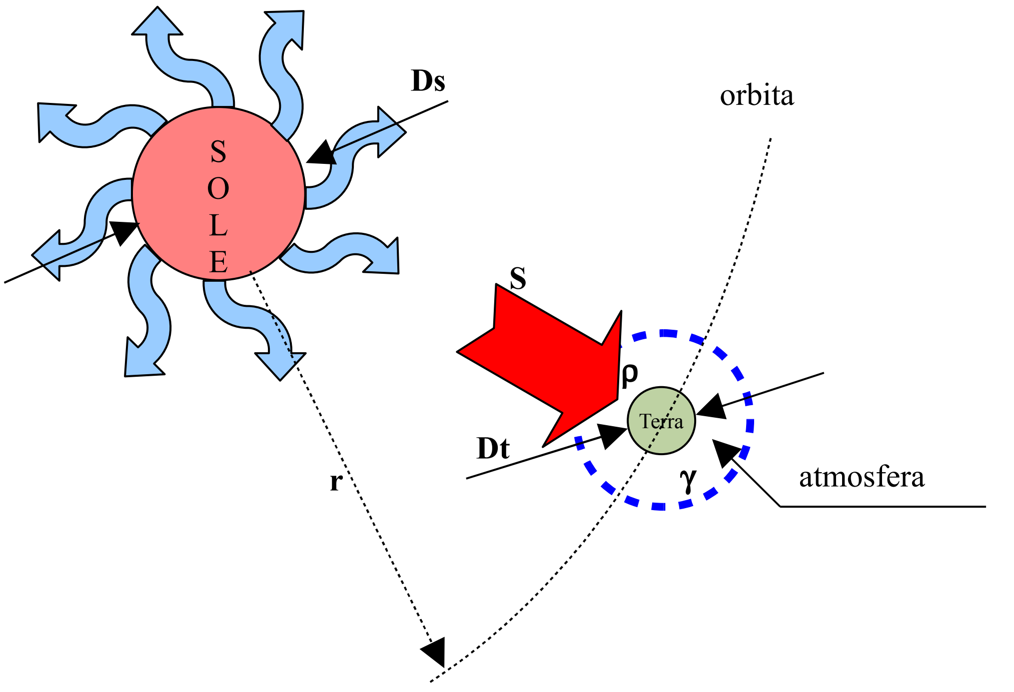
DIMOSTRAZIONE MATEMATICA DELLA RELAZIONE ESISTENTE TRA "USO DELLE FONTI FOSSILI DI ENERGIA" E "RISCALDAMENTO GLOBALE"

(Luigi Ferrari, AREA AMBIENTE - Provincia di Rovigo)

Pensiamo al nostro SOLE che irradia energia sulla nostra TERRA:



S = costante solare = 1.353 W/mq;
r = raggio medio orbita terrestre = 150 10^6 km;
ρ = albedo attuale della Terra (ca. 0,3);
f = $(Rs/r)^2$;
$\boldsymbol{\sigma}_{SB}$= costante di *Stefan-Bolztmann* = 5,67 10^{-8} W/m^2 °K;
Rt = **Dt**/2 = raggio terrestre = 6.314 km
Rs = **Ds**/2 = raggio del Sole = 696 10^3 km
γ = coefficiente attuale gas-serra (ca. 0,4)
σ = f * σ_{SB}

Sulla superficie della TERRA arriva una potenza unitaria diminuita, rispetto alla costante solare **S**, della quantità responsabile dell'albedo **ρ** del Pianeta, e cioè:

$$\mathbf{Z} = S * (1- \rho); \quad \text{con } \rho \approx 0{,}3 \longrightarrow \mathbf{Z} = 947 \text{ W/mq}$$

In condizioni di equilibrio termico (cioè in condizioni di **non** surriscaldamento dl Pianeta) si ha che la quantità di energia irradiata dal SOLE sulla superfici terrestre (che è uguale all'area di una circonferenza di diametro pari a quello terrestre) deve essere uguale alla quantità di energia (anche se con frequenze diverse da quelle ricevute) che viene emessa dalla TERRA; ovvero:

$$\pi * Rt^2 * Z = 4 * \pi * Rt^2 * \sigma * \mathbf{Tt}^4$$ dove **Tt** = temperatura media della Terra in °K.

Cioè, in assenza di effetto serra, si ha $\mathbf{Z}/4 = \sigma * \mathbf{Tt}^4$.

Ma, poiché una parte dell'energia re-irradiata dalla TERRA è trattenuta per effetto serra, indicando con γ il coefficiente di effetto-serra che produce l'atmosfera, il vero bilancio termico è:

$$\mathbf{Z}/4 - (1-\gamma) * \sigma * \mathbf{Tt}^4 = 0.$$

Si ammetta ora che nella superficie terrestre si sviluppi un consumo mondiale di energia fossile di tipo antropogenico, con una potenza pari a **H** (W/mq); tale valore è quantificabile ammettendo che il consumo mondiale di energia primaria (attualmente pari a circa **11** Gtep/anno) sia distribuito su tutta la superficie terrestre. Si ottiene:

$$\mathbf{H} = (11[\text{GTep}]*10^7[\text{kcal/Tep}]/860[\text{kcal/kWh}])*(1/8.760[\text{h/anno}])*(1/(4\pi*6.314^2[\text{km}^2]))$$

$$\approx 0{,}03 \text{ W/mq.}$$

Si supponga ora che, all'aumentare del flusso termico, aumenti anche la temperatura del Pianeta di una quota pari a **ΔTt.** Si avrà:

$$\mathbf{Z}/4 + \mathbf{H} - (1-\gamma) * \sigma * (\mathbf{Tt} + \Delta\mathbf{Tt})^4 = 0$$

Dal momento che (sviluppando in binomio di Newton) $(\mathbf{Tt} + \Delta\mathbf{Tt})^4 \approx (\mathbf{Tt}^4 + 4\mathbf{Tt}^3 * \Delta\mathbf{Tt})$ si ricava:

$$\mathbf{Z}/4 + \mathbf{H} - (1-\gamma) * \sigma * (\mathbf{Tt}^4 + 4\mathbf{Tt}^3 * \Delta\mathbf{Tt}) \approx 0.$$

Visto però che $\mathbf{Z}/4 - (1-\gamma) * \sigma * \mathbf{Tt}^4 = 0$, si ottiene:

$$\Delta\mathbf{Tt}/\mathbf{Tt} \approx \mathbf{H}/\mathbf{Z} = \mathbf{0{,}03/947 = 3 * 10^{-5}},$$

che corrisponde ad un aumento di temperatura **ΔTt** trascurabile anche in un periodo di 100 anni.

Sembrerebbe dunque che il consumo di energia di tipo antropico non incida, se non in maniera trascurabile, sull'aumento della temperatura del Pianeta.

Ma si è proprio sicuri che è così?

In verità il ragionamento matematico fin qui fatto è sicuramente corretto, ma è carente per un fatto sostanziale: ***si è ritenuto cioè che le emissioni associate al consumo di energia non incidano sul fattore gas-serra γ , che è ritenuto rimanere costante all'aumentare della CO_2 emessa.*** L'errore è proprio questo. Il fattore γ non è costante durante il consumo di energia, ma varia in funzione della concentrazione di CO_2 eq. che si instaura nell'atmosfera del Pianeta.

Dagli anni '50 al 2000, il taso di crescita della concentrazione della CO_2 è stato pari a circa 1,0 ÷ 1,2 [ppm/anno] e negli ultimi 5 anni è salito a 1,5 [ppm/anno], con previsione di arrivare a 2,0 [ppm/anno] nel 2015. Di fatto, si è passati dai 280 ppm degli anni di fine '800, a circa 310 ppm di CO_2 degli anni '50, ai 350 ppm di CO_2 degli anno '90, per arrivare agli attuali 380 ppm di CO_2., e con previsione molto verosimile di arrivare ai 400 ppm di CO_2 al 2015.

Questo aumento della concentrazione della CO_2 nell'atmosfera è causa di un aumento del fattore γ che si può indicare con $\Delta\gamma$. Il calcolo è allora da rifare in questo altro modo:

$$\mathbf{Z}/4 \ - \ (1-\boldsymbol{\Delta\gamma}-\boldsymbol{\gamma}) * \sigma * (\mathbf{Tt} + \mathbf{\Delta Tt})^4 = 0, \quad \text{ovvero:}$$

$$\mathbf{Z}/4 \ - \ (1-\boldsymbol{\Delta\gamma}-\boldsymbol{\gamma}) * \sigma * (\mathbf{Tt}^4 + 4\mathbf{Tt}^3 * \mathbf{\Delta Tt}) \approx 0.$$

Risolvendo questa equazione si ricava:

$$\mathbf{\Delta Tt / Tt} \approx \boldsymbol{\Delta\gamma / 4 \, (1-\gamma)}$$

Questo risultato ci dice che si ha un aumento di 1 °K della temperatura terrestre non appena si ha un aumento di $\boldsymbol{\gamma}$ circa pari a $\boldsymbol{\Delta\gamma} = \mathbf{0{,}0083}$, mentre la sua velocità di variazione è pari a $\mathbf{\Delta Tt}/\boldsymbol{\Delta\gamma}$ = 288[°K]/(4*(1-0,4) = 120 [°K].

La legge che segue la variazione di $\boldsymbol{\gamma}$ con la concentrazione della CO_2 non è ben nota, anche se da misure effettuate, sembra che segua la seguente legge proporzionale:

$$\boldsymbol{\Delta\gamma / \Delta} \, \text{Conc. } CO_2 \ = \ 7 * \ 10^{-5} \ \ [1/\text{ppm}].$$

Si avrà dunque:

$$(\mathbf{\Delta Tt} / \boldsymbol{\Delta\gamma}) * (\boldsymbol{\Delta\gamma} / \boldsymbol{\Delta} \, \text{Conc. } CO_2) = 120 * 7 \ \ 10^{-5} = \ \boldsymbol{8{,}4 \ \ 10^{-3}} \ [°\text{K/ppm}].$$

Ma, se oggi il trand di aumento è di 2 ppm/anno di CO_2 , si ottiene:

$$\boldsymbol{8{,}4 \ \ 10^{-3}} \ [°\text{K/ppm}] \ * \ \boldsymbol{2} \ [\text{ppm/anno}] = \boldsymbol{16{,}8 \ \ 10^{-3}} \ [°\text{K/anno}] = \boldsymbol{0{,}017} \ [°\text{K/anno}].$$

In 100 anni si ottiene un aumento di 1,7 °K, che è proprio il valore che più volte viene …. tristemente … argomentato vicino ai 2 °K entro il secolo attuale, qualora il consumo di energia fossile si fermi agli attuali 11 GTep/anno.

Purtroppo il consumo di energia fossile, per i prossimi anni, è dato in aumento con conseguente aumento della velocità di arricchimento dei gas climalteranti nell'atmosfera; è evidente che, senza una forte azione di politica energetico-ambientale, questo valore calcolato di aumento di 2 gradi nei prossimi 100 anni è destinato ad aumentare anche di 2 o 3 volte, con conseguente sconvolgimento dell'equilibrio termodinamico del nostro Pianeta.

Rovigo (IT), dicembre 2009

Ing. Luigi Ferrari

Rif: Alexis De Vos, *Thermodynamics of Solar Energy Conversion*, Ed. WILEY