

Bilancio radiativo: le fondamenta del clima

Gennaio 13, 2011 by [scolari](#)

Filed under [Clima](#), [Il Blog di Flavio Scolari](#)

Il bilancio radiativo terrestre è dato dalla differenza tra la quantità di radiazione solare assorbita dalla Terra e la quantità di radiazione riflessa e riemessa nello spazio e questo equilibrio determina la temperatura media terrestre, oggi a circa +14°C.

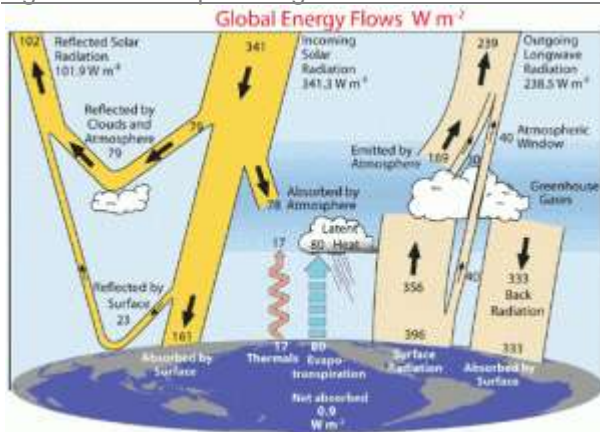
In questo contesto il bilancio energetico è dato dalla differenza tra l'energia assorbita dalla radiazione solare e l'energia ceduta verso lo spazio: il bilancio energetico del sistema Terra-Sole determina il clima, tramite le interazioni tra i suoi elementi costituenti (atmosfera, oceani, litosfera, biosfera, criosfera).

Il trasferimento radiativo è l'interazione tra un insieme di fattori che determinano il trasferimento di radiazione solare tra la superficie terrestre e lo spazio, e viceversa.

In sostanza variazioni del bilancio radiativo, corrispondono una variazione climatica: un eccesso radiativo indotto ad esempio da un'aumento della radiazione solare o da una minor riflessione della radiazione verso lo spazio, corrisponde ad un aumento delle temperature, mentre un ammanco radiativo, indotto ad esempio da una diminuzione della radiazione solare o da un aumento della riflessione della radiazione verso lo spazio, corrisponde ad un raffreddamento climatico.

La radiazione emessa dal sole (prevalentemente luminosa), in parte viene riflessa verso lo spazio dall'atmosfera e dalla superficie, in parte viene assorbita dalla terraferma e dagli oceani, riscaldandosi la superficie terrestre riemette a maggiori lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico (infrarosso: circa 15 micron) energia termica verso lo spazio, parte viene dispersa verso lo spazio, parte viene assorbita o meglio trattenuta dall'atmosfera (soprattutto per mezzo dei gas a effetto serra) e riflessa verso la superficie mantenendo un equilibrio termico che tutt'oggi favorisce temperature medie di circa +14°C, in assenza di un'atmosfera e degli oceani, la temperatura media terrestre sarebbe di circa -18°C, di conseguenza la vita stessa sulla terra probabilmente non sarebbe possibile.

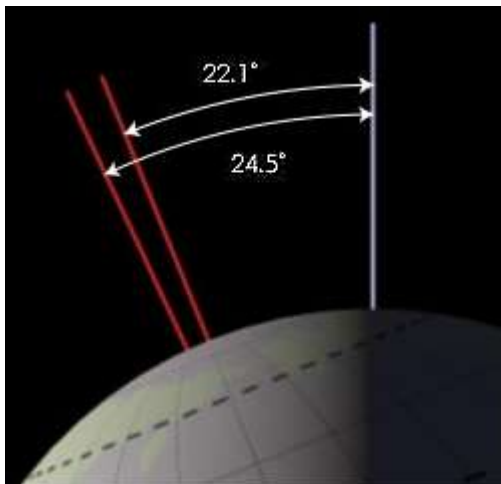
Ogni fattore che possa agire sul bilancio radiativo terrestre, influisce automaticamente sul clima.



Fattori che possono influire sulla radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre:

Variazioni di alcuni parametri astronomici terrestri, noti anche come cicli di Milankovitch:

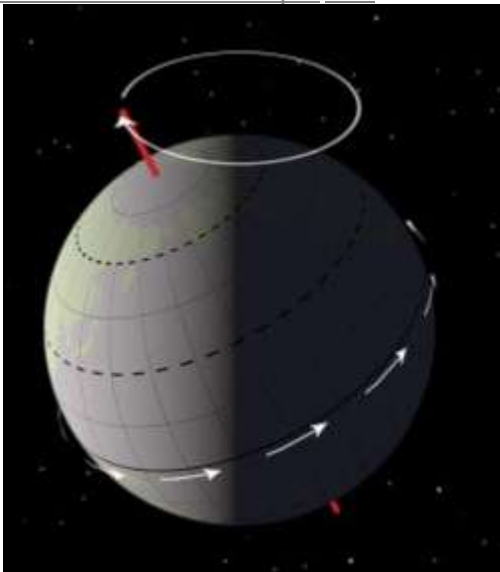
-L'inclinazione assiale, è l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano perpendicolare dell'orbita terrestre ed è soggetta a variazioni periodiche nell'arco di circa 40000 anni di 2,4°, passando da un minimo di 22, 1° a un massimo di 24,5°, ossi l'asse è inclinato a 23,4°.



inclinazione assiale

Un aumento dell'inclinazione assiale, comporta a effetti maggiori alle alte latitudini, la radiazione solare annua tende ad aumentare alle alte latitudini e tende a diminuire alle basse latitudini, aumenta l'entità delle stagioni alle alte latitudini, viceversa una diminuzione dell'inclinazione assiale, favorisce un aumento della radiazione solare annua alle basse latitudini ed una diminuzione alle alte latitudini, diminuisce l'entità delle stagioni alle alte latitudini.

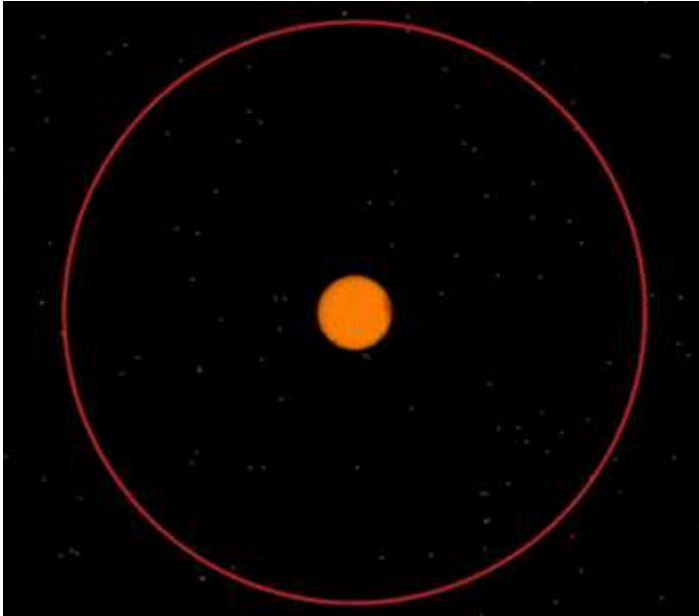
-La precessione degli equinozi è indotto da un moto giroscopico dell'asse terrestre (simile ad una trottola) con un andamento ciclico di circa 26000 anni e prodotto dall'influenza delle maree indotte sia dal sole che dalla luna, di conseguenza definisce la direzione dell'asse terrestre rispetto al sole nei periodi in cui incorrono tra l'afelio e il perielio.



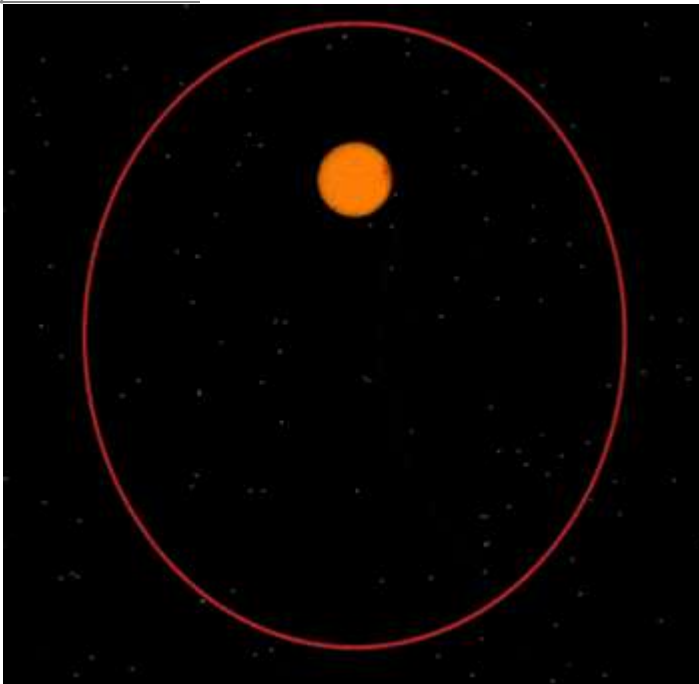
precessione degli equinozi

Tra circa 13000 anni la stella di riferimento per il polo Nord, non sarà più la stella Polare, ma bensì la stella Vega, ma soprattutto sarà l'emisfero Boreale ad essere più vicino al sole durante l'estate, mentre oggi il perielio coincide con l'estate Australe e l'inverno Boreale.

-L'eccentricità dell'orbita terrestre è la misura di discostamento da un'orbita ellittica ad un'orbita circolare (o quasi), l'orbita terrestre presenta variazioni cicliche dalla durata di circa 100000 anni da qui un'orbita di massima eccentricità (0,058) si alterna un'orbita poco eccentrica (0,005), l'eccentricità attuale è di 0,017, variazioni cicliche dell'eccentricità dell'orbita terrestre, le si riscontrano anche prendendo in considerazione un lasso di tempo di circa 400000 anni.



poca eccentricità



alta eccentricità

Queste fluttuazioni dell'orbita terrestre sono indotte dal fatto che la terra non è l'unico pianeta del sistema solare, posti a confini più esterni del sistema solare vi è la presenza di grossi pianeti (soprattutto Giove e Saturno) che coi il loro moto di rivoluzione intorno al sole, influiscono sul moto di rivoluzione della terra per ovvi motivi gravitazionali.

Con un'orbita più eccentrica, si ha una maggior differenza della radiazione solare tra l'afelio e il perielio e una maggior differenza della durata, l'afelio dura di più rispetto al perielio, di conseguenza tende ad aumentare l'entità delle stagioni, soprattutto nell'emisfero posto al perielio quanto incorre l'estate e l'afelio quando incorre l'inverno.

Con un'orbita poco eccentrica, queste differenze tendono a diminuire.

Cicli di Milankovitch influiscono sulla radiazione solare media, sull'entità e la durata delle stagioni e sulla radiazione solare tra le diverse latitudini e tra i 2 emisferi.

Anche l'attività solare influisce seppur in lieve misura sulla quantità di radiazione emessa dalla nostra stella, tuttavia il sistema climatico risulta essere molto sensibile a seppur minime variazioni dell'insolazione media ricevuta dalla nostra stella, in sostanza l'atmosfera e gli oceani, amplificano l'effetto indotto da una piccola

variazione della radiazione solare con vari fattori di retroazione (noti come fattori di Feedback positivi o negativi), in grado anch'essi di agire anche in maniera significativa, sul bilancio radiativo.

Talora si tende a pensare che anche la presenza di pulviscolo interplanetario possa aver in passato favorito una diminuzione della radiazione solare in grado di raggiungere la superficie terrestre, tuttavia per quanto possa essere una teoria fattibile, non è mai stata dimostrata.

Un altro fattore sicuramente molto importante, benchè in tempi relativamente ristretti (solitamente 2-3 anni dopo l'evento) è rappresentato dalle eruzioni vulcaniche di tipo esplosivo in grado di emettere ingenti quantità di ceneri e anidride solforica nella troposfera e a maggior effetto quelle che riescono a penetrare all'interno della stratosfera, essendo quest'ultimo uno strato non soggetto a moti convettivi (stratificato).

La sospensione delle particelle vulcaniche possono schermare la radiazione solare che raggiunge la superficie (effetto albedo), di conseguenza hanno un effetto di raffreddamento all'interno della troposfera, diversamente le particelle di anidride solforica, pur schermando anch'esse gli strati sottostanti dalla radiazione solare, ne assorbono a tal punto da avere un maggior effetto di riscaldamento all'interno della stratosfera, sono gas molto "nocivi" per l'ozonosfera, in quanto intaccato per ulteriori processi chimici le particelle di ozono in maniera ancor più efficace del clorurofluorocarburi (CFC), ritenuti principali responsabili della formazione del buco dell'ozono di alcuni anni fa.

L'influenza sul clima delle nubi, oggi è ancora oggetto di studio, tuttavia è noto che l'effetto della copertura nuvolosa sulla radiazione solare che raggiunge dalla superficie, dipenda dall'altezza e dal tipo di nubi, ad esempio nubi poste a quote medio-basse (stratocumuli), hanno un maggior effetto di riflettere la radiazione solare incidente verso lo spazio (effetto albedo), viceversa nubi poste a quote medio-alte (cirriformi) hanno un basso potere riflettente nei confronti della radiazione solare, ma in compenso hanno una maggior capacità di trattenere all'interno della troposfera, il calore rilasciato dalla superficie terrestre.

Sembra che la copertura nuvolosa sia influenzata almeno in parte dall'attività solare, sia per mezzo di una maggior o minor concentrazione del vapore acqueo nell'atmosfera, sia attraverso l'interazione del vento solare (Eliosfera) con i raggi cosmici, anch'essi in grado di costituire nuclei di condensazione del vapore acqueo soprattutto nella medio-bassa troposfera.

La copertura nevosa, l'estensione delle calotte ghiacciate, gli oceani e la vegetazione sono tutti fattori che costituiscono all'effetto albedo sulla superficie terrestre, ossia la capacità di riflessione della radiazione solare incidente da parte della superficie terrestre.

Ricordo che le superfici ghiacciate e soprattutto innevate, riflettono fino al 90% della radiazione solare incidente.

Anche una diminuzione della vegetazione favorisce un aumento dell'effetto albedo, poichè le foreste hanno un elevato potere assorbente della radiazione luminosa (tramite la fotosintesi, riflessioni multiple del fogliame), dato anche i colori relativamente scuri della vegetazione, solitamente una foresta di conifere riflette fino al 9% della radiazione solare incidente, per la vegetazione a latifoglie varia dal genere di pianta. Di conseguenza, la maggior presenza di terre prive di vegetazione, amplifica l'effetto albedo anche in aree prive di nevi perenni:

i deserti riflettono fino al 25% della radiazione solare incidente, un prato ne riflette circa il 20% mentre un'area di cespugli a bassi fusti circa il 14%.

Gli oceani riflettono appena il 3,5% della radiazione solare incidente, preservando un'effetto albedo bassissimo.

Fattori che influiscono sulla dispersione termica dalla superficie terrestre:

Essenzialmente il calore ceduto verso lo spazio esterno dalla superficie terrestre, viene in parte trattenuto dall'atmosfera e rimesso verso la superficie, soprattutto per mezzo dei gas a effetto serra, i più noti sono il vapore acqueo (H₂O), l'anidride carbonica (CO₂) e il metano (CH₄), altri gas a effetto serra meno noti ma pur sempre presenti seppur in minor misura sono il protossido di azoto (N₂O), l'ozono (O₃), quest'ultimo soprattutto presente all'interno della stratosfera ed altri gas alocarburi, si tratta di gas a effetto serra presenti in piccolissime quantità ma con un potenziale di riscaldare l'atmosfera da 3.000 a 13.000 volte superiore della CO₂ e la loro presenza è prevalentemente attribuita alle attività umane, i più noti sono gli clorofluorocarburi (CFC), gli idroclorofluorocarburi (HCFC), e gli idrofluorocarburi (HFC).

Come già specificato anche il vapore acqueo è un gas a effetto serra con una capacità di trattenere calore

emesso dalla superficie terrestre, molto maggior rispetto alla CO₂, tuttavia il tempo di permanenza in atmosfera è molto inferiore e varia in funzione alle temperature per mezzo dell'evaporazione e delle precipitazioni, mentre il CO₂ ha tempi di permanenza in atmosfera stimato tra i 50 e i 200 anni circa. L'aria più è calda più può contenere maggiori quantità di vapore acqueo, ne consegue che con un clima più caldo, aumenti la concentrazione di vapore acqueo in atmosfera, di conseguenza questo contribuisce come fattore di retroazione positivo ad incrementare il processo in corso, allo stesso tempo però, un aumento della concentrazione di vapore acqueo, aumenta la formazione di nubi e le precipitazioni, in questo senso il vapore acqueo interagisce come fattore di retroazione negativo, ossia tende ad allentare il cambiamento climatico in corso.

Altri gas a effetto serra, tra qui l'anidride carbonica e il metano, possono anch'essi variare in funzione alle temperature, in particolar modo con temperature più elevate aumenta il ciclo del carbonio tra la biosfera e l'atmosfera, come pure tra gli oceani e l'atmosfera contribuendo in tal senso ad amplificare l'effetto di riscaldamento climatico, pur considerando che grosse variazioni della concentrazione di questi gas, possono risultare determinanti sull'andamento climatico e come già specificato, le sorti climatiche del pianeta sono dipese molto dalla presenza dei gas a effetto serra, in assenza di questi gas la vita stessa probabilmente non sarebbe stata possibile.

Altri fattori, soprattutto geologici, invece agiscono sulla concentrazione del CO₂ come effetto di retroazione negativo ad una variazione climatica, ad esempio l'aumento di CO₂ che contribuisce a riscaldare il clima, con un aumento delle temperature la vita vegetale (radici delle piante, batteri, licheni ed altri organismi) accelera il processo di erosione delle rocce, il CO₂ a contatto con certi tipi di roccia degrada e i carbonati prodotti dalla degradazione dell'anidride carbonica, vengono trasportati dai corsi fluviali verso gli oceani, dove in presenza di calcio, forma il carbonato di calcio.

Grazie alla bassa solubilità del carbonato di calcio e all'azione di molti organismi marini, l'oceano rimuove per mezzo dell'erosione di alcune rocce anidride carbonica dall'atmosfera, che si deposita come carbonato nei fondali oceanici, i lentissimi movimenti di subduzione riportano il carbonio nei sedimenti della crosta terrestre, da qui tornerà nell'atmosfera attraverso le eruzioni vulcaniche.

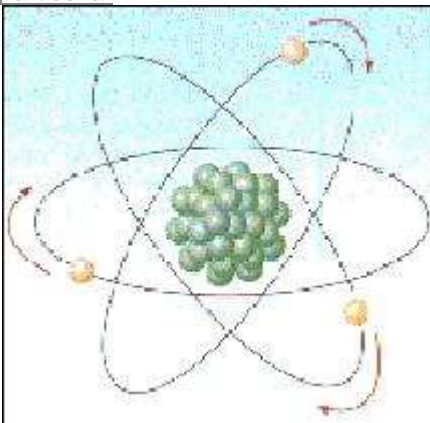
Ma come funziona l'effetto serra atmosferico?

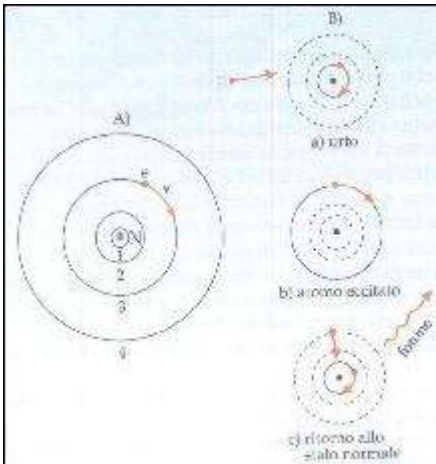
In sostanza è detto in maniera semplicistica ma che sia comprensibile, le particelle sono composte da un certo numero di neutroni, protoni ed elettroni, allo stato neutro hanno lo stesso numero di queste componenti, se la particella perde un protone o un elettrone, diventa elettricamente carico.

Gli elettroni ruotano intorno al proprio nucleo composto da protoni e neutroni, un pò come avviene all'interno di un sistema solare dove i pianeti ruotano intorno al sole.

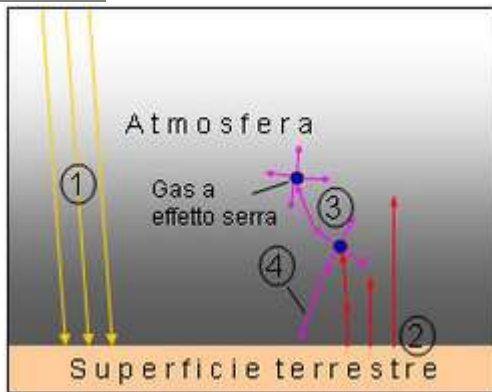
Tuttavia le orbite degli elettroni non sono stabili e possono variare sui cosiddetti piani energetici, questo può accadere quando ad esempio una particella interagisce con un fotone, l'assorbimento di energia da parte di una particella porta ad un diverso livello energetico degli elettroni che ruotano intorno al nucleo dell'atomo.

Il rilascio dell'energia acquisita da parte dell'atomo, comporta ad un abbassamento dei livelli energetici della particella.





In sostanza le particelle di CO₂ o di altri gas in grado di interagire con una radiazione elettromagnetica avente una lunghezza di 15 micron si comportano allo stesso modo, in pratica la radiazione termica rilasciata dalla superficie terrestre in forma di radiazione infrarossa, viene in parte assorbita da alcune particelle che vengono in tal modo “eccitate” lungo i piani energetici, il rilascio di energia acquisita da parte delle particelle per ritornare allo stato “normale”, viene ridispersa nell’atmosfera e verso la superficie terrestre.



In sostanza l'effetto serra è un elemento fondamentale e nel mantenere un bilancio radiativo, di conseguenza risulta fondamentale per l'aspetto climatico.

La diversa capacità di assorbimento e dispersione termica tra oceani e continenti è un altro fattore fondamentale per la climatologia, da non sottovalutare il fatto che le terre emerse assorbono calore molto più velocemente rispetto agli oceani, ma lo rilasciano altrettanto facilmente, mentre gli oceani rilasciano molto più lentamente il calore accumulato.

Questo determina il fatto che gli oceani godono di minori escursioni termiche tra le diverse stagioni, come pure tra le ore notturne e quelle diurne, mentre la terraferma presenta escursioni termiche molto maggiori, sia tra le diverse stagioni, sia tra le ore notturne e quelle diurne.

Ovviamente vi sono alcuni altri fattori che possono incidere sul clima, benchè incidano sul bilancio radiativo solo indirettamente, ad ogni caso una variazione climatica, indipendentemente da quale essa sia (locale o globale) e indipendentemente dal lasso di tempo preso in questione, è l'espressione diretta di una variazione del bilancio radiativo.

Flavio Scolari.