

Institutt for lærerutdanning

Løsning - Eksamen

FY6014 Varmelære og miljøfysikk

Faglig kontakt under eksamen: Astrid Johansen

Tlf.: 918 22 404

Eksamensdato: 24.05.2018

Eksamenstid (fra-til): kl.09.00 – 14.00 + 15 minutter til skanning og levering

Tillatte hjelpemidler: Alle, men besvarelsen skal være et individuelt arbeid.
Nødvendige faktastørrelser som ikke er oppgitt må kandidaten selv finne fram til.

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 6

Antall sider vedlegg: 0

Annen informasjon:

Besvarelsen leveres i Inspira. Du velger selv om du vil skrive på papir, pc eller en kombinasjon av dette, men det innleverte dokumentet skal være 1 pdf-fil. Dersom besvarelsen din består av både word-dokument(er) og håndskreven besvarelse, skriv ut word-dokumentet og skann det sammen med den håndskrevne besvarelsen til én pdf-fil. Dersom du får problemer med dette, kan alle dokumentene sendes på epost til videre@ntnu.no.

Vurderingskriterier: se s.2

Kontrollert av:

Dato

Sign

Vurderingskriterier

Ved vurderingen av besvarelsen vektlegges hvordan du viser **egen** kompetanse ved å

- gjøre greie for fysiske fenomener og sammenhenger
- drøfte fysiske problemstillinger og gjøre kvalitative vurderinger
- gjøre rimelige antakelser og presisere forutsetninger
- formidle tydelige resonnementer og begrunne påstander
- gjøre kvantitative beregninger
- formidle fagstoffet på en logisk, presis og oversiktlig måte

Prosentene på hver oppgave indikerer hvor mye den teller i det endelige resultatet for hele denne eksamensoppgaven.

Oppgave 1 (Vekt 20 %)



Vi ser på ei badstue som har form som en kube med innvendige sidekanter på 3,0 m. Den har vegger, gulv og tak som består av 3,0 cm utvendig og 2,0 cm innvendig panel, med 15 cm isolasjon (glassvatt) i mellom. Det er isolasjon i 90% av flatene, mens de resterende 10% består av stenderverk i tre samme type tre som panelet. Stenderverket er gjennomgående, slik at man der har 20 cm treverk. Bygningsmetoden er lik for både tak, gulv og vegger.

Vi setter i hele denne oppgaven Innnetemperaturen til 90°C og utetemperaturen er 0°C .

Oppgitte varmeledningsevner:

- panel og stenderverk: $\kappa_{\text{tre}} = 0,12 \text{ W/Km}$
- isolasjon (glassvatt): $\kappa_{\text{g}} = 0,035 \text{ W/Km}$

a) Hva blir det totale varmetapet pga. varmeledning gjennom gulvet, taket og de fire veggene?

Svar:

Alle sideflatene har et areal på $9,0 \text{ m}^2$. Dvs. badstua har et totalt areal på 54 m^2 . Av dette er 10%, dvs. $A_{\text{tre}} = 5,4 \text{ m}^2$, gjennomgående treverk med tykkelse $L_{\text{tre}} = 0,20 \text{ m}$. Det resterende arealet er isolert, dvs. $A_{\text{iso}} = 48,6 \text{ m}^2$ og består av $2,0 \text{ cm} + 3,0 \text{ cm} = 5,0 \text{ cm}$ treverk og 15 cm isolasjon.

Det totale varmetapet i badstua Φ , blir da summen av varmetapet i det gjennomgående treverket Φ_{tre} og i det isolerte arealet Φ_{iso} .

Varmestrømmen Φ_{tre} :

$$\Phi_{\text{tre}} = \frac{\Delta T}{R_{\text{tre}}} \quad \text{der varmemotstanden er} \quad R_{\text{tre}} = \frac{L_{\text{tre}}}{\kappa_{\text{tre}} \cdot A_{\text{tre}}}$$

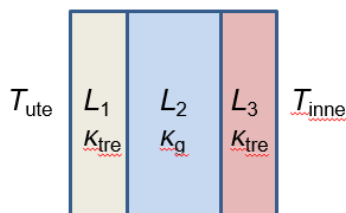
Dermed er varmestrømmen gjennom arealet i badstua med gjennomgående treverk

$$\Phi_{\text{tre}} = \frac{\Delta T \cdot \kappa_{\text{tre}} \cdot A_{\text{tre}}}{L_{\text{tre}}} = \frac{90 \text{ K} \cdot 0,12 \text{ W/(Km)} \cdot 5,4 \text{ m}^2}{0,20 \text{ m}} = 292 \text{ W}$$

Varmestrømmen Φ_{iso} gjennom det isolerte arealet i badstua er gitt ved

$$\Phi_{iso} = \frac{\Delta T}{R_{iso}} \quad \text{der} \quad R_{iso} = \text{samlet varmemotstand i de tre lagene}$$

R_{iso} kan vi betrakte som en seriekobling av tre varmemotstander



$$R_1 = \frac{L_1}{\kappa_{tre} A} = \frac{0,02 \text{ m}}{0,12 \text{ W/(Km)} \cdot 48,6 \text{ m}^2} = 3,43 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_2 = \frac{L_2}{\kappa_g A} = \frac{0,15 \text{ m}}{0,035 \text{ W/(Km)} \cdot 48,6 \text{ m}^2} = 88,2 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_3 = \frac{L_3}{\kappa_{tre} A} = \frac{0,03 \text{ m}}{0,12 \text{ W/(Km)} \cdot 48,6 \text{ m}^2} = 5,14 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$$

Total varmemotstand der det er isolert:

$$R_{iso} = R_1 + R_2 + R_3 = 96,8 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$$

Dermed er varmetapet i det isolerte arealet

$$\Phi_{iso} = \frac{\Delta T}{R_{iso}} = \frac{90 \text{ K}}{96,8 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}} = 930 \text{ W}$$

Total varmestrøm ut av badstua:

$$\Phi = \Phi_{tre} + \Phi_{iso} = 930 \text{ W} + 292 \text{ W} = 1222 \text{ W}$$

Dvs. 1,2 kW.

På den ene vegg i badstua er det et lite, gammelt vindu. Det er kvadratisk med sidekanter har lengde 20 cm, ettlags, med tykkelse 4,0 mm og har varmeledningsevne 0,80 W/Km.

b) Hvor stor er U-verdien til vinduet

1. når du bare tar hensyn varmeledning?

Svar:

$$U = \frac{\Phi_{vindu}}{\Delta T \cdot A_{vindu}} = \frac{\kappa A_{vindu} \Delta T}{\Delta T \cdot A_{vindu}} = \frac{\kappa}{L_{vindu}} = \frac{0,80 \text{ W/(Km)}}{4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 200 \text{ W/(Km}^2\text{)}$$

2. når du tar hensyn til både varmeledning og stråling?

Svar:

Siden det ikke står noe om refleksjon og absorpsjon, antar vi at all stråling går gjennom glasset.

Utstrålt effekt på grunn av stråling:

$$\Phi_{\text{stråling}} = A\sigma(T_{\text{inne}}^4 - T_{\text{ute}}^4) = (0,20 \text{ m})^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{K}^4 \text{m}^2} \cdot ((363 \text{ K})^4 - (273 \text{ K})^4) = 26,8 \text{ W}$$

$$U = \frac{\Phi_{\text{glass}} + \Phi_{\text{stråling}}}{\Delta T \cdot A_{\text{vindu}}} = U_{\text{glass}} + \frac{\Phi_{\text{stråling}}}{\Delta T \cdot A_{\text{vindu}}} = 200 \text{ W}/(\text{Km}^2) + \frac{26,8 \text{ W}}{90 \text{ K} \cdot (0,20 \text{ m})^2} = 207 \text{ W}/(\text{Km}^2)$$

- c) I en badstu kan kroppens overflate bli utsatt for en varmestrøm på 500 W/m^2 . Vurder hvordan kroppen kan regulere temperaturen slik at det er mulig å oppholde seg i en badstu der temperaturen er 90°C i 20 minutter.

Forklar, gjør rede for forutsetningene du legger til grunn og gjør beregninger.

Svar:

Mulige varmetransportmekanismer er varmeledning, stråling, konveksjon og fordamping.

Siden temperaturen utenfor er høyere enn systemet som skal avkjøles, er det bare fordamping av svette som er mulig. Det gunstigste for å kunne avkjøle kroppen er at lufta i badstua er så tørr at den kan absorbere all svetten som kroppen fordamper. Videre antar vi at kroppen har et areal på $1,5 \text{ m}^2$. Da får kroppen tilført varmen

$$Q_{\text{tilført}} = 500 \text{ W/m}^2 \cdot 1,5 \text{ m}^2 \cdot 20 \cdot 60 \text{ s} = 9,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

For at kroppstemperaturen ikke skal øke, må denne tilførte varmen kompenseres av at kroppen fordamper svette. Spesifikk fordampingsvarme for vann er $l_f = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.

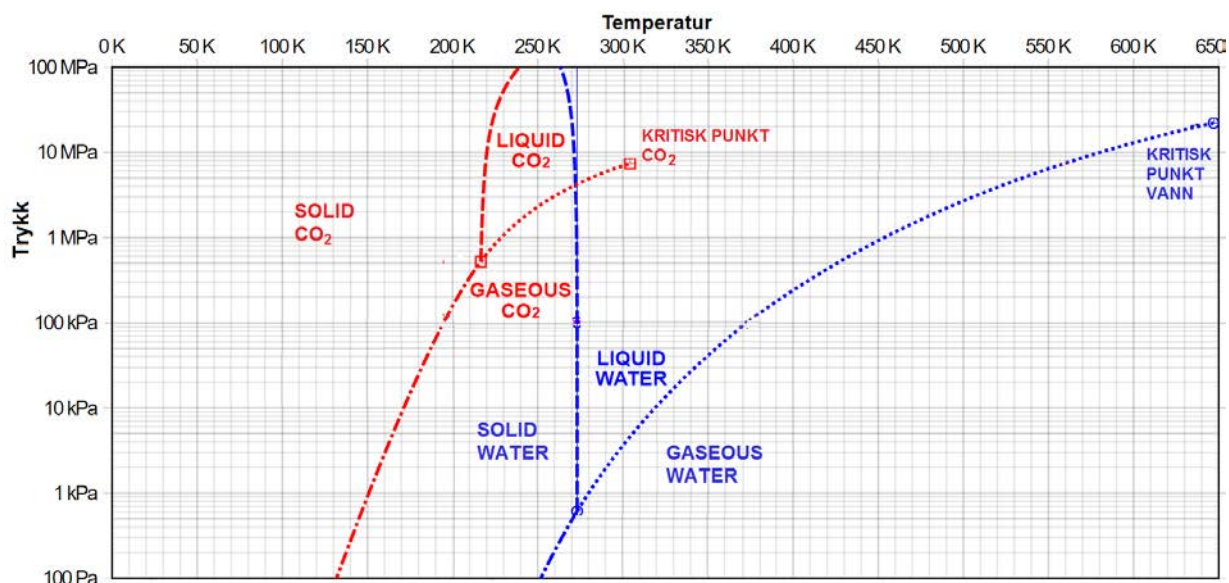
Da kan vi finne den minste massen svette som må fordampe for å holde kroppstemperaturen konstant:

$$Q_f = Q_{\text{tilført}} \Rightarrow m \cdot l_f = 9,0 \cdot 10^5 \text{ J} \Leftrightarrow m = \frac{9,0 \cdot 10^5 \text{ J}}{2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}} = 0,40 \text{ kg}$$

Men siden lufta i badstua allerede inneholder en del fuktighet, må det fordampes mer svette enn dette.

Oppgave 2 (Vekt: 15 %)

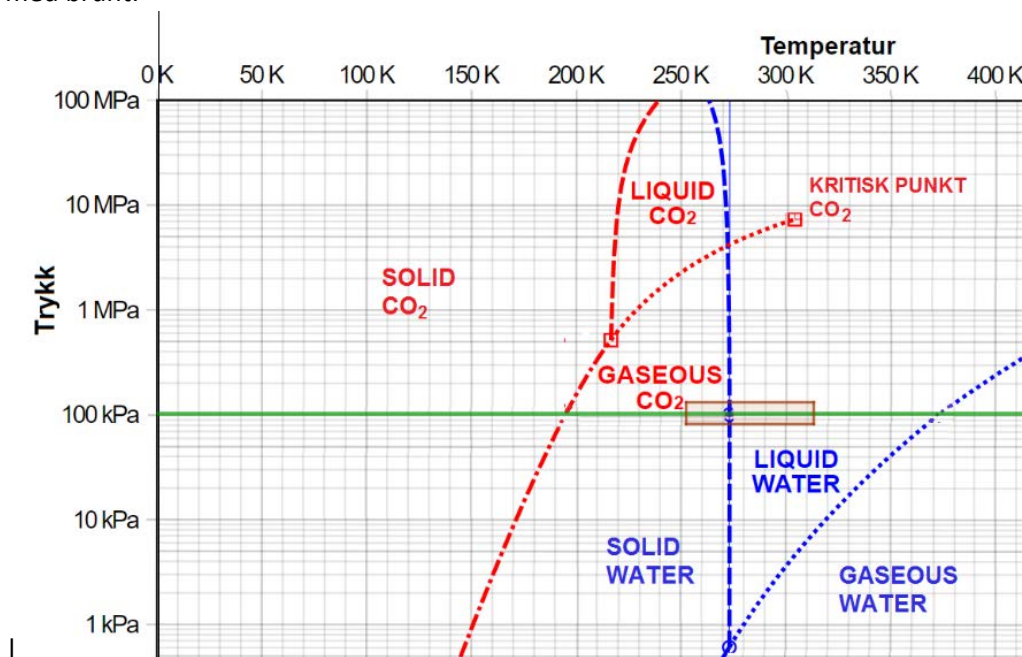
Under ser du fasediagrammene for vann og karbondioksid tegnet inn i samme diagram.



- a) 1. Hvilken informasjon gir fasediagrammene om egenskapene til CO₂ og vann under normale forhold?

Svar:

«Normale forhold» vil si et trykk på ca. $100 \text{ kPa} = 10^5 \text{ Pa}$ og temperaturer i området -20°C til $+40^\circ\text{C}$, dvs. fra ca. 250 K til 310 K. Trykket er markert med grønt og temperaturområdet med brunt.

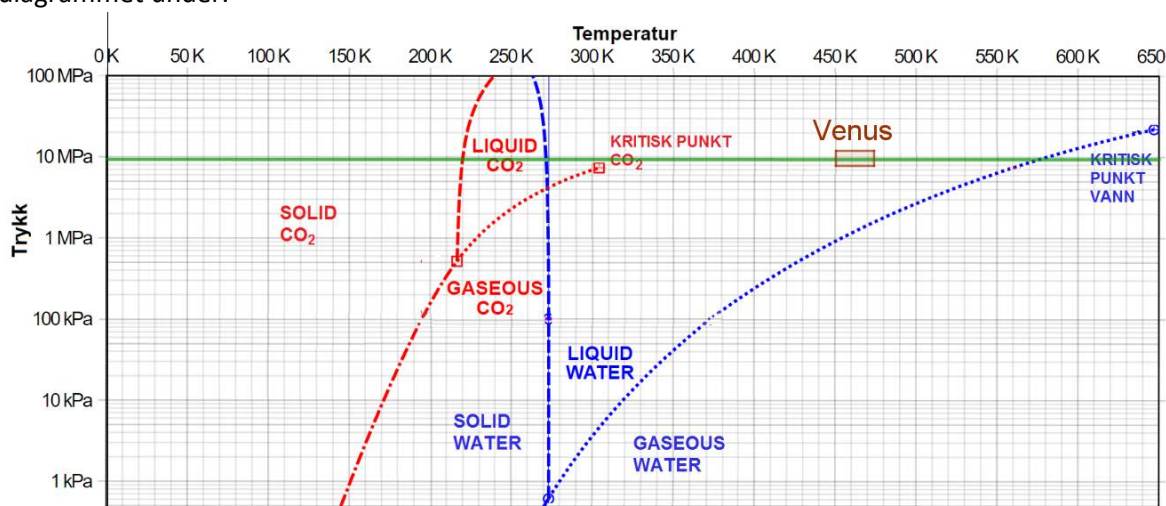


Da ser vi at vann er i væskefase eller fast stoff, mens CO₂ utelukkende er i gassfase. Vi ser at overgangen mellom fast stoff og væske skjer ved ca 270 K for vann, og at overgangen mellom væske og gass skjer ved omtrent 370 K. Når det gjelder CO₂, ser vi at vi har en direkte overgang fra fast stoff (= tørris) til gass. Det skjer ved ca. - 80°C. Ved normalt trykk, vil vi aldri ha CO₂ i væskeform.

2. Hva kan du si om dette om vi hadde vært på Venus sin overflate i stedet?

Svar:

På Venus overflate er temperaturen ca. 460 K og trykket 9,3 MPa. Dette er tegnet inn i diagrammet under.



Her ser vi at alt vann vil være i væskefase, mens CO₂ vil være i superkritisk fase. I superkritisk fase er de termiske bevegelsene så raske at skille mellom gass og væske forsvinner.

3. Hvorfor dannes skyer lettere høyere oppe i atmosfæren?

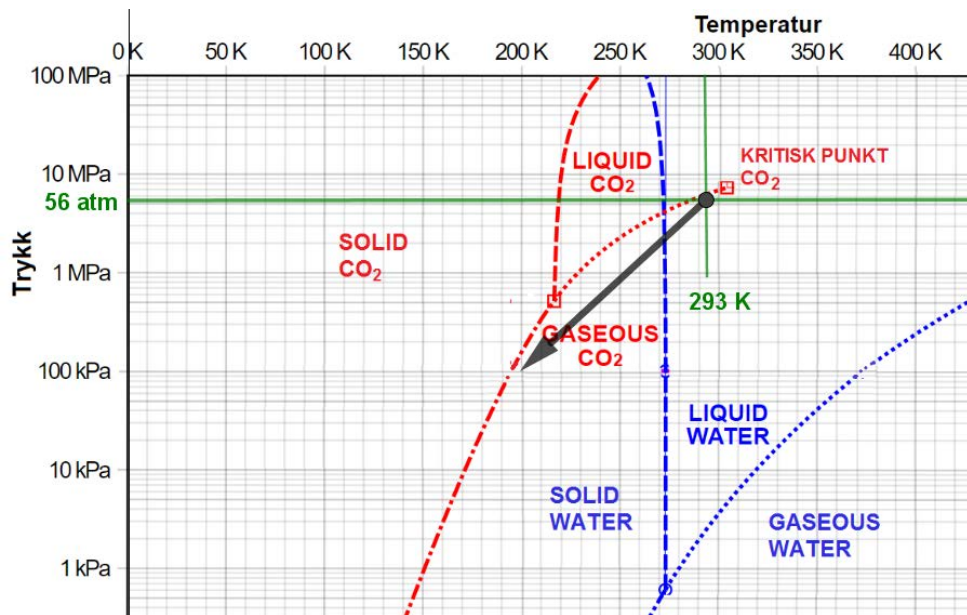
Svar:

- Når temperaturen synker ser vi av diagrammet at metningstrykket for vanndamp i lufta synker. Dvs. at lufta får mindre evne til å inneholde vanndamp, og vanndamp kondenserer til dråper og danner skyer
- Vi ser også av fasediagrammet at ved temperaturer lavere enn 273 K vil det aller meste av vannet i lufta være i fast form

b) Et brannslukningsapparat inneholder CO₂ ved et trykk på 56 atm. Tegn inn prosessen når brannslukningsapparatet brukes. Begrunn.

Svar:

Når brannslukningsapparatet brukes, vil trykket synke raskt og så raskt at det ikke vil utveksles varme i prosessen. Dvs. det vil være en adiabatisk prosess. Da må CO₂'en bruke av sin egen indre energi til å gjøre utvidelsesarbeid på omgivelsene. Altså går temperaturen ned i tillegg til at trykket går ned. Dette er vist kvalitativt i fasediagrammet på neste side.



Dersom vi antar at vi har en adiabatisk prosess, kan vi bruke adiabatlikningene til å beregne sluttemperatur. Forutsetningen er da at det ikke overføres varme i prosessen og at gassen ikke gjennomgår noen faseendringer. Da har vi

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad \text{og} \quad T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

Setter tilstand 1 som starttilstanden der $p_1 = 56 \text{ atm}$ og $T_1 = 293 \text{ K}$

Tilstand 2 er slutttilstanden der $p_2 = 1 \text{ atm}$ og temperaturen T_2 er ukjent. Fra tabeller har vi at $\gamma = 1,30$ for CO_2 .

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \Leftrightarrow \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma = \frac{p_1}{p_2} = 56 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_2}{V_1} = 56^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Leftrightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{-1} = 56 \cdot \left(56^{\frac{1}{\gamma}} \right)^{-1} = 56 \cdot \left(56^{\frac{1}{1,30}} \right)^{-1} = 2,53$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2,53} = \frac{293 \text{ K}}{2,53} = 115 \text{ K}$$

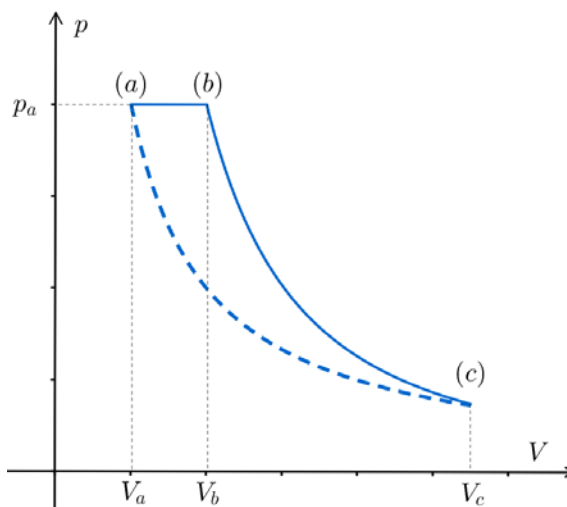
Men siden denne temperaturen gjør at vi krysser overgangen til fast stoff og i tillegg er lite sannsynlig at det ikke utveksles varme når gassen sprer seg over et mye større volum (vi får $\frac{V_2}{V_1} \approx 22$), er ikke forutsetningene oppfylt.

Derfor nøyer vi oss med den kvalitative løsningen som er vist i diagrammet.

Oppgave 3 (Vekt: 35 %)

To mol av en enatomig, ideell gass med $\gamma = 5/3$ gjennomløper de reversible prosessene vist i figuren ved siden av.

Gassen har i starttilstanden volumet V_a og temperaturen T_a . Den utvider seg først ved konstant trykk, p_a til volumet blir dobbelt så stort som startvolumet, i trinn $a \rightarrow b$. Deretter gjennomgår gassen en adiabatisk prosess til temperaturen igjen har fått startverdien, i trinn $b \rightarrow c$.



- a) Finn trykk, temperatur og volum i tilstandene b og c uttrykt ved p_a , V_a og T_a .

Svar:

Gitt i oppgaven at $p_b = p_a$, $V_b = 2V_a$ og $T_c = T_a$.

For en ideell gass har vi $\frac{p_b V_b}{T_b} = \frac{p_a V_a}{T_a}$

Vi får:
$$T_b = \frac{p_b V_b}{p_a V_a} T_a = \frac{p_a \cancel{2V_a}}{\cancel{p_a} V_a} T_a = \underline{\underline{2T_a}}$$

Fra b til c er prosessen adiabatisk. Vi finner volumet i c

$$T_c V_c^{\gamma-1} = T_b V_b^{\gamma-1}$$

$$V_c^{\gamma-1} = 2V_b^{\gamma-1}$$

Vi setter inn $\gamma = 5/3$ og får

$$V_c^{2/3} = 2V_b^{2/3}$$

$$V_c = 2^{3/2} V_b = 2^{3/2} \cdot 2V_a = 2^{5/2} V_a \Leftrightarrow \underline{\underline{V_c = 4\sqrt{2}V_a}}$$

Vi finner trykket i c ved hjelp av tilstandslikningen for en ideell gass:

$$\frac{p_c V_c}{T_c} = \frac{p_a V_a}{T_a} \Rightarrow p_c = \frac{V_a T_c}{V_c T_a} p_a$$

$$p_c = \frac{V_a}{4\sqrt{2}V_a} p_a = \underline{\underline{\frac{p_a}{4\sqrt{2}}}}$$

- b) 1. Skriv termodynamikkens første hovedsetning for hver av del - prosessene $a \rightarrow b$ og $b \rightarrow c$. Hvilke regler gjelder for fortegn på de ulike størrelsene?

Svar:

Termodynamikkens første hovedsetning: $\Delta U = Q - W$

Varmen, Q regnes positiv når den tilføres systemet. Slik termodynamikkens andre hovedsetning er skrevet her, er arbeidet W positivt når systemet utfører et arbeid på omgivelsene. Endring i indre energi ΔU er positiv når temperaturen i systemet øker.

Prosess $a - b$ er isobar $\Rightarrow W = p\Delta V$ og $\Delta U = Q - W$

Prosess $b - c$ er adiabatisk, dvs. ingen varmeutveksling med omgivelsene

$$\Rightarrow Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -W$$

2. Vis ved beregning at endringen i indre energi fra a til b er $\Delta U_{ab} = 3RT_a$.

Finn den totale endringen i indre energi for prosessen $a - b - c$ er. Kommenter resultatet.

Svar:

Endring i indre energi fra a til b : $\Delta U_{a-b} = nC_v(T_b - T_a)$

hvor C_v er den molare gasskonstanten ved konstant volum og n er antall mol, dvs. $n = 2$.

Sammenheng mellom de molare varmekapasitetene:

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma \text{ og } C_p - C_v = R$$

Vi får

$$\gamma C_v - C_v = R \Rightarrow C_v = \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{R}{5/3 - 1} = \frac{3}{2}R$$

Innsatt i uttrykket for endring i indre energi sammen med $T_b = 2T_a$:

$$\Delta U_{a-b} = \frac{3}{2}R \cdot 2 \cdot (T_b - T_a) = \underline{\underline{3RT_a}}$$

Tilsvarende beregning av endring i indre energi fra b til c gir:

$$\Delta U_{b-c} = \frac{3}{2}R \cdot 2 \cdot (T_c - T_b) = \underline{\underline{-3RT_a}}$$

siden $T_c = T_a$ og $T_b = 2T_a$.

Siden den indre energien er kun avhengig av temperaturen og $T_c = T_a$, er det ingen endring i indre energi mellom tilstand a og c . Dette stemmer med resultatet over. Summen av indre energi i de to prosessene er null.

3. Hvor mye varme tilføres gassen gjennom prosessen $a \rightarrow b \rightarrow c$?
Uttrykk varmemengden ved hjelp av R og T_a .

Svar:

Varme tilføres altså kun fra a til b: $Q_{ab} = \Delta U_{ab} + p_a(V_b - V_a)$

Vi setter inn resultatene fra a og b og får:

$$Q_{a-b} = 3RT_a + p_a(2V_a - V_b) = 3RT_a + p_a V_a$$

Tilstandslikningen for en ideell gass: $p_a V_a = nRT_a$ der $n = 2$ mol

Vi får
$$\underline{\underline{Q_{a-b} = 5RT_a}}$$

Gassen gjennomløper til slutt en prosess ved at den bringes tilbake til starttilstanden gjennom en isoterm prosess $c - a$.

- c) Beregn hvor stort arbeid gassen har utført, netto for hele syklusen. Uttrykk også dette med R og T_a . Beregn virkningsgraden (tall svar) til en varmekraftmaskin som er basert på syklusen de tre prosessstrinnene utgjør.

Hva ville virkningsgraden for en varmekraftmaskin basert på en Carnot syklus som opererte mellom de samme temperaturene være? Kommenter.

Svar:

Arbeidet som utføres av gassen skjer fra a til b og fra b til c hvor volumet øker. Vi får:

$$W_{a-b} = p_a V_a = 2RT_a$$

$$W_{b-c} = -\Delta U_{b-c} = 3RT_a$$

Totalt utført arbeid fra a til c: $W_{\text{utført}} = 5RT_a$

Gassen tilføres arbeid fra c til a. Her avtar volumet.

$$W_{c-a} = \int_c^a p dV = \int_c^a \frac{nRT_a}{V} dV = nRT_a \ln\left(\frac{V_c}{V_a}\right) = 2RT_a \ln(4\sqrt{2}) = 2RT_a \ln 2^{\frac{5}{2}} = 5RT_a \ln 2$$

Netto utført arbeid:

$$W_{\text{netto}} = 5RT_a - 5RT_a \ln 2 = \underline{\underline{5RT_a(1 - \ln 2)}}$$

Virkningsgraden for en varmekraftmaskin:

$$\eta = \frac{5RT_a(1 - \ln 2)}{5RT_a} = 1 - \ln 2 = 0,31$$

Virkningsgraden til en Carnotmaskin mellom de samme temperaturene:

$$\eta_C = \frac{T_b - T_a}{T_b} = 1 - \frac{T_a}{T_b} = 1 - \frac{1}{2} = \underline{\underline{0,50}}$$

Dette er den maksimale virkningsgraden når forholdet mellom de to temperaturene er $2 : 1$.
Virkningsgraden til prosessen i denne oppgaven er 62 % av det maksimale grensen.

- d) Beregn endringen i entropi for delprosessene $a - b$, $b - c$ og $c - a$. Bruk disse resultatene til å begrunne at entropien er en tilstandsfunksjon.

Svar:

Endring i entropi for en reversibel prosess: $dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$

$$a - b: \Delta S_{a-b} = \int_{T_a}^{T_b} \frac{C_p n dT}{T} = C_p n \ln \left(\frac{T_b}{T_a} \right) = \frac{5}{2} R \cdot 2 \cdot \ln \left(\frac{2T_a}{T_a} \right) = \underline{\underline{5R \ln 2}}$$

$$b - c: \text{ Ingen varmeutveksling: } Q = 0 \Rightarrow \underline{\underline{\Delta S = 0}}$$

$$c - a: \Delta S_{c-a} = \int_{T_c}^{T_a} \frac{dQ}{T} = \int_{T_c}^{T_a} \frac{pdV}{T_a} \quad \text{fordi} \quad dQ = dW = pdV$$

Temperaturen er konstant i hele denne prosessen.

$$\text{Vi kan skrive dette som: } \Delta S_{c-a} = \frac{1}{T_a} W_{c-a} = \underline{\underline{-5R \ln 2}}$$

Vi ser at samlet entropiendring for den sykliske prosessen $a - b - c - a$ er null. En syklus i en reversibel syklisk prosess gir altså ingen endring i entropien. En tilstandsvariabel er kun avhengig av slutt og starttilstander, ikke avhengig av de termodynamiske prosessene mellom tilstandene.

Oppgave 4

(Vekt: 30 %)

En elev i fysikkgruppen din er sterkt kritisk til det rådende synet om at menneskeskapte klimagassutslipp er den viktigste årsaken til global oppvarming. Hun mener det er Sola som styrer klimaet på Jorda og viser til innlegget til professor Arnfinn Langeland i Adresseavisen 27.02.2015. Se under.

Bruk kunnskaper i fysikk og andre skriftlige eller digitale kilder til å støtte eller imøtegå påstander i innlegget.

Det er sola som styrer klimaet på jorda

Adresseavisen 27/2 2015

Hvert 11. år gjennomgår sola en periode som kalles solmaksimum der det kan sees mange solflekker (Den stormfulle sola; Pål Brekke 2013). Både antall solflekker og lengden av solsyklus er korrelert til temperaturen på jorda (Solheim m.fl. 2012). Vi har nå passert solmaksimum i syklus nr. 24 og det forventes et kaldere klima mot 2020. Naturen styrer havstrømmer, vær og vind og fordeler den ujevne varmeinnstråling fra sola mellom nordlige og sørlige deler av jorda. Disse kreftene beskrives i vitenskapelig definerte naturlover.

Jordas atmosfære sammen med magnetfeltet og ozonlaget, beskytter Jorda mot skadelig stråling og regulerer strålingsvarmen fra Sola. Miskolczis (2014) optiske konstant, som er testet mot 61 års observasjoner, sier at det er en likevekt mellom innkommende energi fra sola (oppvarming) og utgående infrarød energi (avkjøling). En konsekvens blir at den påståtte drivhuseffekten av CO₂ blir en fysisk umulighet. Global overflate-temperatur bestemmes av vann via fordamping og kondensasjon hvor vannet kompenserer for endret mengde CO₂. Jorda består av 71 prosent vann og Det hydrologiske kretsløp, med havet som det viktigste lager for varmeenergi, blir avgjørende for global temperaturregulering.

Drivhusgassene hvor vanddamp/skyer utgjør mer enn 96 prosent, reflekterer tilbake til Jorda varmeenergi som et ledd i den globale temperaturregulering. CO₂ utgjør en liten del av drivhusgassene, mindre enn 2 prosent, herav fossile utslipp på promillenivå. Vanddampen absorberer 33 ganger så mye varmeenergi som CO₂ slik at bidraget fra CO₂

blir lite. Henrys lov om gassutveksling mellom vann og luft, som er temperaturavhengig, regulerer mengden CO₂ i havet.

Mens temperaturen har variert i sykluser mellom stigende og synkende etter den lille istid som sluttet omkring 1850, har CO₂ i hele perioden fra 1958 vist et jamt stigende forløp. I en 20 års periode (1958-1978) sank temperaturen, mens den var økende i perioden 1979-1997. De siste 18 årene har temperaturen sluttet å stige og vist en svak synkende tendens, på tross av stadig økende mengder CO₂ (Climate4you.no).

Iskjerneboringer i Antarktis har vist at CO₂ er forsinket med ca 800 år i forhold til temperaturen. Også på korttidsnivå (11-12 mnd.) er CO₂ forsinket i forhold til temperaturen (Humlum m.fl. 2013). Det er altså temperaturen som forårsaker endring i CO₂ og ikke omvendt. Russiske forskere (Energy og Environment 14, 2003) fant ingen sammenheng mellom forbrenning av fossilt materiale og global temperatur for perioden 1860 til 2000. Hypotesen om menneskeskapte klimaendringer er grundig testet mot observasjoner i naturen, for ulike tidsperioder og falsifisert. Nullhypotesen om naturlige klimavariasjoner kan ikke forkastes.

Klimapanelets (IPCC) mange klimamodeller har ikke klart å reprodusere temperaturobservasjonene de siste 50 årene. De egner seg derfor dårlig som prediksjonsverktøy for temperaturen fram mot 2100. Dersom kartet (klimamodellene) ikke stemmer med terrenget (observasjonene) må kartet endres.

Vi har nå passert solmaksimum i syklus nr. 24 og det forventes et kaldere klima mot 2020.

Innlegg



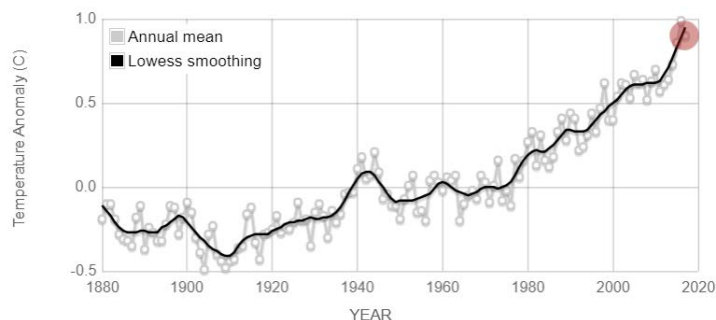
ARNFINN LANGELAND
Pensjonert professor i hydrobiologi

Ikke mulig å gi noe fasitsvar på dette, men følgene momenter er aktuelle å ha med

- Alle er enige i overskriften i innlegget, men det er også andre faktorer som virker inn på klimaet på jorda
- Ja, solflekaktivitet påvirker solarkonstanten, dvs. den gjennomsnittlige innstrålte effekten per m^2 på toppen av atmosfæren. Effekten av denne variasjonen har lenge vært usikker, men i 2017 utførte Sveitsiske forskere modellberegninger som viser at jordas temperatur vil reduseres med 0,5 K ved neste solflekminimum (<https://phys.org/news/2017-03-sun-impact-climate-quantified.html>). Siden solflekaktiviteten varierer periodisk over 11 år, vil dette si at om 5-6 år er situasjonen motsatt.
- Strålingsbalansen er en likevekt mellom innstrålt effekt og utstrålt effekt. Siden temperaturstrålingen fra en gjenstand er gitt ved $\varepsilon\sigma T^4$, vil emissiviteten ε til gjenstanden virke inn på emittert og absorbert stråling og dette vil da balanseres av at T endres. Dersom innholdet av drivhusgasser i atmosfæren øker, betyr det at ε øker. Da vil atmosfæren absorbere mer energi som den vil balansere med å stråle ut mer energi i alle retninger, - også tilbake mot bakken og dermed øker temperaturen der. Den aktuelle artikkelen det vises til er lite tilgjengelig for ikke-eksperter, men her er et forsøk på å gjøre det: <https://scienceofdoom.com/2011/04/22/the-mystery-of-tau-miskolczi/>. Uansett: det er litt underlig at ikke andre også har forsket på dette hvis dette med optisk konstant hvis det har så stor betydning. Og følgende er hvertfall fakta (fra <https://climate.nasa.gov/>):

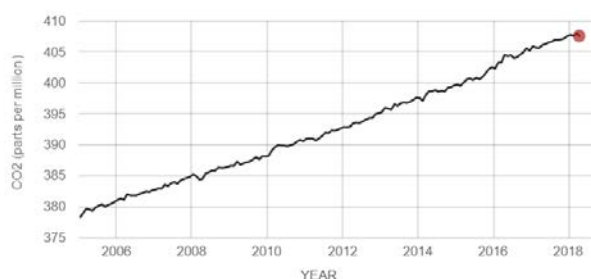
GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX

Data source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS).
Credit: NASA/GISS



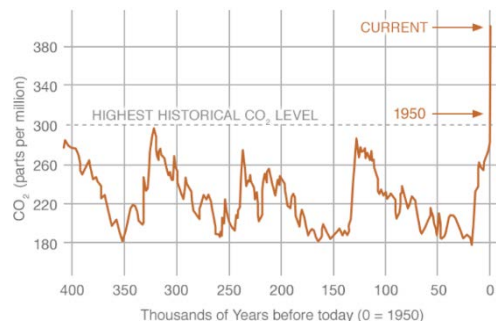
DIRECT MEASUREMENTS: 2005-PRESENT

Data source: Monthly measurements (average seasonal cycle removed). Credit: NOAA



PROXY (INDIRECT) MEASUREMENTS

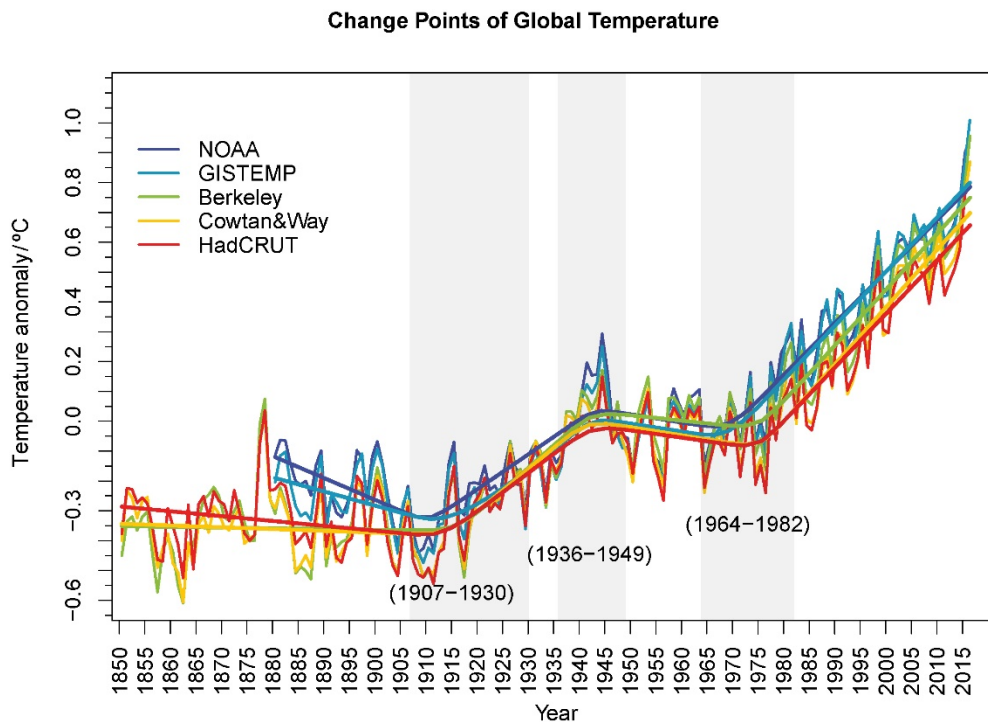
Data source: Reconstruction from ice cores.
Credit: NOAA



- Helt enig i at havet spiller en sentral rolle. Det har allerede absorbert mesteparten av den økte energien i atmosfæren. Og ja, gassutvekslingen av CO_2 mellom hav og luft øker med konsentrasjonen, men hvordan temperaturøkning påvirker dette er uklart. (Mange hevder opptaket synker med temperaturen, men dette er komplisert.) Det han ikke nevner, er at

pH i havet synker med økende CO₂-konsentrasjon, og dette påvirker fotosyntesen i havet. Så når alt kommer til alt, så er det en øvre grense for hva havet kan absorbere både av energi og CO₂.

- Selv om konsentrasjonen av CO₂ er liten, er den altså over 30% høyere enn de høyeste toppene historisk sett, og denne økningen har skjedd over et utrolig kort tidsrom. Antakelig har vi bare sett en liten del av effekten av dette.
- Temperaturgrafer måler avvik i forhold til et valgt tidsrom, og hvilket tidsrom man velger å se i forhold til kan gjøre at temperaturgrafer kan se veldig forskjellige ut. Men her er en samling ulike temperaturmålinger etter 1850):



Fra <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa6825>

Her kjenner vi overhode ikke igjen beskrivelsen av temperaturutviklingen i innlegget. Alle temperaturmålingene viser en tydelig økning siden 70-tallet.

- Ja, det er et kjent argument fra klimaskeptikere at iskjerneprøver viser at temperaturen steg før CO₂'en steg. Men dette gjelder for historiske tidsskalaer uten menneskelige utslipp i tillegg. Artikkel fra Nature som omtaler dette: <https://www.nature.com/articles/srep21691.pdf>

OPEN On the causal structure between CO₂ and global temperature

Adolf Stips¹, Diego Macias¹, Clare Coughlan¹, Elisa Garcia-Gorriz¹ & X. San Liang²

Received: 29 June 2015

Accepted: 27 January 2016

Published: 22 February 2016

We use a newly developed technique that is based on the information flow concept to investigate the causal structure between the global radiative forcing and the annual global mean surface temperature anomalies (GMTA) since 1850. Our study unambiguously shows one-way causality between the total Greenhouse Gases and GMTA. Specifically, it is confirmed that the former, especially CO₂, are the main causal drivers of the recent warming. A significant but smaller information flow comes from aerosol direct and indirect forcing, and on short time periods, volcanic forcings. In contrast the causality contribution from natural forcings (solar irradiance and volcanic forcing) to the long term trend is not significant. The spatial explicit analysis reveals that the anthropogenic forcing fingerprint is significantly regionally varying in both hemispheres. On paleoclimate time scales, however, the cause-effect direction is reversed: temperature changes cause subsequent CO₂/CH₄ changes.

- I innlegget påstås det at sammenhengen mellom forbrenning av fossilt materiale og global temperaturøkning er falsifisert på bakgrunn av ikke navngitte russiske forskere. Her er en graf fra artikkelen det vises til (fra <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1260/095830503322793641>)

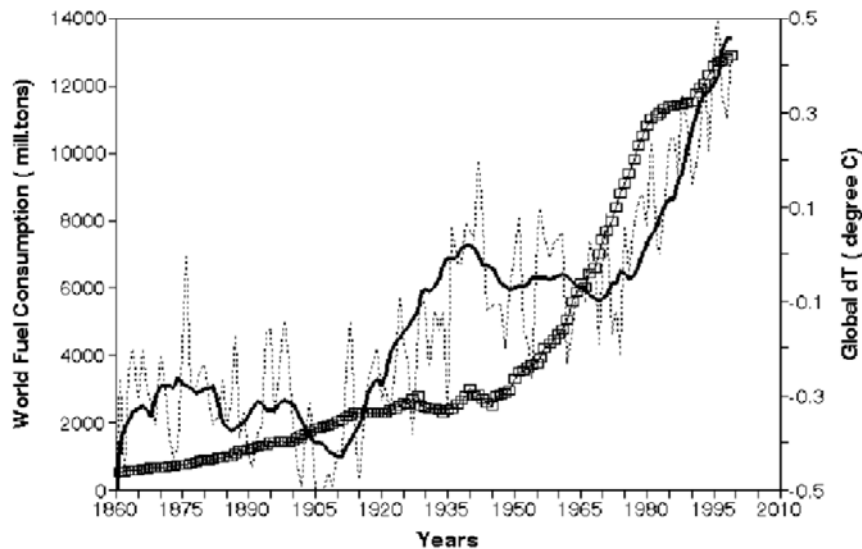


Figure 1. Comparative dynamics of the World Fuel Consumption (WFC) and Global Temperature Anomaly (dT) 1861 – 2000.
Thin line- annual dT; Bold line – 13-years smoothing ;
Dashed line- WFC (mill. tons of nominal fuel)

Og hvis man leser artikkelen, ser man at det den sier er at «No true linear correlation exists between the Global dT and WFC dynamics for the last 140 years». Dvs. den sier ikke at det ikke er en korrelasjon, men at det ikke er en *lineær* korrelasjon. Og å hevde at hypotesen om menneskeskapte klimaendringer er falsifisert på grunnlag at dette er temmelig useriøst. Da er det rimelig å også slippe til andre (majoriteten) av klimaforskere som har funnet det motsatte.

Og så et utenomfaglig poeng:

Hvilken rolle spiller det at innleggsforfatteren er pensjonert professor i hydrobiologi?

SNL:

Hydrobiologi, (av *hydro-* og *biologi*), vitenskapen om dyre- og plantelivet i vann, se også [marin biologi](#) og [limnologi](#).