

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

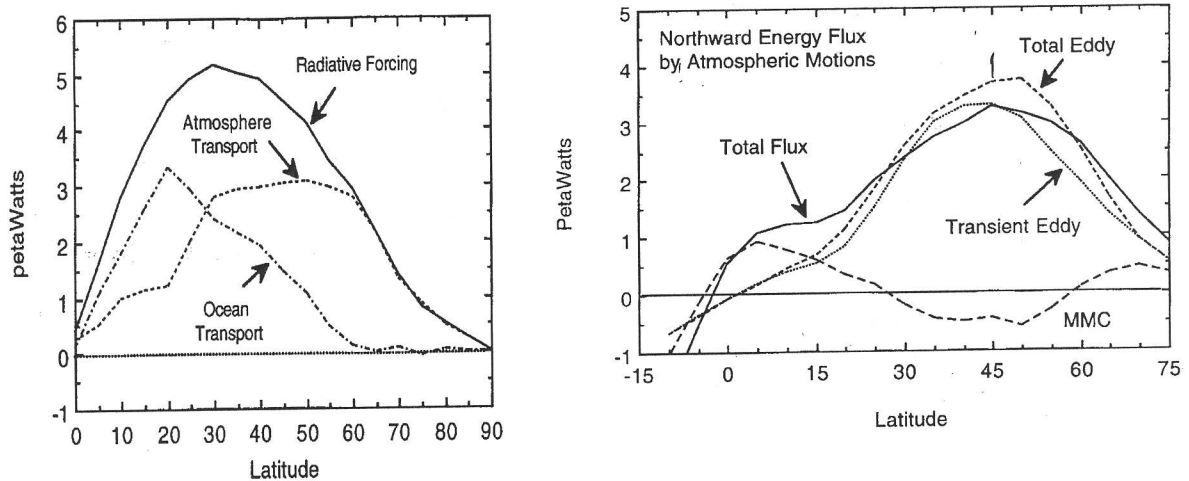
Eksamen i:	GEF 1100 Klimasystemet
Eksamensdag:	Fredag 2. desember 2011
Tid for eksamen:	9:00 – 13:00
Oppgavesettet er på 4 sider	
Tillatte hjelpemidler:	Kalkulator

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

Oppgave 1

- Klimaet er for tiden i endring. En av årsakene er økningen av konsentrasjonen av gasser som absorberer infrarød stråling (såkalte drivhusgasser). Den umiddelbare responsen som kun involverer den infrarøde strålingen er at høyden der utstrålingen mest effektivt finner sted vil endre seg. Vil den forskyves til høyere eller lavere nivåer? Begrunn svaret.
- Hvordan defineres strålingspådrivet fra en drivhusgass? Hvordan relaterer dette seg til endringen beskrevet i deloppgave a)?
- Hvilken gass som slippes ut antropogent står for det største strålingspådrivet? Hvor stort er dette pådrivet dersom gassens konsentrasjon dobles?
- Prosessen beskrevet i deloppgave a) initierer en kaskade av endringer i klimasystemet. Vil disse endringene samlet forsterke eller svekke responsen fra infrarød stråling alene?
- Nevn to eksempler, én prosess som forsterker og én som svekker responsen. Forklar kort.

Oppgave 2



Figur 1: Årlig midlet energiflukt i retning nordover (enhet $10^{15} \text{ W} = \text{PW}$) i havet og atmosfæren (venstre panel) og kun atmosfæren (høyre panel). Resultatene er sonalt midlet og er gitt som funksjon av breddegrad på den nordlige halvkule. De to panelene viser resultater fra to ulike datasett som er sammenfallende i hovedsak, men ikke i detalj.

$$[\overline{vT}] = [\overline{v}][\overline{T}] + [\overline{v'T'^*}] + [\overline{v'T'^*}] \quad (1)$$

- Figur 1 og likning 1 beskriver energiflukt fra tropene mot høye breddegrader på den nordlige halvkule. Forklar hvilke prosesser leddene i likningen representerer. I læreboka er likningen strengt tatt bare gitt for atmosfæren, men den kan også gjelde for havet.
- Relatér leddene til kurvene i figur 1. Beskriv kort hvilken rolle prosessene spiller i ulike breddegradsområder.
- Verdiene vist for en av kurvene i venstre panel i figur 1 er lite representativ for forholdene i Norge. Hvilken prosess gjelder dette og hva skyldes det at figuren ikke kan fange opp dette?

Oppgave 3

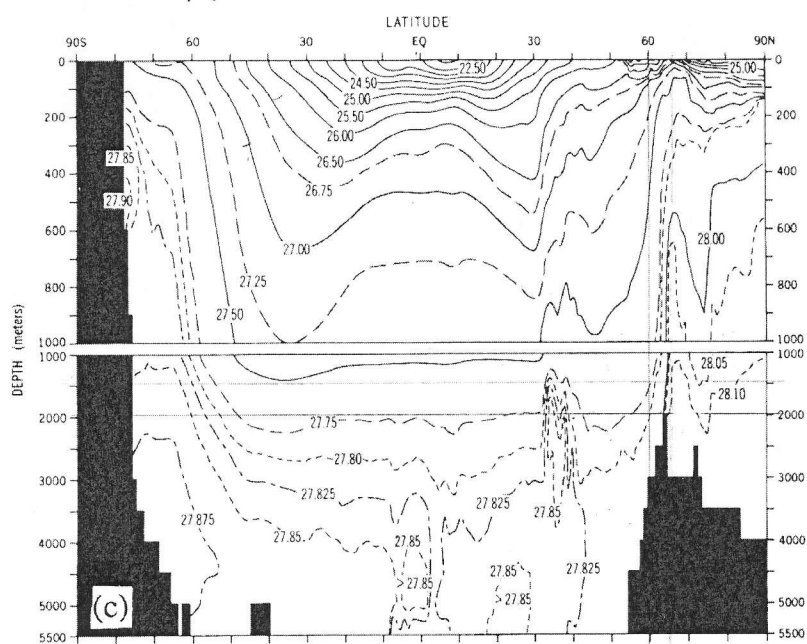
- Hvilke to prosesser står for energien som driver monsuner?
- Forklar kort hvordan den intertropiske konvergenssonen (ITCZ) oppstår og hvor den befinner seg til ulike tider av året.
- Hvor mange regntider er det per år i et monsunklima? Hvor mange regntider er det nær ekvator i Afrika? Begrunn svarene kort for hvert av de to tilfellene.

Oppgave 4

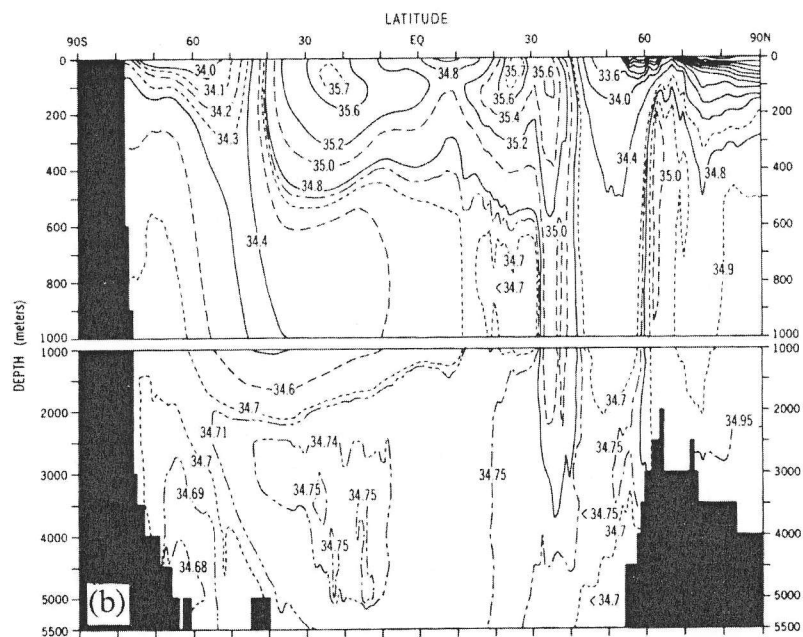
- Definer Coriolisparameteren.
- Hva menes med Ekmanlaget i havet?
- Forklar uten å regne hvordan Ekmantransporten er rettet i forhold til vindretningen ved havets overflate.

Oppgave 5

Figur 2 og 3 viser henholdsvis potensiell tetthet og salinitet som funksjon av dyp og breddegrad midlet over verdenshavene. (I hele denne oppgaven mener vi potensiell tetthet ρ_t når det står tetthet ρ .)



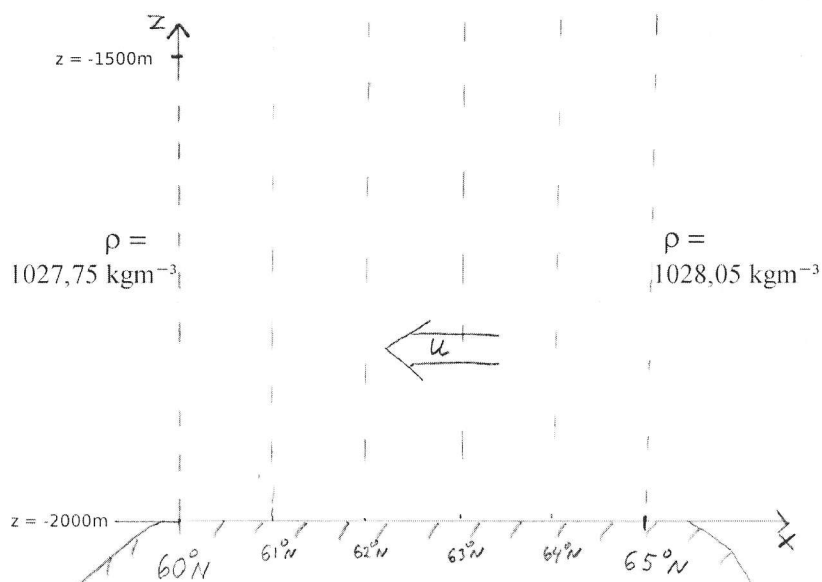
Figur 2: Potensiell tetthet ($\rho_t - 1000 \text{ kg m}^{-3}$)



Figur 3: Salinitet [%o]

- Beskriv kort hvordan tettheten til sjøvann relateres til temperatur og saltholdighet.
- Fra figur 2 ser vi nokså horisontale isopykner i de øvre 1000 meter på lave breddegrader. Hva kaller vi vannlaget mellom 1000 og 50 meters dyp i dette området? Hva tror du dette navnet kommer av?
- Kan du forklare den store forskjellen i salinitet i overflatelaget mellom ekvator og $\pm 30^{\circ}\text{N}$?

Vi skal nå undersøke hvordan vann som synker i Arktis drives sørover av forskjeller i tetthet. Vi skal ta for oss strømmen over ryggen på 60° N (innbokset område i figur 2). Dette området er skissert forenklet i figur 4.



Figur 4: Forenklet skisse av innbokset område Figur 2. Stiplet linje angir breddegrad, og samtidig linjer for konstant potensiell tetthet. x -aksen er positiv mot nord.

- d) Vi tar utgangspunkt i bevegelseslikningene. Vi tenker oss at all bevegelse er i x -retning, at Corioliskraften er neglisjerbar og at det ikke er noen akselerasjon. Friksjonskraften forenkler vi ved å la den være lineært avhengig av hastigheten u gjennom en konstant friksjonskoeffisient K . Bevegelseslikningen i hhv. x - og z -retning kan da skrives på følgende form:

$$0 = -\frac{1}{\rho_r} \frac{\partial p}{\partial x} - Ku \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad (3)$$

Vi har her introdusert en konstant referansetetthet ρ_r i likning 2. ρ i likning 3 lar vi være variabel (dette kalles Boussinesq-approximasjonen).

Hva kaller vi balansen i likning 3? Hvilke krefter inngår her?

- e) Likning 2 og 3 kan kobles for å bestemme hastigheten. La oss anta at tettheten ρ bare varierer med x . Bruk at g og K er konstanter, og vis at:

$$\frac{du}{dz} = \frac{g}{\rho_r K} \frac{d\rho}{dx} \quad (4)$$

- f) Figur 4 viser et forenklet bilde av området rundt 60° - 65° N. Vi antar at tettheten øker med konstant rate nordover. Hastigheten u antar vi er null ved dypet $z = -1500\text{m}$, og vi ønsker å finne hastigheten under dette nivået. Vis at hastigheten kan uttrykkes som

$$u = \frac{g}{\rho_r K} \frac{d\rho}{dx} (z + 1500\text{m}) \quad (5)$$

- g) Fra figur 4 har vi at $\rho(60^\circ\text{N})=1027,75\text{kgm}^{-3}$, og $\rho(65^\circ\text{N})=1028,05\text{kgm}^{-3}$. Anslå $d\rho/dx$ når én breddegrad tilsvarer omtrent 110 km. Bruk dette sammen med $K=0.001\text{s}^{-1}$, sett inn fornuftige verdier for ρ_r og g , og anslå hastigheten på 2000 meters dyp. Synes du dette virker som et fornuftig anslag?