UNIVERSITETET I STAVANGER
INSTITUTT FOR MATEMATIKK OG NATURVITENSKAP

Løsningsforslag, BIT 390 – Energifysikk høsten 2011

Oppgavesett 11 til 10/11 2011

OPPGAVE 32:

a) Av lign. (3.11) har vi: $G_f^{(0)} = \pi R_E^2 T_B^{(0)}/E_0 = 0.31\,\mathrm{K{\cdot}m^2/W}$, så $G_f = kG_f^{(0)} = 0.78\,\mathrm{K{\cdot}m^2/W}$. For å få $\Delta T = 1\,\mathrm{K}$ trenger vi da et pådriv:

$$F = \frac{\Delta T}{G_f} = 1.28\,\mathrm{W/m^2}\,.$$

b) Av lign. (8.1) har vi at solenergien som treffer jorda er $E_s = \pi R_E^2(1-A)S$, der $A = 0.3$ er Jordas albedo (se læreboken). Hvis solarkonstanten, S, endrer seg til $S + \Delta S$, gir dette en energiforandring $\Delta E = \pi R_E^2(1-A)\Delta S$ og et pådriv $F = \Delta E/4\pi R_E^2 = \frac{1}{4}(1-A)\Delta S$. Vi får da:

$$\Delta T = G_f F = \frac{1}{4}G_f(1-A)\Delta S \qquad \Longrightarrow \qquad \Delta S = \frac{4\Delta T}{(1-A)G_f} = \frac{4\cdot 0.80}{(1-0.30)\cdot 0.78}\,\mathrm{W/m^2} = 5.9\,\mathrm{W/m^2}\,.$$

Dette betyr en forandring av solarkonstanten på bare $\frac{\Delta S}{S} = 0.43\,\%$. Siden Solen stråler som et sort legeme, er den totale energiproduksjonen (luminositeten) gitt av $L = \sigma A_S T_S^4$, der T_S er Solens overflatetemperatur og $A_S = 4\pi R_S^2$ er overflatearealet. Siden intensiteten av strålingen faller som $\frac{1}{R^2}$, der R er avstanden fra Solen, har vi:

$$S = \frac{L}{4\pi R^2} = \left(\frac{R_S^2}{R^2}\right)\sigma T_S^4$$

Vi har altså at en temperaturforandring ΔT_S gir opphav til en forandring i solkonstanten $\Delta S \approx (\partial S/\partial T_S)\Delta T_S$. Med $T_S \approx 5800\,\mathrm{K}$ finner vi:

$$\Delta S = 4\left(\frac{R_S^2}{R^2}\right)\sigma T_S^3\,\Delta T_S \qquad \Longrightarrow \qquad \frac{\Delta S}{S} \approx 4\,\frac{\Delta T_S}{T_S}\,,$$
$$\Delta T_S \approx \frac{\Delta S}{4S}T_S = \frac{5.9}{4\cdot 1367}\cdot 5800\,\mathrm{K} = 6.3\,\mathrm{K}\,.$$

c) På tilsvarende måte som i forrige punkt finner vi nå $\Delta E = -\pi R_E^2 S\Delta A$ og $F = \Delta E/4\pi R_E^2 = -\frac{1}{4}S\Delta A$. Dvs.:

$$\Delta T = G_f F = -\frac{1}{4}G_f S\Delta A \qquad \Longrightarrow \qquad \Delta A = -\frac{4\Delta T}{SG_f} = -\frac{4\cdot 0.8}{1367\cdot 0.78} = -0.0030 = -0.30\,\%\,.$$

Svaret er negativt, fordi en *minking* av A betyr at Jorden reflekterer *mindre* energi, og derfor blir varmere.

Oppgave 33:

a) Vi har at $\alpha_i = F_i/\ln(A(t)/A(0))$. Av tabell 8.8 finner vi, med $t = 2005$ og $t = 0$ i 1750:

$$\alpha_{CO_2} = \frac{1.66}{\ln\left(\frac{379}{280}\right)}\,W/m^2 = 5.5\,W/m^2\,,$$
$$\alpha_{CH_4} = \frac{0.48}{\ln\left(\frac{1.774}{0.7}\right)}\,W/m^2 = 0.51\,W/m^2\,,$$
$$\alpha_{N_2O} = \frac{0.16}{\ln\left(\frac{319}{270}\right)}\,W/m^2 = 0.96\,W/m^2\,.$$

b) Med $G_f = 0.78\,K{\cdot}m^2/W$. som i forrige oppgave, finner vi:

$$\Delta T = G_f F = \alpha G_f \ln\left(\frac{A(t)}{A(0)}\right) \qquad \Longrightarrow \qquad A(t) = A(0)\,e^{\Delta T/\alpha G_f}\,,$$

som gir henholdsvis:

$$A_{CO_2}(t) = 280\,e^{0.8/5.5\cdot 0.78}\,\text{ppm} = 337\,\text{ppm}\,,$$
$$A_{CH_4}(t) = 0.7\,e^{0.8/0.51\cdot 0.78}\,\text{ppm} = 5\,2\,\text{ppm}\,,$$
$$A_{N_2O}(t) = 270\,e^{0.8/0.96\cdot 0.78}\,\text{ppb} = 790\,\text{ppb}\,.$$

Dersom vi i stedet bruker $G_f = G_f^{(0)} = 0.31\,K{\cdot}m^2/W$, blir tallene $A_{CO_2}(t) = 448\,\text{ppm}$, $A_{CH_4}(t) = 110\,\text{ppm}$ og $A_{N_2O}(t) = 4\,000\,\text{ppb}$. Tallene er med andre ord svært følsomme for verdien av k som brukes i beregningen av følsomhetsfaktoren $G_f = kG_f^{(0)}$.

Oppgave 34:

a) Vi finner endringen i massetettheten som:

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta m}{4\pi R_E^2} = \frac{150\cdot 10^{12}}{4\cdot 3.14\cdot(6.37\cdot 10^6)^2}\,kg/m^2 = 0.29\,kg/m^2\,.$$

b) Karbon-andelen i CO_2 er $c = A_C/(A_C + 2A_O) = 12/(12+32) = 0.27$. Da blir endringen i massetettheten av karbon $\Delta\sigma_C = c\Delta\sigma = 0.27\cdot 0.29\,kg/m^2 = 78\,g/m^2$.

c) Den samlede massen cellulose vi kan få blir $m_c = \Delta m/0.40 = c\cdot\Delta m/0.4 = 100\,\text{Gt}$.

d) Hvis vi antar at trærne består bare av cellulose og veier $m_t = 500\,kg$, får vi $N = m_c/m_t = 200\cdot 10^9$ trær. Hvis hvert tre krever arealet $A_t = 10\,m^2$, blir det samlede arealet $A = N_t A_t = 2.0\cdot 10^{12}\,m^2 =$ 2 millionerkm^2. Dette tilsvarer 6 ganger fastland-Norges areal.

e) Dette kan nå beregnes på flere måter. Av b) finner vi at massetettheten av cellulose blir $\sigma_c = \Delta\sigma_C/0.4 = 0.195\,kg/m^2$. Tykkelsen på finérlaget blir da $h = m_c/\rho = 0.00039\,m = 0.39\,mm$.

Ekamensppgave 2, 2010H.