilei**



La prima descrizione con relativa immagine di un termometro è opera invece di *Bartolomeo Telieux* (immagine a sinistra) in un manoscritto del 1611 dal titolo «*Mathematica Maravigliosa ove si vedono li più vaghi et dilettevoli artificii.*

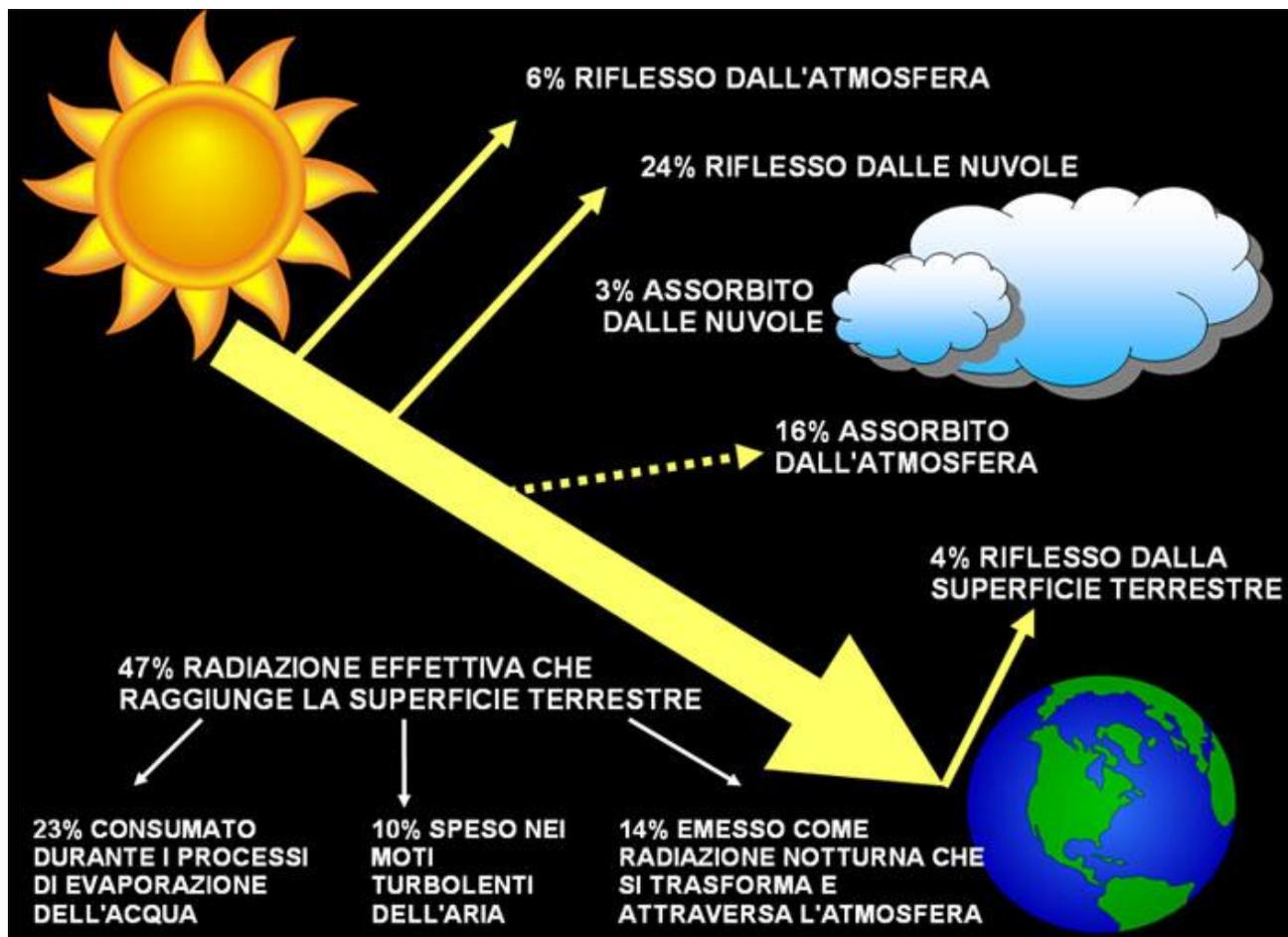
Nel 1714 *Fahrenheit* presentò il termometro a mercurio.

Bilancio termico

Il riscaldamento dell'atmosfera

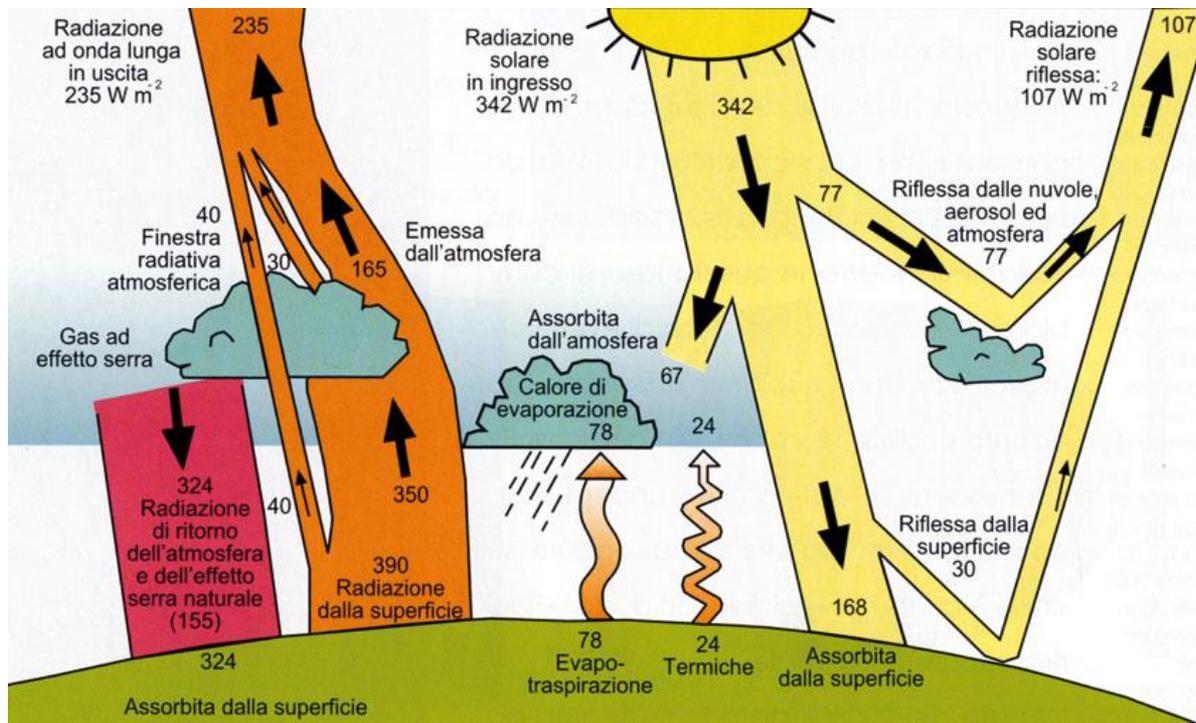
- Esiste un equilibrio termico annuale nella quantità totale di insolazione ricevuta dalla Terra;
- Il bilancio termico è l'equilibrio tra la radiazione entrante e quella uscente che ritorna nello spazio;
- La radiazione che ritorna verso lo spazio è detta albedo terrestre (potere riflettente di un oggetto)

Radiazione solare sulla terra



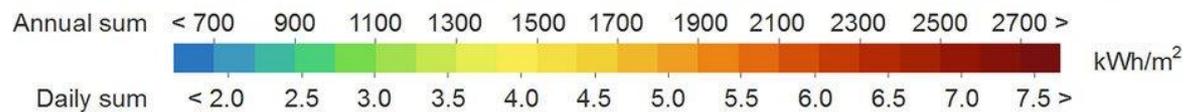
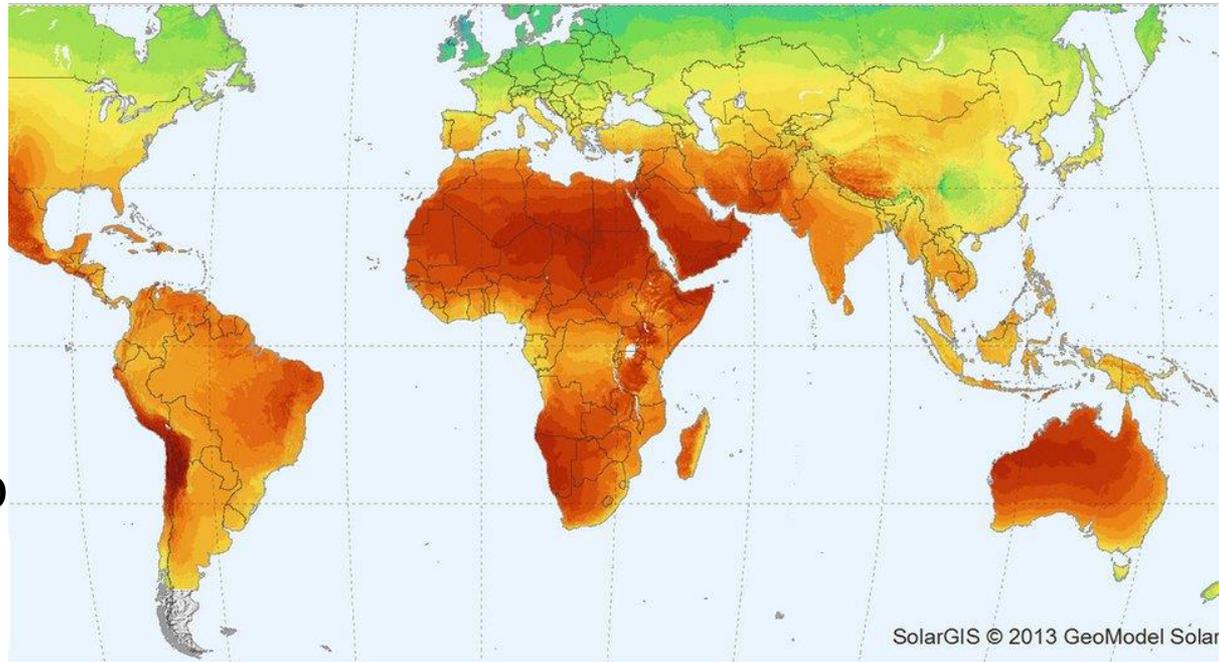
Variazioni spaziali e temporali della temperatura

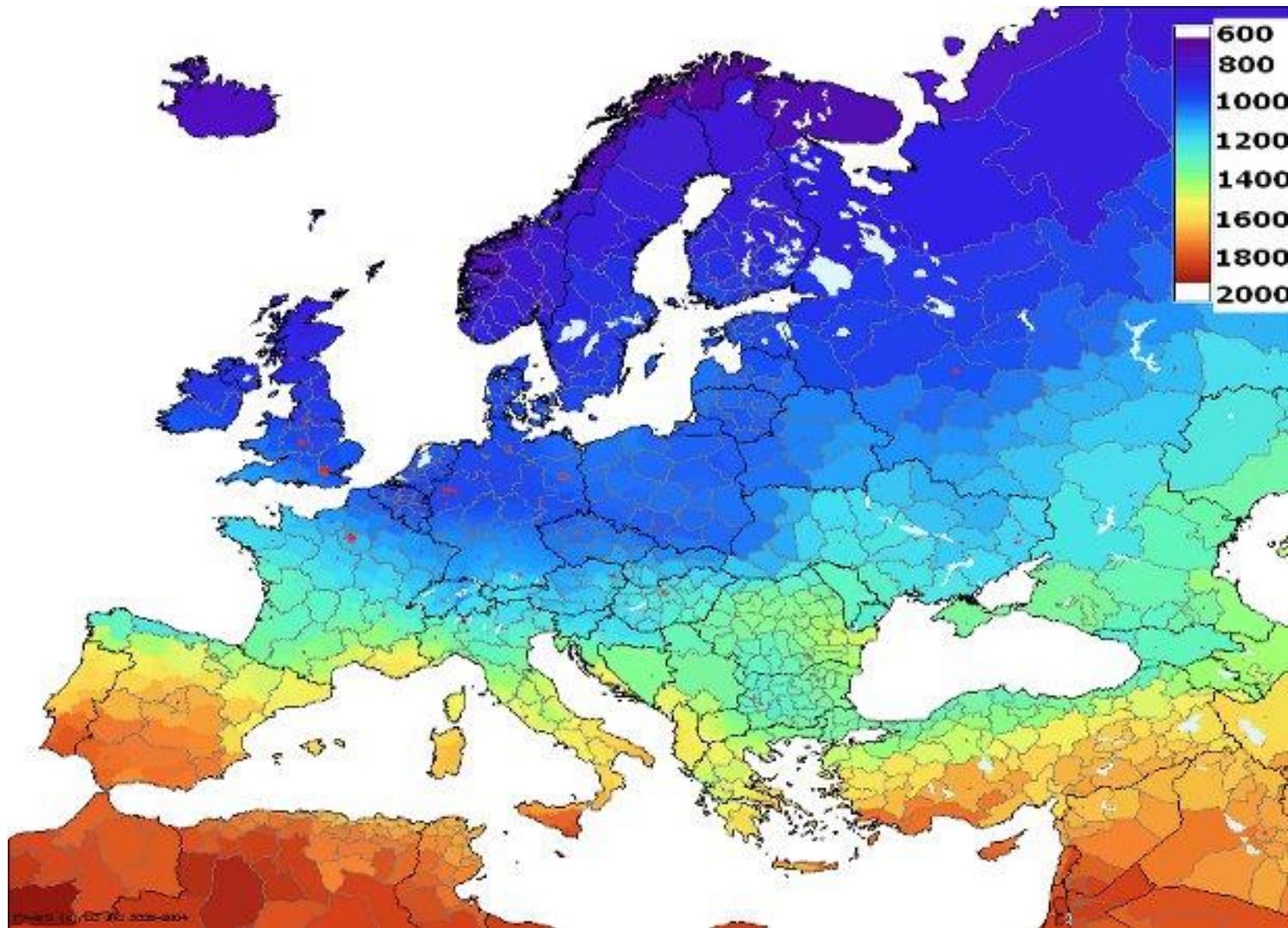
- Le situazioni di non equilibrio, sia in senso orizzontale (latitudine) che verticale sono tra le cause principali delle variazioni del tempo atmosferico e del clima

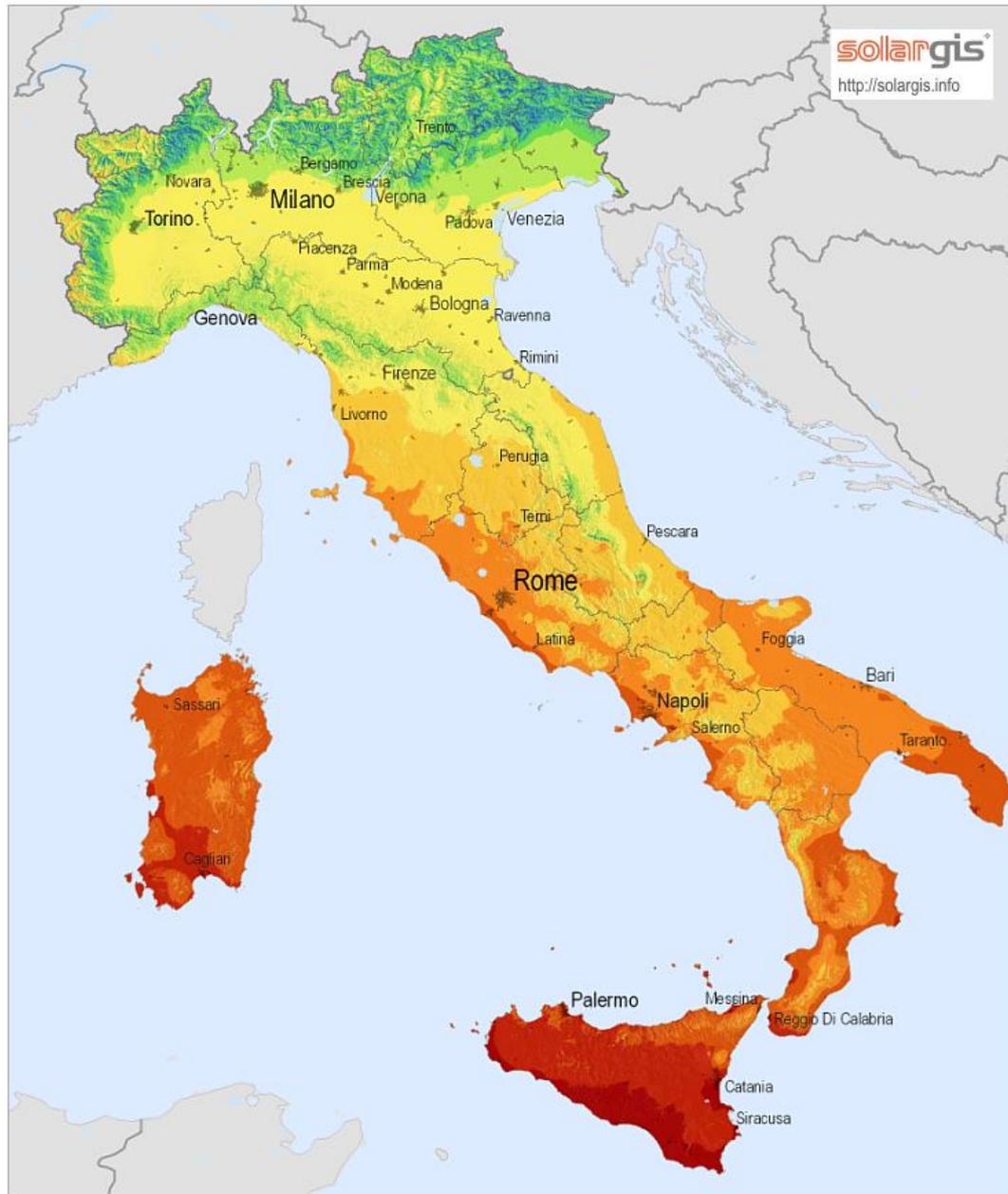


Differenze rispetto alla latitudine

- Differenze nell'angolo di incidenza dei raggi solari
- Lunghezza del giorno e della notte
- Ostruzione atmosferica
- Bilancio radiativo secondo la latitudine







Media somma annuale (4/2004 - 3/2010)

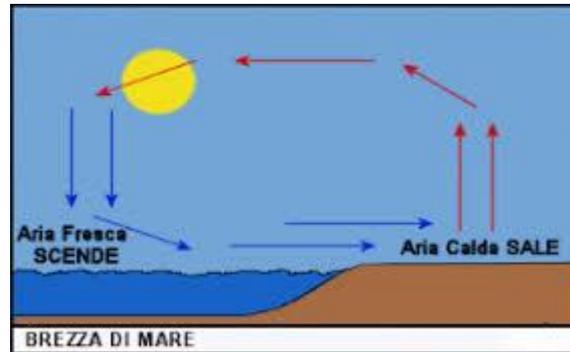


< 1100 1250 1400 1550 1700 1850 kWh/m²

0 50 100 km

Contrasto tra acqua e terra

- Riscaldamento
- Raffreddamento
- Implicazioni dei rapporti tra terra e mare (climi continentali e marittimi)



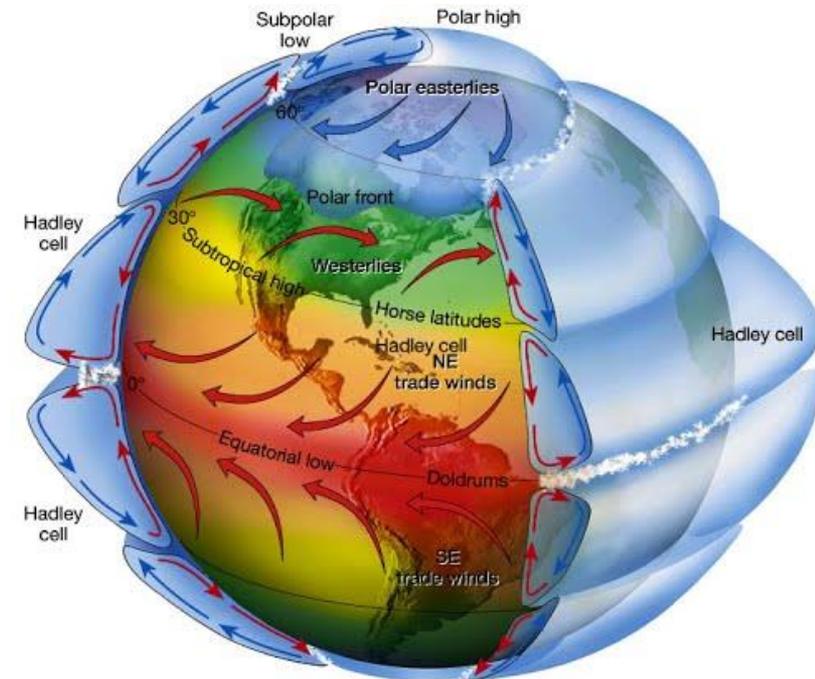
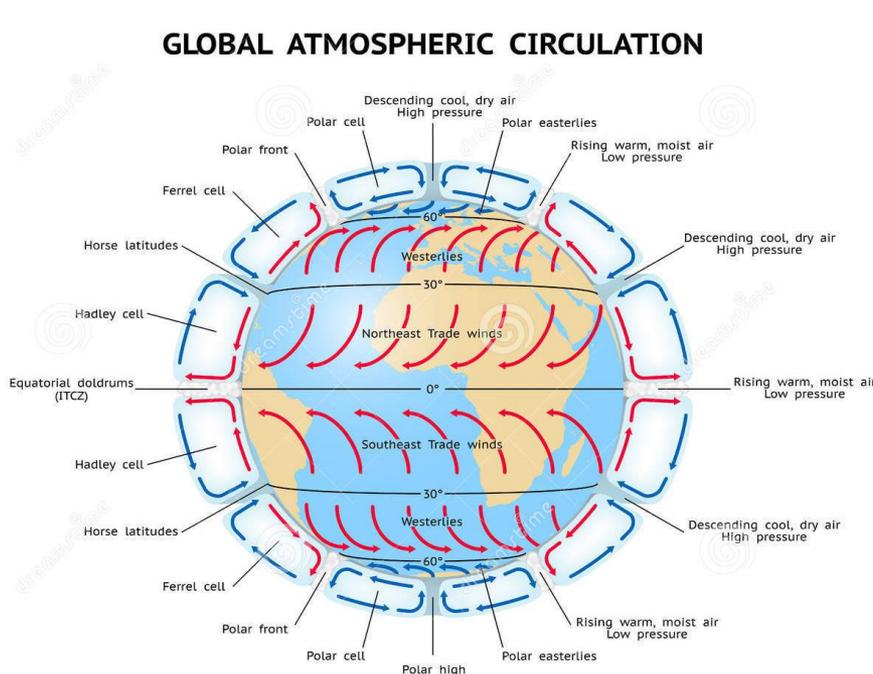
Trasferimento del calore

Meccanismi di circolazione nell'atmosfera

- Sulla Terra esiste un meccanismo di trasferimento del calore continuo, altrimenti ci sarebbero zone invivibili a causa delle alte temperature;
- Tali trasferimenti di calore avvengono sia nell'atmosfera che negli oceani;
- Atmosfera ed oceani possono essere considerati motori termici, in cui si attivano correnti atmosferiche ed oceaniche che tendono a ridurre gli squilibri.

Circolazione atmosferica

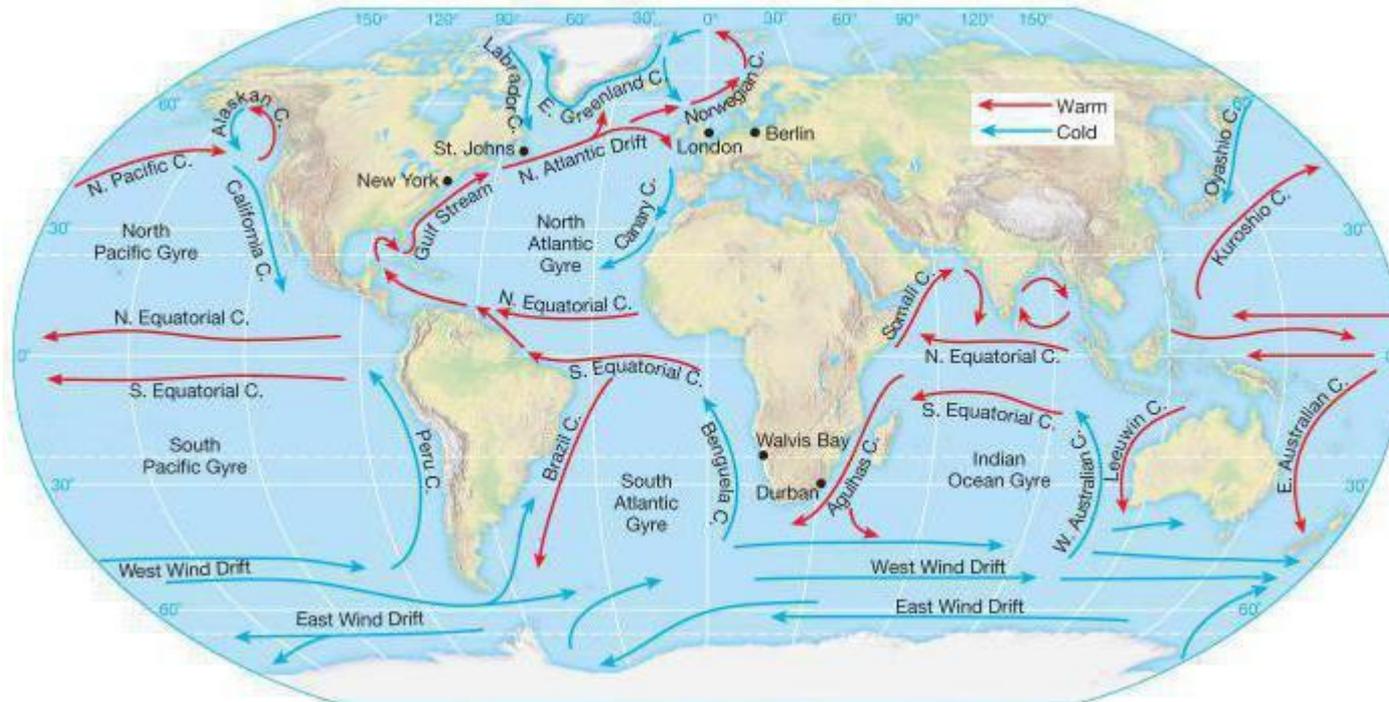
- È il meccanismo di gran lunga più efficace di trasferimento del calore (circa 80%) dall'Equatore ai Poli
- L'aria si muove in un numero infinito di modalità, ma esiste un andamento planetario della circolazione



Circolazione oceanica

- I venti disturbano la superficie del mare provocando onde e correnti marine. Queste ultime si muovono a velocità di circa 1-2% della velocità del vento;
- Esiste una relazione tra la circolazione atmosferica ed oceanica
- Le correnti marine sono la risposta alle condizioni medie del vento in una data regione del globo. Ci sono poi delle situazioni locali con caratteristiche particolari

Schema della circolazione oceanica



Osservare gli andamenti delle correnti

Le correnti principali

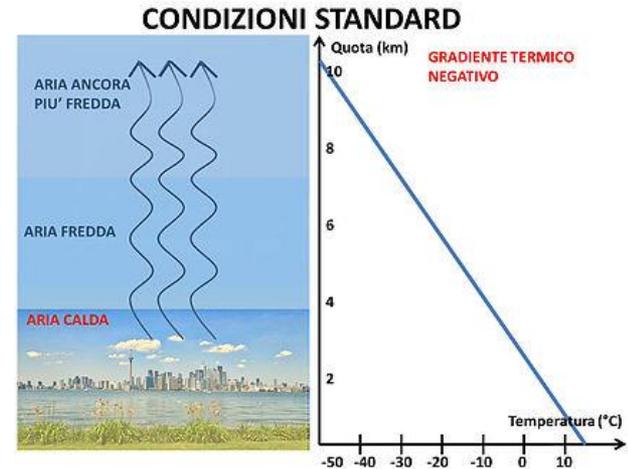
- Circuiti ellittici allungati E-W e centrati a circa 30° latitudine;
- Scorrimento in senso orario nell'emisfero boreale, antiorario nell'emisfero australe
- Il movimento delle correnti è indotto dai venti, ma è influenzato dall'effetto di deviazione dovuto alla rotazione della Terra, detto effetto Coriolis
- Le correnti vengono ruotate verso destra nell'emisfero boreale, a sinistra nell'emisfero australe
- Osservare le temperature nelle correnti

Distribuzione verticale delle temperature nell'atmosfera

- In generale, c'è un decremento della temperatura verso l'alto nella troposfera
- Variazioni legate alla stagione, al momento del giorno, quantità di copertura nuvolosa, addirittura con incrementi di temperatura verso l'alto

Gradiente termico verticale

- Gradiente termico verticale medio: $6,5^{\circ}/\text{km}$

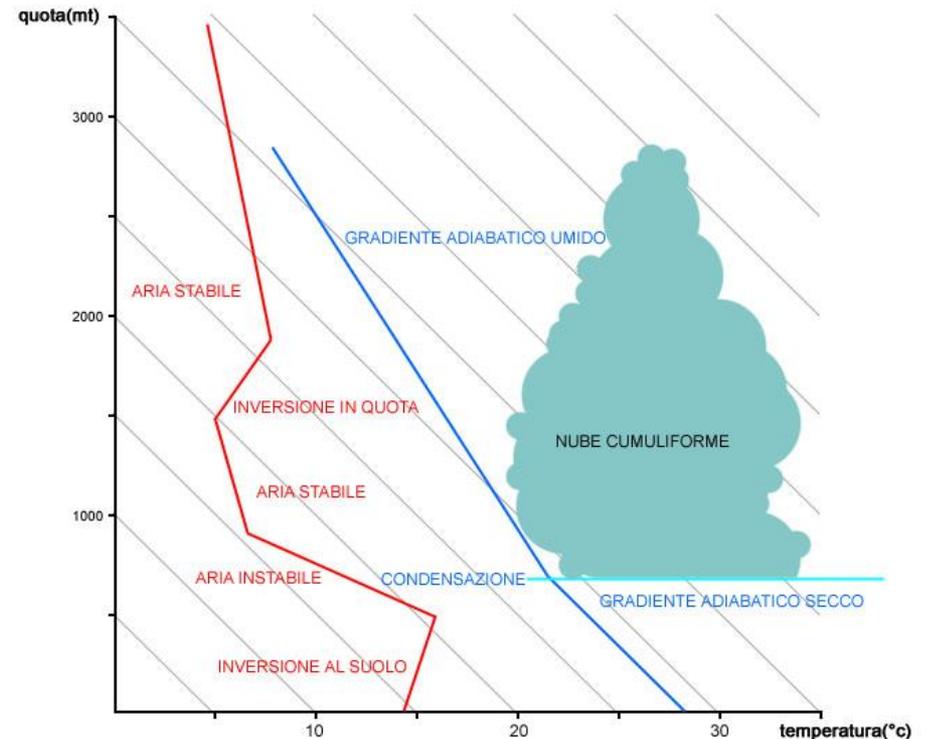


QUOTA (mt)	PRESSIONE (mb)	TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)
4.000	670	-11 $^{\circ}$
3.000	680	-4.5 $^{\circ}$
2.000	790	+2 $^{\circ}$
1.000	900	+8.5 $^{\circ}$
0	1013	+15 $^{\circ}$

SUOLO

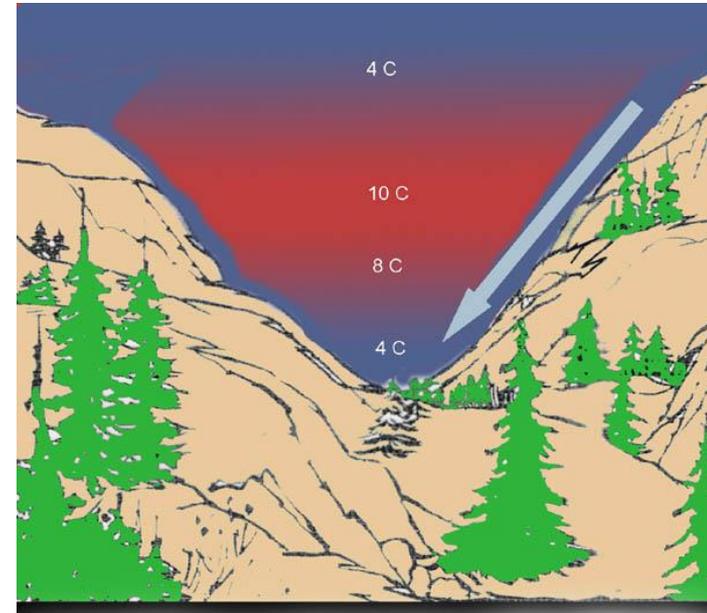
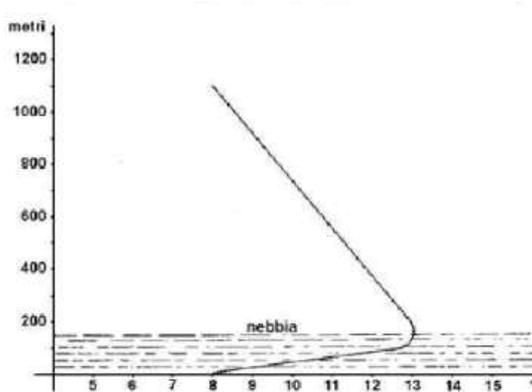
Inversioni termiche

- La temperatura cresce invece che diminuire con l'altitudine
- È di breve durata e può verificarsi a varie quote. Inibisce le precipitazioni e contribuisce all'aumento dell'inquinamento atmosferico, perché limita lo spostamento verso l'alto delle masse d'aria



Inversione presso la superficie

- Si verificano ad esempio in inverno e generano le nebbie.



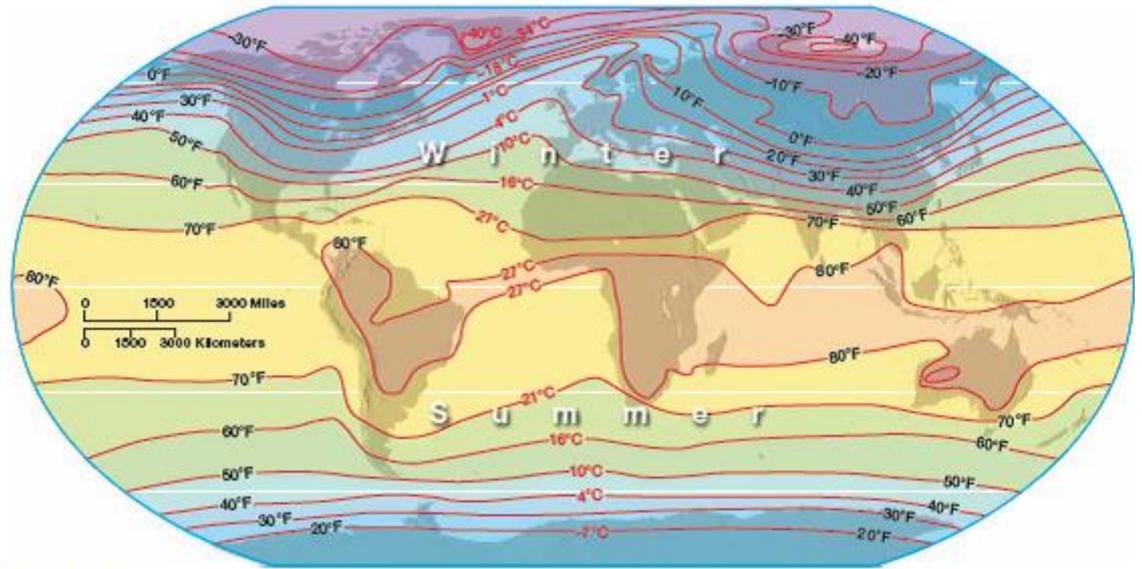
Zone of warm nighttime temperatures above a valley temperature inversion. (From Schroeder and Buck. 1970)

- Si verificano ad esempio in inverno e generano le nebbie. Anche altre condizioni, ad esempio in montagna

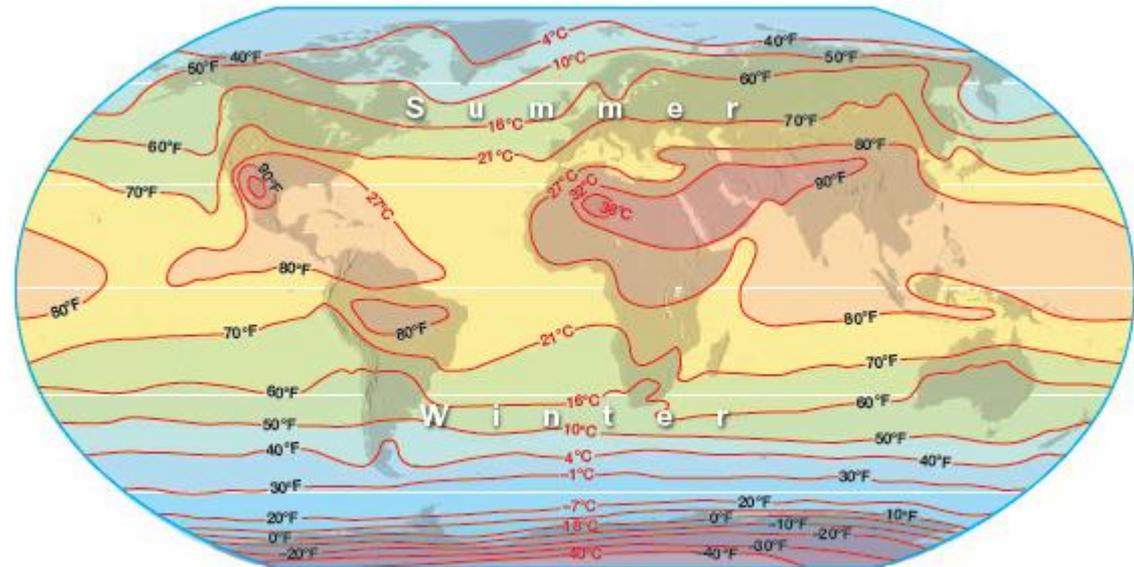


Distribuzione globale della temperatura

- Altitudine
- Latitudine
- Terra/mare



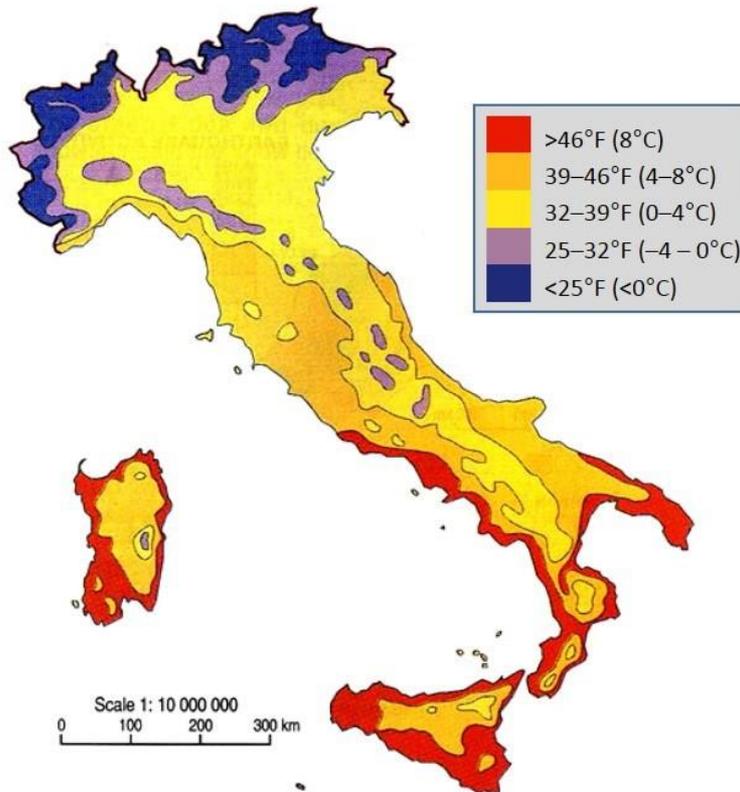
▲ Figure 4-30 Average January sea-level temperatures.



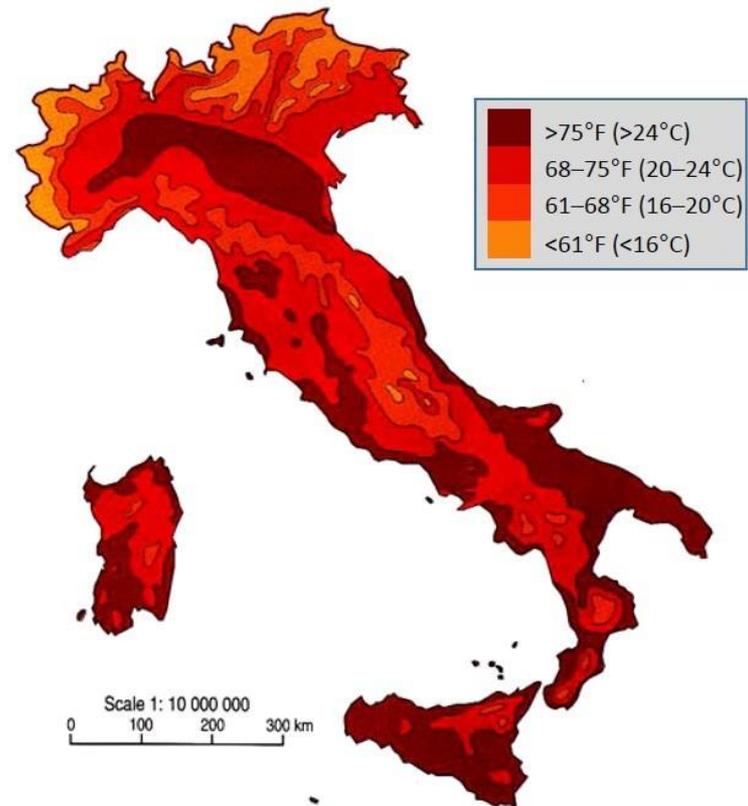
▲ Figure 4-31 Average July sea-level temperatures.

Temperature medie in Italia

AVERAGE MONTHLY TEMPERATURE - January



AVERAGE MONTHLY TEMPERATURE - July



Andamenti termici stagionali

- Lieve spostamento delle isoterme da nord a sud e viceversa
- Spostamento delle isoterme è molto più pronunciato alle alte latitudini che alle basse, specie sulle aree continentali
- Isoterme più ravvicinate in inverno che in estate, gradienti maggiori sui continenti

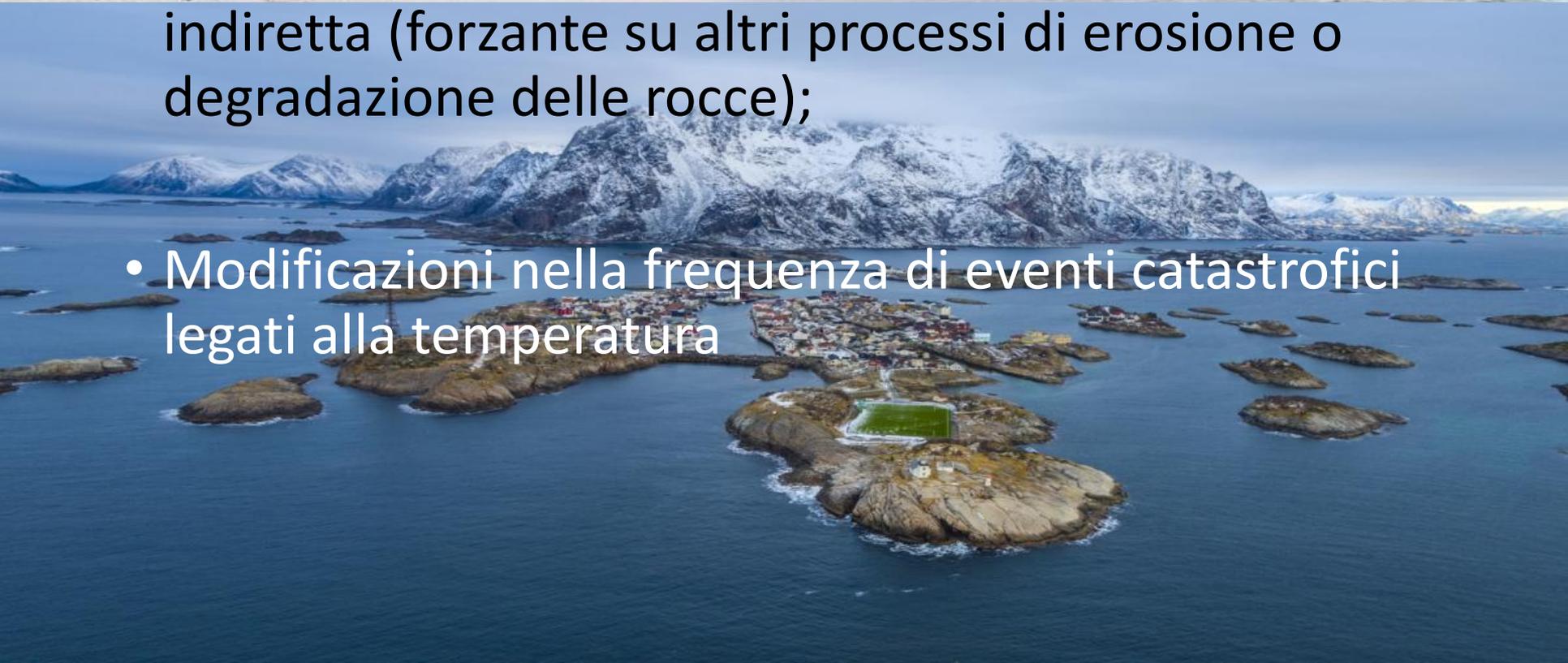
Escursione termica annua

- Variazioni stagionali termiche (escursioni) più ampie nei continenti alle alte latitudini
- Nelle zone tropicali è l'esatto opposto, con fluttuazioni minime, specie sugli oceani
- Nelle zone temperate, le variazioni dipendono dalle condizioni locali

Impatto potenziale della temperatura sul paesaggio



- Modifiche nei processi di erosione e degradazione delle rocce, per via diretta (es. termoclastismo) o indiretta (forzante su altri processi di erosione o degradazione delle rocce);

- Modificazioni nella frequenza di eventi catastrofici legati alla temperatura
- 

Impatto potenziale della temperatura sul paesaggio

- Variazioni del livello del mare (trasgressione e regressione)



Da: Focustech