

2022  
høst

# 10 Stråling og drivhuseffekt

## 10.1 Mer om termisk stråling

eks. fra og til huden

Noen strålingsstørrelser:

Utstrålingstetthet  $M = \frac{P}{A}$  ← utstrålt effekt fra sola  
(eksitans) ← overflateareal  
enhet for  $M$  blir  $\frac{W}{m^2}$

Innstrålingstetthet  $E = \frac{P}{A}$  ← innstrålt effekt (på Jorda)  
← areal av treffflate normalt på stråleretningen

(Areal av ei kule er  $A = 4\pi r^2$ )  
(Areal av ei sirkelskive er  $A = \pi r^2$ )

Stefan-Boltzmanns lov.

For et legeme med temperaturen  $T$  er utstrålingstettheten  $M$  gitt ved

$$M = \sigma T^4$$

der  $\sigma$  er stefan-boltzmann-konstanten.

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

eks 10.2 Sola har  $M = 63,2 \frac{MW}{m^2}$

Finndens temperatur.

$$M = \sigma T^4$$

$$\frac{M}{\sigma} = T^4$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{M}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{63,2 \cdot 10^6 \frac{W}{m^2}}{5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}}} = 5778 K \approx \underline{5800 K}$$

For et helt legeme får vi effekten

$$P = A \cdot M = A \cdot \sigma T^4 = \sigma A T^4$$

Stefan-Boltzmanns lov gjelder svarte legemer.

(De absorberer all innkommende stråling)

Ikke-svarte legemer:  $P = \sigma \epsilon A T^4$  St. Boltz.-lov

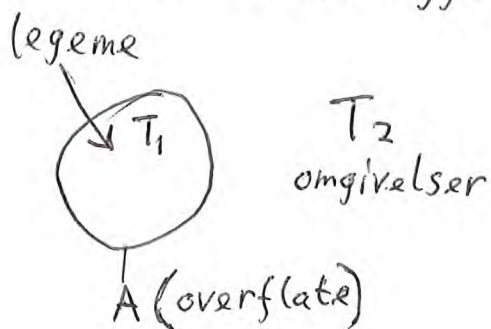
↑ emissivitet

$\epsilon = 0$  for perfekt speil

$\epsilon = 1$  for svart legeme

Strålingslikevekt

Absorbent effekt følger også St. Boltz.-lov.



$$\begin{aligned} \text{Netto } P &= P_{\text{emittert}} - P_{\text{absorbent}} \\ \text{for legemet} \quad P &= \sigma \epsilon A T^4 - \sigma \epsilon A T_2^4 \\ P &= \sigma \epsilon A (T^4 - T_2^4) \end{aligned}$$

eks. 10.3 En naken kropp har  $T_{\text{hud}} = (30 + 273) \text{ K} = 303 \text{ K}$   
 $A = 2,0 \text{ m}^2$  og  $\epsilon = 0,97$

omgivelsene har  $T_{\text{omg}} = (22 + 273) \text{ K} = 295 \text{ K}$

b) Finn kroppens netto utstrålte effekt

$$\begin{aligned} P &= \sigma \epsilon A (T_{\text{hud}}^4 - T_{\text{omg}}^4) \\ &= 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \cdot 0,97 \cdot 2,0 \text{ m}^2 \cdot ((303 \text{ K})^4 - (295 \text{ K})^4) = 94 \text{ W} \end{aligned}$$

Jorda i energibalanse:  $P_{\text{inn}} \approx P_{\text{ot}}$   
fra sola fra Jorda 240W 340W totalt

30% av solstråling reflekteres vekk

Jorda absorberer 70%, dvs.  $0,70 \cdot 340 \text{ W} \approx 240 \text{ W} = \sigma \cdot T^4 \Rightarrow$

↑ stråler som om  $\bar{T} = -18^\circ \text{C}$  (255K), men drivhuseffekten endrer reelt temp.



## Wiens forskyvningslov

Spektrometer måler effekt mot bølgelengde

Bølgelengden som dominerer strålingen endrer seg med legemets temperatur. Dvs. fargen endrer seg også.

500°C rødt

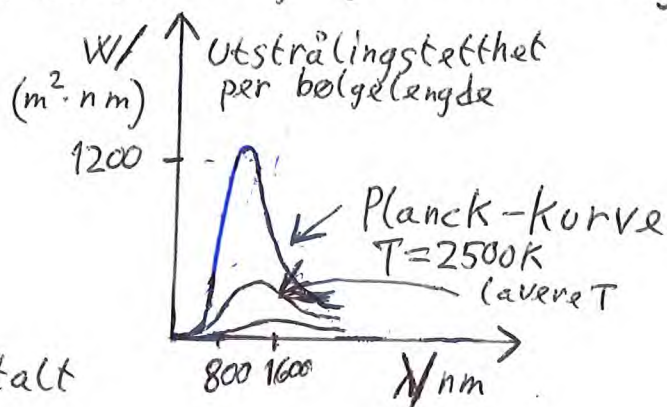
1000°C gult

1500°C hvitt

$\lambda$  topp avtar når  $T$  øker.

Alle  $\lambda$  er med.

Utstrålingstettheten totalt øker raskt med  $T$ .



Bølgelengden  $\lambda_{\text{topp}}$  for kurvetoppen er gitt ved

$$\lambda_{\text{topp}} = \frac{a}{T} \quad \leftarrow \text{konstant}$$

legemets temperatur

$$a = 2,90 \cdot 10^3 \text{ Km}$$

eks. 10.5 Glødelampe,  $T = 2500 \text{ K}$

$$\lambda_{\text{topp}} = \frac{a}{T} = \frac{2,90 \cdot 10^3 \text{ Km}}{2500 \text{ K}} = 1,16 \mu\text{m} (= 1160 \text{ nm})$$

↑  
utenfor synlig område

5% synlig lys

## 10.2 Strålingsbalansen til jorda. Drivhuseffekten

Vi har varmet opp klimaet

Klimagasser,  $\text{CO}_2$  og  $\text{CH}_4$  med flere påvirker temperaturen. ↑

↑ metan

fra 320 til 420 ppm ( $1/10^6$ ) på 60 år

Temp. opp  $1,1^{\circ}\text{C}$  siden 1850. Økende trend.

Jordas energibalanse:



Drivhuseffekten gjør at utstrålingstettheten  $M \approx 400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ , ikke  $240 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  fordi gj.snittstemp. er  $+15^{\circ}\text{C}$  ikke  $-18^{\circ}\text{C}$

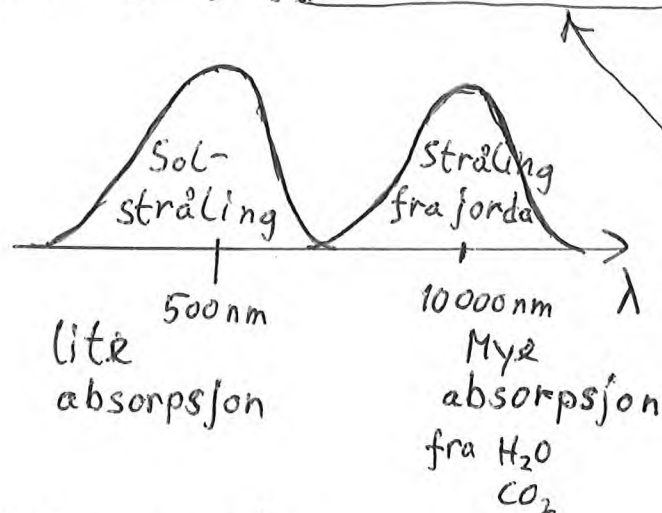
Mer om energibalansen.

Albedo:  $\frac{100 \text{ W/m}^2}{340 \text{ W/m}^2} = 0,29 = 29\%$  ( $340 - 239 \approx 100$ )

Refleksjonsbrøken

dvs. 71% av solstrålingen blir absorbert

Naturlig og forsterket drivhuseffekt



Det meste av drivhuseffekten er naturlig

setter i gang tilbakekoplinger som forsterker temperaturøkningen  $\text{CO}_2$  viktig (metan, ozon...)

$\text{CO}_2$  utslipp som i dag  
 $\Rightarrow \text{CO}_2$  stiger i flere hundre år



Klimasystemet:

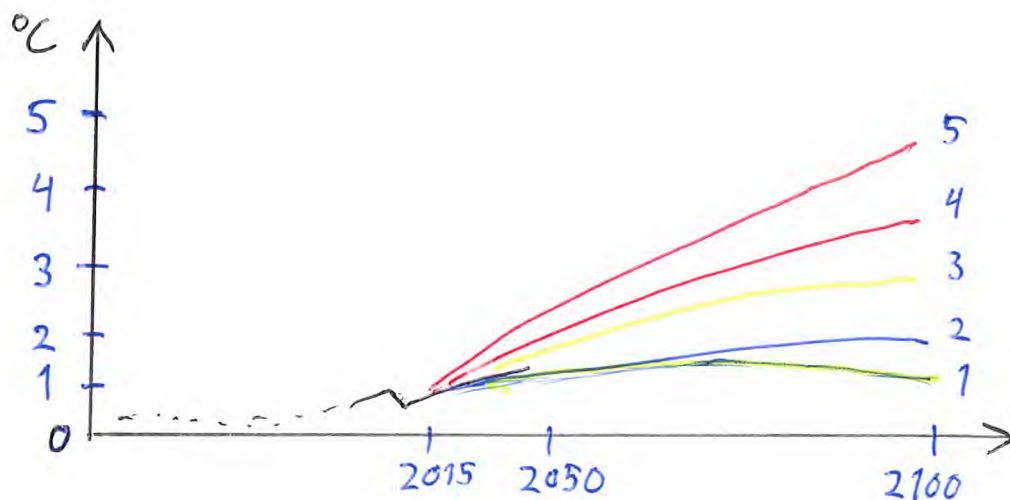
- atmosfæren
- havet
- kryosfæren (is og snø)
- landmassene (landjorda, innsjøer, elver, grunnvann)
- biomassen (planter og dyr)

Klima = gj. snittstilstand for de 5 elementene over 30 år

Komplisert samspill av fysiske, kjemiske, geologiske og biologiske prosesser.

Jordbanen og aksens helling har betydning

små partikler, aerosoler, i lufta maskerer klimaendringer  
Hvor viktig er skyene?



for 5000-8000 år siden var temp. 1°C høyere enn nå  
for 40-70 millioner år siden var temp. 5°C høyere  
enn nå.