

Atmosfera

Clima

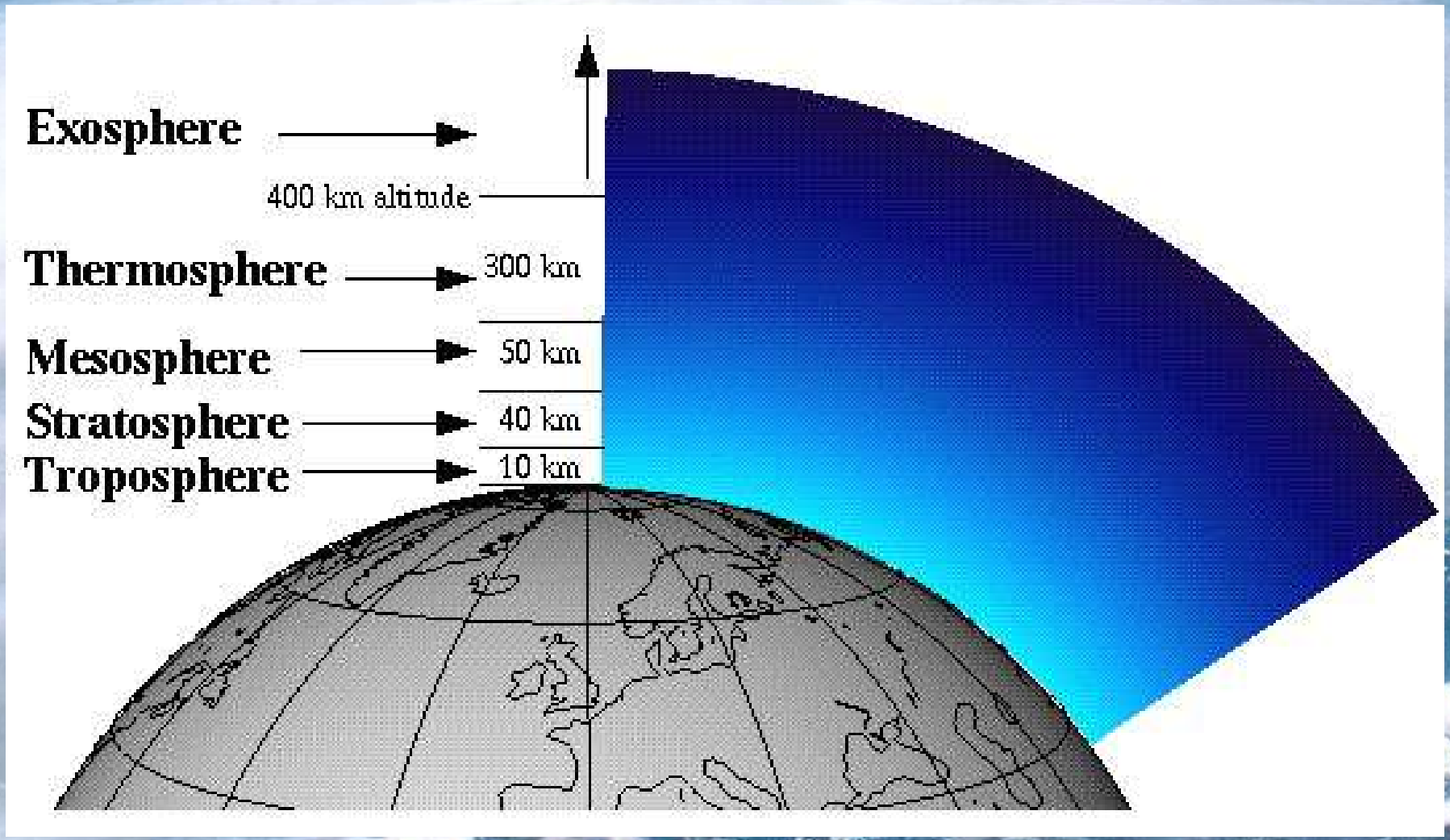
Inquinamento atmosferico

L'atmosfera terrestre

La Terra ha una atmosfera complessa e divisa in più strati, che in ordine di altezza sono: **Troposfera**, **Stratosfera**, **Mesosfera**, **Termosfera**, **Esosfera**; la sua composizione chimica *media* è la seguente:

Azoto (N_2): 78,08%
Ossigeno (O_2): 20,95%
Argon (Ar): 0.93%
Vapore acqueo (H_2O): 0,33%
Anidride carbonica (CO_2): 0,032% (320 ppm)
Neon (Ne): 0,00181% (18 ppm)
Elio (He): 0,0005% (5 ppm)
Metano (CH_4): 0,0002% (2 ppm)
Idrogeno (H_2): 0,00005% (0,5 ppm)
Kripton (Kr): 0,000011% (0,11 ppm)
Xeno (Xe): 0,000008% (0,08 ppm)
Ozono (O_3): 0,000004% (0,04 ppm)

Non tutti gli strati hanno le stesse concentrazioni di gas: ad esempio il vapore acqueo è presente quasi soltanto nella troposfera, lo strato più basso, ed è praticamente assente nella termosfera e nell'esosfera, che viceversa contengono quasi tutto l'elio e l'idrogeno, e l'ozono è contenuto in massima parte nella stratosfera, in cui costituisce un importante strato.


Exosphere
400 km altitude
Thermosphere
300 km
Mesosphere
50 km
Stratosphere
40 km
Troposphere
10 km

La Troposfera : La troposfera si estende dal livello del mare ad un'altitudine di 11 km a medie latitudini. Lo spessore di questo strato varia infatti con la sua posizione rispetto all'equatore della Terra. All'equatore la troposfera arriva a 16 km di altitudine, mentre ai poli la sua altezza è di soli 9 km. La troposfera è il più basso tra gli strati atmosferici e contiene circa il 75% dell'intera massa dell'atmosfera, pur essendo lo strato più sottile. Per ogni 6 km di aumento dell'altitudine, la pressione si dimezza. Questo significa che ad altitudini maggiori i gas sono meno densi. La troposfera è l'area in cui si trovano le nubi che vediamo nel cielo. E' la parte di atmosfera che interessa la meteorologia. E' l'unica parte dell'atmosfera dove piove. L'aria nella troposfera si muove intorno alla Terra e si muove su e giù nello strato, provocando i cambiamenti del tempo. La temperatura della troposfera decresce fino a valori compresi tra -51°C e -70°C col crescere dell'altitudine. E' questo il motivo per cui sulle montagne più alte c'è sempre neve, anche nei mesi estivi.



La Tropopausa: La tropopausa segna il confine tra la troposfera e la stratosfera. Gli scienziati la definiscono come quella regione dell'atmosfera in cui la temperatura smette di decrescere con l'altezza e resta a valori costanti per alcuni chilometri prima di cominciare a crescere con l'altezza nella stratosfera.

La Stratosfera: La stratosfera è collocata tra la tropopausa e la stratopausa. La parte principale dello strato di ozono si trova proprio nella qui. La stratosfera si estende da 12 km a 50 km di altitudine. Le temperature sono pressoché costanti nella metà più bassa della stratosfera, mentre nella metà superiore aumentano anche di 7°C. Questo punto segna la fine della stratosfera e l'inizio della stratopausa. L'aumento della temperatura è dovuto all'energia assorbita da questo strato. Questa energia è sotto forma di radiazioni, quella proveniente dal Sole e quella riflessa dalla superficie della Terra. Quando i gas atmosferici assorbono questa energia, si riscaldano. L'aria nella stratosfera si muove solo orizzontalmente e non su e giù, come avviene invece nella troposfera. Per questo motivo, le particelle che entrano nella stratosfera difficilmente ne escono prima di due o tre anni. Ad esempio la cenere proveniente da esplosioni vulcaniche resta nella stratosfera per periodi molto lunghi.

La Stratopausa: La stratopausa segna il confine tra la stratosfera e la mesosfera. In questa zona la temperatura smette di crescere con l'altezza e comincia a decrescere.

La Mesosfera: E' uno strato compreso tra la stratopausa e la mesopausa o, in termini di altitudine, tra 50 km e 85 km. Qui le temperature decrescono con l'altezza.

IL CLIMA



Il clima è la sintesi delle fondamentali caratteristiche meteorologiche osservabili sul lungo periodo (molti decenni o centinaia di anni). Pertanto, il clima di una data area territoriale è la rappresentazione dell'insieme delle statistiche, riferite a un dato intervallo di tempo, di tutti quei fenomeni meteorologici, singolarmente presi o correlati fra loro, che nei loro andamenti tipici o caratteristici costituiscono la "norma". I fattori causali che sono alla base dello studio del clima vengono detti elementi del clima. Su di questi agiscono i fattori del clima, che determinano una variazione secondaria a livello locale.

I principali elementi climatici sono:

- ✓ L'insolazione
- ✓ La temperature
- ✓ La pressione
- ✓ L'umidità
- ✓ Le precipitazioni
- ✓ La nuvolosità

Insolazione: L'insolazione è elemento di fondamentale importanza in quanto da esso dipendono direttamente o indirettamente tutti gli altri fenomeni atmosferici: dell'energia solare che arriva nell'atmosfera, una parte (radiazioni più corte) viene diffusa dalle nubi e dalle molecole dei gas costituenti l'aria, una parte è assorbita dal vapore acqueo e dall'anidride carbonica, una parte (radiazioni lunghe) arriva al suolo dove viene assorbita e nuovamente irradiata nell'atmosfera. L'entità dell'insolazione misurabile sulla superficie terrestre durante il giorno dipende dall'angolo di incidenza dei raggi solari e dalla durata del dì; notevole influenza è esercitata dalla nuvolosità: l'insolazione, che teoricamente diminuisce dall'equatore ai poli, non ha infatti il suo massimo all'equatore, ma in corrispondenza dei tropici dove la trasparenza dell'aria è maggiore.

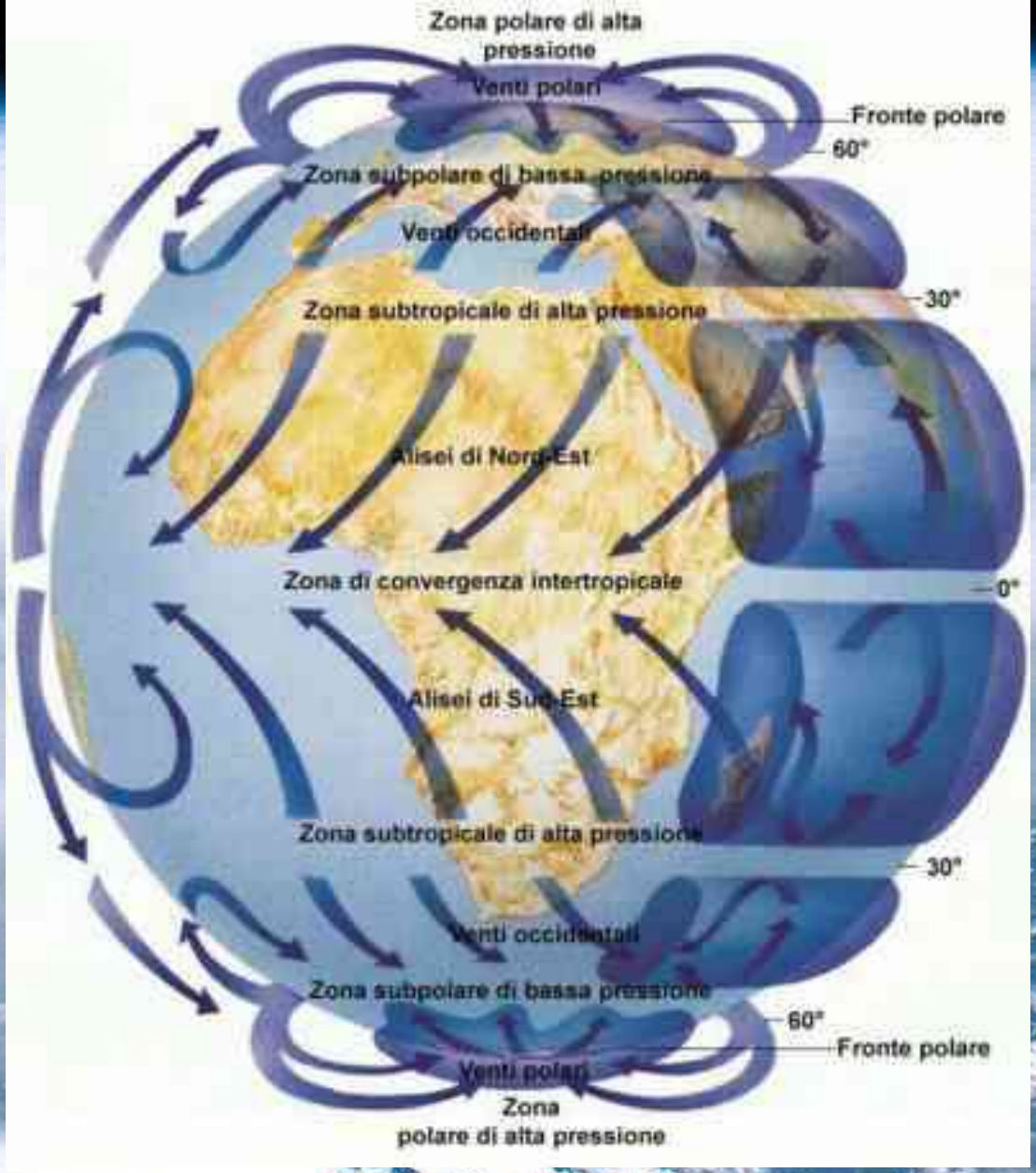
Temperatura: La distribuzione della temperatura sulla superficie terrestre viene rappresentata mediante le isoterme annue, linee che uniscono tutti i punti di eguale temperatura media annua, ridotta a livello del mare; esse indicano che la temperatura, seguendo l'andamento dell'insolazione, diminuisce dall'equatore ai poli: la zona più calda non è però quella equatoriale dove l'abbondante vegetazione e la forte umidità provocano l'abbassamento dei valori medi, ma una zona continentale (equatore termico) spostata verso il Tropico del Cancro; così i poli del freddo non coincidono con i poli geografici, ma sono spostati nelle regioni circumpolari continentali. Per gli studi climatici hanno anche grande interesse le escursioni termiche tra le medie dei massimi e dei minimi diurni, mensili e annui.

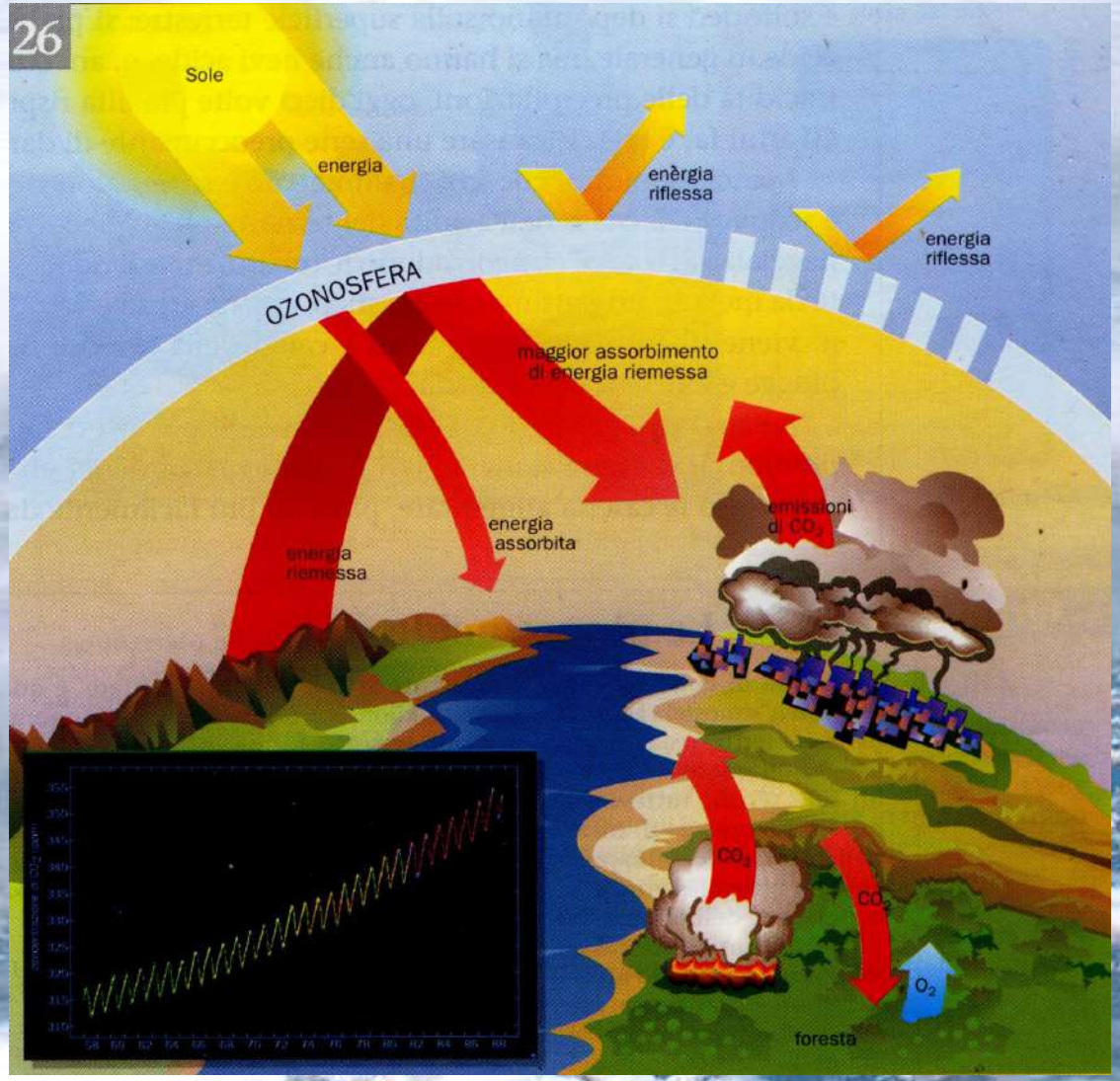
Pressione: La pressione è importante soprattutto per l'influenza che esercita su molti fenomeni atmosferici quali i venti, le precipitazioni, i moti convettivi dell'aria; notevole importanza ha anche per i cosiddetti clima di altitudine, poiché la diminuzione di pressione con l'altezza influisce non solo su alcuni parametri fisici (temperatura, umidità, ecc.) ma ha anche notevoli effetti fisiologici sugli organismi viventi.

Umidità : Quanto all'umidità, si possono considerare sia l'umidità assoluta sia quella relativa; agli effetti di uno studio climatico si preferisce considerare l'umidità relativa, la cui variazione provoca effetti sensibili anche sugli organismi. L'umidità varia in continuazione con l'evaporazione e con le precipitazioni atmosferiche; le regioni meno umide sono quelle lontane dai mari e prive di vegetazione. L'umidità diminuisce anche con l'altezza, quella assoluta molto rapidamente, mentre l'umidità relativa decresce lentamente poiché diminuisce contemporaneamente la temperatura.

Precipitazioni: Le precipitazioni sono un elemento climatico, dipendente soprattutto dalla temperatura e dall'umidità dell'aria, molto usato nelle classificazioni climatiche. Vengono usati i totali mensile e annuo di tutte le precipitazioni, la frequenza e l'intensità delle piogge, i valori medi mensili e, in particolare, il regime delle precipitazioni, cioè la loro ripartizione mensile e stagionale.

Nuvolosità: La nuvolosità influisce sulla temperatura in quanto impedisce a gran parte della radiazione solare di giungere al suolo; d'altra parte trattiene le radiazioni caloriche emesse dal suolo impedendo un forte raffreddamento notturno e riducendo quindi l'escursione termica diurna.


Zona polare di alta pressione
Venti polari
Fronte polare
60°
Zona subpolare di bassa pressione
Venti occidentali
30°
Zona subtropicale di alta pressione
Alisei di Nord-Est
Zona di convergenza intertropicale
0°
Alisei di Sud-Est
Zona subtropicale di alta pressione
30°
Venti occidentali
Zona subpolare di bassa pressione
60°
Fronte polare
Venti polari
Zona polare di alta pressione


26
Sole
energia
enèrgia riflessa
energia riflessa
OZONOSFERA
maggior assorbimento di energia riemessa
energia assorbita
energia riemessa
emissioni di CO_2
CO_2
CO_2
O_2
foresta

Come tutti i corpi che hanno una temperatura superiore allo zero assoluto, anche la Terra irradia nello spazio energia, ma ad una lunghezza d'onda maggiore di quella ricevuta, e cioè con radiazioni infrarosse lunghe. Le radiazioni infrarosse emesse dalla terra non riescono, però, ad attraversare l'atmosfera, per le caratteristiche chimiche dei gas che la compongono e, rimanendo "intrappolate" fanno sì che questa si riscaldi.

Questo fenomeno è noto come "***Effetto Serra***". Risulta quindi che è proprio la composizione chimica dell'atmosfera, unitamente alla distanza dal sole e all'inclinazione dell'asse terrestre, a caratterizzare il clima del nostro pianeta.

A questo punto risulta essenziale conoscere il bilancio energetico complessivo del sistema **Sole-Atmosfera-Terra**. Dell'energia che giunge alla terra da sole (342 W/m2) il 30% circa (107 W/m2) viene riflessa nello spazio dall'atmosfera, dall'aerosol e dalla superficie della terra. Il restante 70% (235 W/m2) riscalda il nostro pianeta. In particolare un terzo (67 W/m2) viene assorbito dall'atmosfera e il restante dalla terra (168 W/m2), ovvero dai suoi oceani e dalle superfici continentali. Teoricamente misurando l'energia che la terra emette verso lo spazio, che corrisponde secondo le leggi della fisica alla stessa quantità dell'energia assorbita poiché la terra si trova in equilibrio termico, si potrebbe stabilire la sua temperatura media. In effetti, un pianeta dalle dimensioni della terra che emette 235 W/m2 dovrebbe avere una temperatura media di -18°C. Si comprende, quindi, come sia fondamentale l'azione dell'**Effetto Serra** sul nostro pianeta, permettendo un incremento di temperatura di ben 33°C, il valore medio al suolo risulta quindi essere (-18°C +33°C) cioè 15 °C. L'effetto serra è, innanzitutto un fenomeno naturale ed essenziale per ogni forma di vita.

GAS SERRA

Nel 1990 l'**Intergovernamental Panel on Climate Change** (IPCC), organismo istituito dal **World Meteorological Organization** (WMO) e **United Nations Environment Program** (UNEP), diede la sua prima valutazione scientifica sul cambiamento climatico concludendo che l'aumento delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra causato dalle attività umane porta ad un riscaldamento della superficie terrestre.
Il "forcing radiativo" la cui traduzione in lingua italiana potrebbe corrispondere a "forzatura" radiativa, è il nome dato all'effetto che questi gas serra hanno nell'alterare il bilancio energetico del sistema Terra-atmosfera. Oltre ai gas serra anche altri fattori naturali e antropici possono produrre un forcing radiativo.

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'inquinamento atmosferico è un complesso di effetti nocivi che si ripercuotono sulla biosfera e quindi sull'uomo, dipendenti dall'azione di fattori di alterazione (inquinanti) degli equilibri esistenti, liberati per lo più come sottoprodotti dell'attività umana nell'aria.

L'inquinamento atmosferico può essere definito come la presenza in atmosfera di sostanze che nella naturale composizione dell'aria non sono presenti o sono presenti ad un livello di concentrazione inferiore, e che producono un effetto misurabile sull'uomo, sugli animali, sulla vegetazione o i materiali.

SORGENTI INQUINANTI

Le sostanze inquinanti liberate nella biosfera sono per lo più prodotte dall'attività umana nel suo vario svolgersi.
Responsabili principali dell'inquinamento atmosferico sono i veicoli con motore a scoppio, le industrie, le centrali termoelettriche, i combustibili per il riscaldamento domestico, la combustione dei rifiuti specie se realizzata senza di adatti impianti di abbattimento delle polveri e di depurazione dei fumi.

INQUINAMENTO PRIMARIO

Vengono definiti inquinanti primari gli inquinanti direttamente emessi dalle sorgenti.

I principali inquinanti primari sono quelli emessi dai processi di combustione di qualunque natura, ovvero gli idrocarburi incombusti, il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto (principalmente sotto forma di monossido) ed il materiale particellare. Nel caso in cui i combustibili contengano zolfo, si ha inoltre anche emissione di anidride solforosa.
A seguito dell'emissione in atmosfera, gli inquinanti primari sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione, nonché a processi di trasformazione chimico-fisica che possono portare alla formazione di nuove specie inquinanti, che spesso risultano più tossici e di più vasto raggio d'azione degli inquinanti originari.

GLI INQUINANTI PRIMARI

Monossido di carbonio

CO (Monossido di carbonio)

Sorgenti : Il monossido di carbonio, CO, si forma durante la combustione delle sostanze organiche, quando questa è incompleta per difetto di ossigeno. La quantità maggiore di questa specie è prodotta dagli autoveicoli e dall'industria (impianti siderurgici e raffinerie di petrolio). Nettamente minore è l'emissione di CO dalle centrali termoelettriche e degli impianti di riscaldamento, perché la combustione è meglio controllata. Tra i motori degli autoveicoli, quelli a ciclo Diesel ne emettono in minima quantità, perché la combustione del gasolio avviene in eccesso di aria. Le emissioni naturali del monossido di carbonio comprendono l'ossidazione del metano e degli altri idrocarburi naturalmente emessi nell'atmosfera, l'emissione diretta dalle piante e l'attività microbica negli oceani. Le emissioni naturali ed antropogeniche di questa specie sono globalmente dello stesso ordine di grandezza.

Effetti sulla salute: Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodoro e fortemente tossico: esplica la sua azione sull'uomo formando con l'emoglobina un complesso irreversibile che inibisce il trasporto di ossigeno nel sangue, causando problemi al sistema respiratorio e, ad elevate concentrazioni, la morte per asfissia. L'affinità del CO per l'emoglobina è di oltre 200 volte superiore a quella dell'ossigeno: la carbossiemoglobina che si forma impedisce l'ossigenazione dei tessuti: i primi sintomi dell'avvelenamento sono cefalea e vertigine. L'esposizione prolungata a concentrazioni di 50 ppm (valore che viene spesso superato nelle vie a forte traffico) è notevolmente dannosa. La quantità di CO emessa dagli scarichi degli autoveicoli è negli ultimi anni diminuita a causa della migliorata efficienza dei motori, del controllo delle emissioni autoveicolari e dell'utilizzo di marmitte catalitiche. Attualmente, la concentrazione atmosferica localizzata di questo inquinante risulta in genere in diminuzione.

Ruolo in Atmosfera: La concentrazione atmosferica di CO è di circa 120 ppb nella troposfera non inquinata e di 1-10 ppm nell'aria inquinata di aree intensamente urbanizzate. Il ruolo del monossido di carbonio nella chimica troposferica delle aree industrializzate è di trascurabile importanza, data la scarsa reattività di questa molecola. Il tempo medio di residenza del CO in atmosfera è di circa quattro mesi, e quindi il monossido di carbonio può essere utilizzato come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

SO2 (Anidride solforosa)

Sorgenti: L'emissione di anidride solforosa deriva dal riscaldamento domestico dai motori alimentali a gasolio, dagli impianti per la produzione di energia, ed in generale dalla combustione di carbone, gasolio ed oli combustibili contenenti piccole percentuali di zolfo, dalla produzione dell'acido solforico, dalla lavorazione di molte materie plastiche, dall'arrostimento delle piriti, dalla desolforazione dei gas naturali. L'emissione naturale di anidride solforosa proviene principalmente dai vulcani. Le emissioni naturali ed antropogeniche di questa specie sono all'incirca dello stesso ordine di grandezza.

Effetti sulla salute: L'anidride solforosa è un gas fortemente irritante e già a 3 ppm se ne apprezza l'odore pungente. Gli effetti nocivi conseguenti alla sua inalazione interessano le mucose delle prime vie respiratorie e può causare costrizione dei bronchi in soggetti predisposti, anche a concentrazioni dell'ordine delle centinaia di ppb.

Ruolo in Atmosfera: Per ossidazione radicalica, il biossido di zolfo forma acido solforico, ed è quindi coinvolto nei processi di acidificazione dell'atmosfera, che hanno effetti negativi sia sull'ecosistema che sui monumenti e manufatti umani. Negli ultimi anni, in seguito agli interventi operati sulla qualità dei combustibili, l'emissione di biossido di zolfo nelle aree urbane è stata drasticamente ridotta, e quindi la sua importanza come inquinante è notevolmente diminuita. I livelli tipici di concentrazione attualmente non superano le poche decine di ppb

NO (Monossido di azoto)

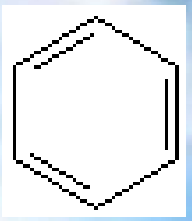
Sorgenti: Gli ossidi di azoto, monossido (NO) e biossido (NO_2), che, essendo presenti contemporaneamente nell'aria, sono comunemente indicati come NOx e si formano da tutti i processi di combustione che avvengono ad alta temperatura. Il monossido di azoto si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto, nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e ad elevata temperatura ($T>2000°C$); l'ulteriore ossidazione del monossido di azoto produce anche tracce di biossido di azoto, che in genere non supera il 5% degli NOx totali emessi. Le emissioni antropogeniche sono principalmente dovute ai trasporti, all'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore ed, in misura minore, alle attività industriali.

Forti quantità sono prodotte dai motori delle automobili, dagli impianti termici e dalle industrie che producono composti azotati. Negli ultimi anni le emissioni antropogeniche di ossidi di azoto sono aumentate notevolmente e questa è la causa principale dell'incremento della concentrazione atmosferica delle specie ossidanti. Su scala globale, le emissioni naturali ed antropogeniche di NOx sono dello stesso ordine di grandezza.

Effetti sulla salute: Il monossido di azoto non è causa di danni diretti all'uomo e all'ambiente in generale.

Ruolo in Atmosfera: La concentrazione atmosferica del monossido di azoto è di 10-50 ppt nella troposfera non inquinata e di 50-750 ppb nell'aria inquinata. L'importanza del ruolo del monossido d'azoto in atmosfera è legata alla reazione di ossidazione che produce biossido d'azoto (NO_2), intermedio fondamentale nei processi di inquinamento secondario ed in particolare di smog fotochimico.

COV - C_6H_6 (Benzene)



Sorgenti: Per composti organici volatili (COV) si intende un insieme di classi di specie di natura organica caratterizzate da basse pressioni di vapore a temperatura ambiente che si trovano quindi in atmosfera principalmente in fase gassosa. Il numero dei composti organici volatili osservati in atmosfera, sia in aree urbane sia remote, è estremamente alto e comprende oltre agli idrocarburi (composti contenenti soltanto carbonio e ossigeno) anche specie ossigenate quali chetoni, aldeidi, alcoli, acidi ed esteri.

Le emissioni naturali dei COV comprendono l'emissione diretta dalla vegetazione e la degradazione del materiale organico; le emissioni antropogeniche sono principalmente dovute alla combustione incompleta degli idrocarburi, all'evaporazione di solventi e carburanti, e alle industrie di trasformazione. Su scala globale, le emissioni naturali ed antropogeniche dei COV sono dello stesso ordine di grandezza. L'emissione di benzene nell'atmosfera è principalmente dovuta ai processi combustivi per la produzione di energia (inclusi i veicoli a motore) e per il riscaldamento domestico. Il benzene, prodotto commercialmente da petrolio, gas naturale e carbone, viene utilizzato come solvente e come intermedio nella produzione di composti chimici; tuttavia, da quando è stata riconosciuta la sua potenziale cancerogenicità, l'utilizzo di questa specie è stato notevolmente ridotto.