

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	GEF 1100 Klimasystemet
Eksamensdag:	Torsdag 8. oktober 2015
Tid for eksamen:	15:00 – 18:00
Tillatte hjelpemidler:	Kalkulator
Oppgavesettet er på 4 sider	

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

1. Definer hva vi mener med strålingspådriv (radiative forcing).

LF: Endring i strålingsfluks (netto langbølget og kortbølget, i W/m^2) ved toppen av atmosfæren som følge av en ytre endring. En ytre endring kan være økt mengde partikler etter et vulkanutbrudd, økte CO_2 -konsentrasjoner som følge av forbrenning av fossilt brennstoff.

2. Definer hva vi mener med planetær albedo. Hvilke albedoer er vanlig for henholdsvis snø, ørken, skog og hav?

Velg mellom mulighetene a) 0.2-10%, b) 6-18%, c) 35-45% og d) 75-95%

LF: Planetær albedo er andelen av innkommende solstråling til jorda som reflekteres tilbake til verdensrommet.

a: Hav, b: Skog, c: Ørken, d: snø

3. Hvilke av gassene H_2O , CO_2 , N_2 og O_2 finnes det mest av i jordens atmosfære? Påvirker noen av dem kortbølget stråling? Påvirker noen av dem langbølget stråling? Gi en kort forklaring.

LF:

N_2 (78%) > O_2 (21%) > H_2O (variabel) > CO_2 (400 ppm = 0.04%)

Mengden vanndamp (H_2O) vil variere med værforholdene, særlig temperaturen. I varm fuktig luft (høy relativ fuktighet) kan mengden vanndamp være opptil 4-5%.

Vanndamp absorberer noe av solstrålingen i den nær-infrarøde delen av spekteret, ellers kan O_2 påvirke absorpsjon av kortbølget UV-stråling far solen ved ozon (O_3) dannes ved

$O_2 + UV \rightarrow O + O$ (krever kortbølget UV-stråling med bølgelengde < 242nm)

$O + O_2 \rightarrow O_3$

H_2O og CO_2 er drivhusgasser og absorberer langbølget stråling, N_2 og O_2 er ikke det. Totalt sett er vanndamp viktigst, mens CO_2 er mer effektivt per molekyl.

4. Hvilke fire vertikale lag (sfærer) deler vi atmosfæren inn i, og hvor finner vi dem? Hva baserer vi denne inndelingen på? Hvilke atmosfæriske fenomener knyttes opp mot de to nederste lagene?

LF: Troposfæren (0 til ca. 16 km, temperaturen avtar med høyden), stratosfæren (16 til 50 km, T øker med høyden), mesosfæren (50 til 80km, T avtar med høyden) og termosfæren (80 til 640km, T øker med høyden).

I troposfæren finner vi alle de fenomenene vi forbinder med vær, dvs. høy- og lavtrykk, Hadleycellen, monsuner, osv. ca. 85% av massen i atmosfæren er i troposfæren, og nesten all vanndampen. I stratosfæren finner vi ozonlaget, det er absorpsjon av UV-stråling ved ozon som gir tilførsel av varme i stratosfæren og dermed at $dT/dz > 0$. Det at T øker med høyden gjør at luften er veldig stabil og det er lite vertikalbevegelse.

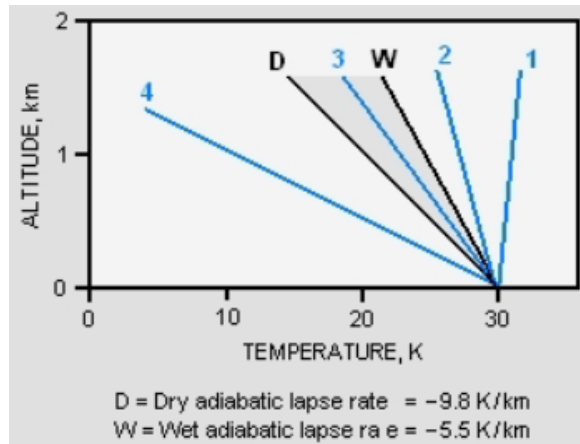
5. Hva er hovedgrunnen til at vi har sirkulasjon i atmosfæren og i havet?

LF: Hovedgrunnen er at tilførselen av varme ved absorpsjon av solstråling ikke er jevnt fordelt på Jorda. Det fører til temperaturforskjeller i luften og dermed trykkforskjeller. Trykkforskjellene setter i gang bevegelser som konveksjon og sonale vindssystemer (passatvind, jetstrømmer, osv.). På Jorda har vi et sirkulasjonssystem som gjør at overskuddsenergi i tropene (netto stråling > 0) blir transportert til høyere breddegrader der det er et netto underskudd i strålingsbalansen. Man kan imidlertid ikke si at det er hovedgrunnen til sirkulasjonen er å opprettholde energibalansen ved å transportere varme fra tropene til høye bredder. Teoretisk kunne vi godt hatt et sirkulasjonssystem med lokal netto strålingsbalanse (netto stråling = 0). Da ville vi hatt større temperaturforskjeller N-S og sterkere sonale vindssystemer.

6. Atmosfærisk stabilitet er et begrep som brukes for å kunne beskrive vertikalbevegelser til luften i den nedre delen av atmosfæren. Figuren under (Fig. 1) viser tørradiabaten (D) og fuktigadiabaten (W), samt fire ulike temperaturprofiler («lapse rates») for omgivelsene. Hvilke av de fire tilfellene er eller kan være

a. veldig stabil? b) stabil? c) instabil? d) nøytralt

LF: 1: Veldig stabil, 2: Stabil, 3: (kan være) nøytralt, 4: instabil.



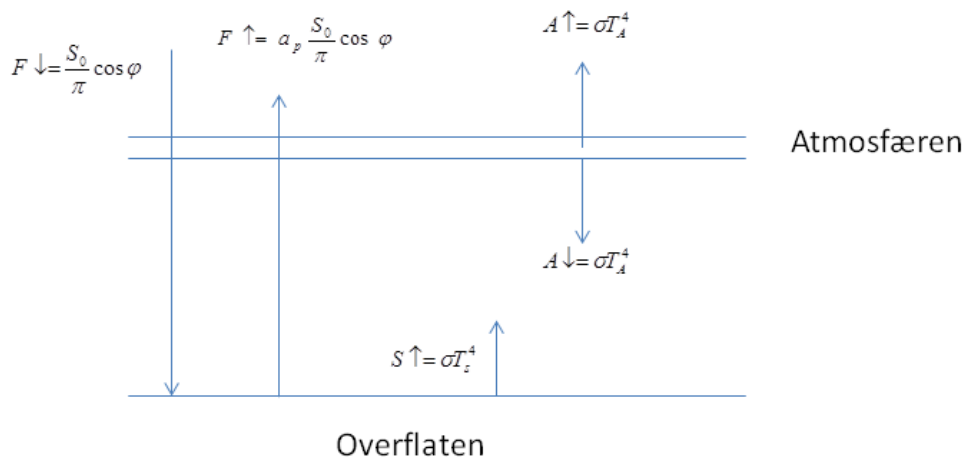
Figur 1

7. Anta fluksen av solenergi per enhetsareal av jordens overflate, er gitt som følgende funksjon av breddegrad (φ):

$$F = \frac{S_0}{\pi} \cos \varphi$$

Anta videre at atmosfæren er helt transparent for denne strålingen, men helt ugjennomsiktig for infrarød stråling, slik at strålingsbudsjettet ved hver breddegrad kan representeres med en atmosfære bestående av ett lag (ingen temperaturvariasjon vertikalt). Anta også at den planetære albedoen, α_p , er globalt konstant.

a) Tegn en skisse med piler som viser energibalansen ved jordoverflaten og ved toppen av atmosfæren.



I beregningene under (i oppgave b og c) antar vi at det bare er stråling som bidrar til energibalansen. Dvs. vi ser bort fra eventuelle andre prosesser.

b) Utled et uttrykk som beskriver hvordan temperaturen ved bakken varierer som funksjon av breddegrad

LF:

Energibalanse ved overflaten:

$$F \downarrow + A \downarrow = F \uparrow + S \uparrow$$

Energibalanse for atmosfærelaget (her har vi ett lag med en temperatur, dvs. $A \uparrow = A \downarrow$):

$$S \uparrow = A \downarrow + A \uparrow \Rightarrow A \downarrow = \frac{1}{2} S \uparrow = \frac{1}{2} \sigma T_s^4$$

Setter inn for $A \downarrow$ i likningen for energibalanse ved overflaten

$$F \downarrow + A \downarrow = F \uparrow + S \uparrow$$

$$\frac{S_0}{\pi} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sigma T_s^4 = a_p \frac{S_0}{\pi} \cos \varphi + \sigma T_s^4$$

Løser med hensyn på overflatetemperaturen T_s

$$T_s = \sqrt[4]{2(1 - a_p) \frac{S_0}{\sigma \cdot \pi} \cos \varphi}$$

c) Beregn temperaturen ved bakken ved Ekvator, ved 30 grader, og ved 60 grader. $S_0 = 1367 \text{ Wm}^{-2}$, den planetære albedoen $a_p = 0.3$, og $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

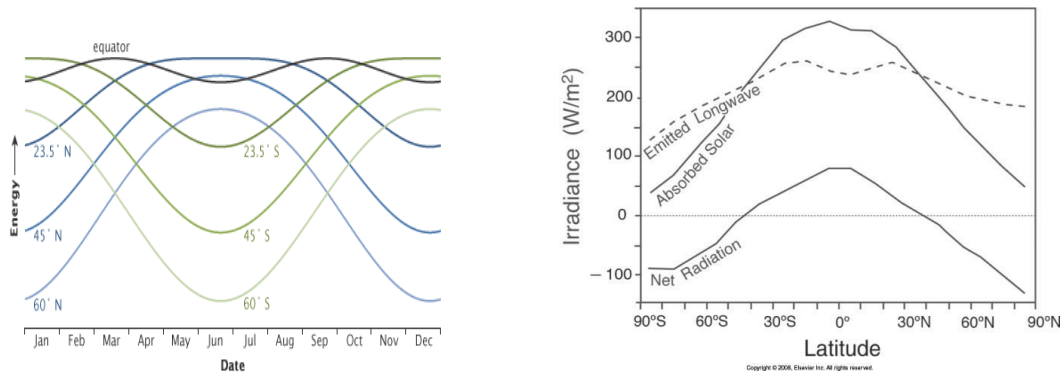
LF: Bruker uttrykket over for å beregne overflatetemperaturen.

Ekvator ($\varphi = 0$): $T_s = 322 \text{ K}$ (49°C)

30 grader: $T_s = 311K$ ($37^\circ C$)

60 grader: $271K$ ($-2^\circ C$)

8. Venstre panel i figuren under (Fig. 2) viser hvordan solenergi som mottas kl 12.00 for noen gitte breddegrader varierer med tiden på året. Beskriv sesongvariasjonene, og forklar hvorfor innkommende solenergi varierer med breddegrad. Høyre panel viser breddegradsfordeling av absorbert solstråling og utgående emittert langbølget stråling. Panelet viser også nettostråling. Hva mener vi med nettostråling? Drøft breddegradsvariasjonen i de tre kurvene.



Figur 2

LF: Venstre panel: Innstråling til toppen av atmosfæren kl 12 på dagen. Totalt over året kommer det inn mindre energi i form av solstråling ved høyere breddegrader. Dette skyldes jordas form, ved høyere breddegrader fordeles innstrålingen på et større areal. Ved økende breddegrader er det økende årstidsvariasjon: Dette kommer av at jordas rotasjonsakse heller (23°) i forhold til baneplanet rundt Sola. Om vinteren peker vinterhalvkula bort fra Sola, og dermed blir det mindre innstråling. Forskjellen i avstand til Sola mellom Ekvator og polene er minimal i forhold til avstanden mellom Jorda og Sola, og har derfor ingen betydning. Pga. at Jordas bane er svakt elliptisk vil avstanden være noe kortere i januar enn i juli. Dette gjør at årstidsvariasjonen blir noe (men ikke mye) sterkere på den sørlige halvkulen.

Høyre panel: Årsmidlet absorbert (innstrålt minus reflektert) solstråling og årsmidlet utstrålt langbølget som funksjon av breddegrad. Breddegradsvariasjonen in absorbert solstråling blir forsterket (i forhold til innstrålingen på venstre panel) pga høyere albedo ved polene (snø og is). Netto stråling (absorbert sol-utstrålt langbølget) er positiv i tropene (opp til ca. 40°) og ellers negativ. Denne ubalansen i netto stråling balanseres ved varmetransport i havet og i atmosfæren fra lave bredder til høyere bredder.

9. Hva er forskjellen på Lagrangsk og Eulersk representasjon av bevegelsene til en væske (fluid)? Gi noen få eksempler.

LF: Lagransk: Følger en partikkel, eksempel følger bevegelsen til en båt som driver nedover en elv med strømmen.

Eulersk: Deler volumet inn i faste gridbokser i rommet og ser på gjennomstrømmning gjennom gridboksene. Eksempel. Ser på et fast volum i elven og observerer båten som driver forbi.

10. Hva er termalvind? Gi to observerbare eksempler i atmosfæren.

LF: Termalvinden er definert som endringen av geostrofisk vind med høyden. Blåser parallelt med isotermene. To eksempler: Den polare virvelen i stratosfæren og de subtropiske jetstrømmene.

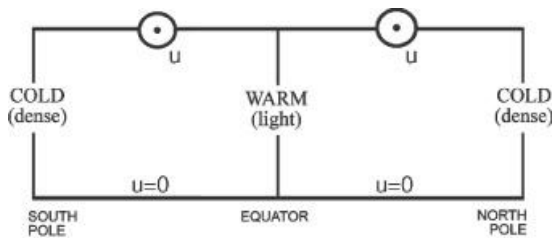


Figure 7.19: A schematic of westerly winds observed in both hemispheres in thermal wind balance with the equator-to-pole temperature gradient. (See Eq. 7-24 and the observations shown in Figs. 5.7 and 5.20.)

11. Hva er Corioliskraften? I hvilken retning virker den, og hvorfor omtaler vi den som en fiktiv kraft?

LF:

$$\mathbf{F}_C = -2m\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}$$
 Skyldes at vi beskriver bevegelsen på en roterende klode.

Nordlige halvkule: Virker til høyre for vind/strøm retningen

Sørlige halvkule: Virker til venstre for vind/strøm retningen

Corioliskraften kalles en fiktiv kraft fordi den er et resultat av at koordinatsystemet vi beskriver bevegelsen i ikke er et inertialsystem. Pga. av jordrotasjonen er koordinatsystemet akselerert.

12. Forklar kort følgende balanserte, horisontale vindfelt (du må gjerne tegne skisser i forklaringen):

a. Gradientvind

LF: Balanse mellom trykkgradientkraft, corioliskraft og sentrifugalkraft.

b. Friksjonsvind (subgeostrofisk vind)

LF: Balanse mellom trykkgradientkraft, corioliskraft og friksjon. Viktig nær bakken i atmosfæren og ved overflaten i havet.

Oppgavene nedenfor er «multiple choice»

Angi for hver oppgave ett alternativ (f.eks. 13a, 14b, 15c o.s.v.)

13. I hvilken retning blåser vinden når det er kald luft nord for Oslo og varm luft sør for Oslo?
Vi antar at luften er kald/varm gjennom hele troposfæren, ikke bare ved bakken.

- a) Fra sør-øst mot nord-vest
- b) Fra øst mot vest
- c) Fra vest mot øst: *Korrekt svar*
- d) Fra nord mot sør

14. Anta videre at vi har et sterkt lavtrykkssystem over Finland (nordøst for Norge), og et høytrykkssystem over Irland (sørvest for Norge), Fig. 3. Hvilken retning har overflatevinden i Oslo?

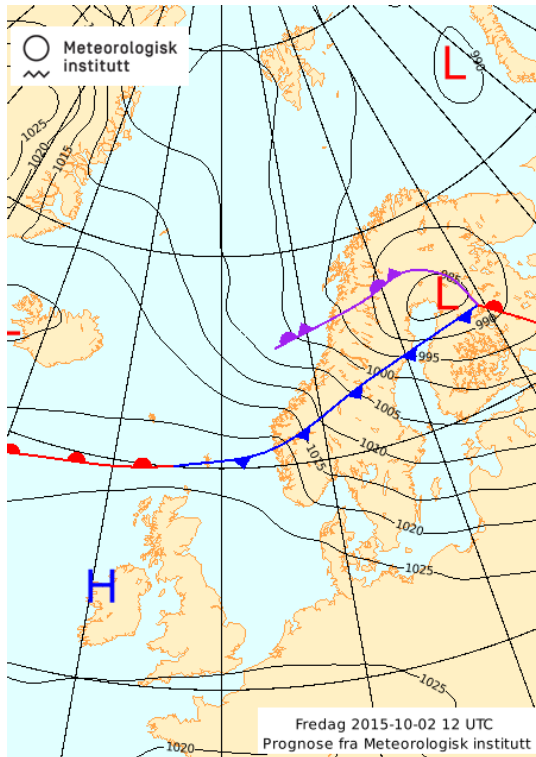


Fig. 3

- a) Fra vest mot øst
- b) Fra sør mot nord
- c) Fra vest mot øst: *Korrekt svar*
- d) Fra nord mot sør: *Dette ble også godtatt, da isobarene ikke er rett Ø-V.*

15. Geostrofisk vind avhenger først og fremst av

- a) Geopotensiell høyde
- b) Temperaturendringer med høyden
- c) Horisontal trykkgradient: *Korrekt svar*
- d) Rossbytallet