

KORTFATTET løsningsforslag (Forventer mer utdypende svar på del 2).

DEL 1: Flervalgsoppgaver (Multiple Choice)

Oppgave 1

Hvilken av følgende variable vil generelt IKKE avta med høyden i troposfæren?

- a) **potensiell temperatur**
- b) tetthet
- c) trykk
- d) temperatur
- e) konsentrasjon av vanndamp

Oppgave 2

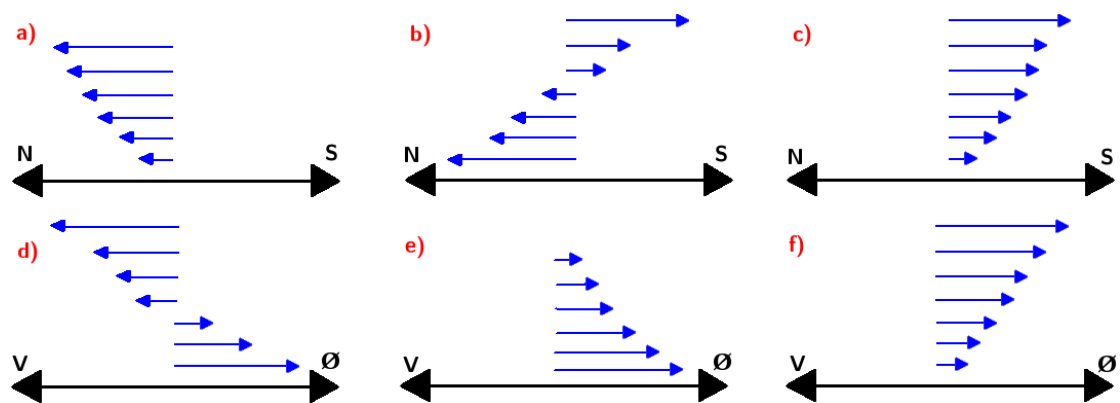
Den subtropiske jetstrømmen

- a) finner vi i grenselaget
- b) er ikke påvirket av Corioliskraften
- c) **går fra vest mot øst på både sørlig og nordlig halvkule**
- d) skiller polarcellen fra Ferrellcellen
- e) transporterer luftmasser hovedsaklig meriodionalt

Oppgave 3

Gitt subgeostrofisk balanse. Hvilket punkt stemmer?

- a) bevegelsene vil være med klokka rundt lavtrykkene på nordlig halvkule
- b) vi kan ikke lenger ha hydrostatisk balanse
- c) luften vil konvergere i høytrykkssystemene på sørlig halvkule
- d) bevegelsene vil følge isobarene
- e) **luften vil divergere i høytrykkssystemene**
- f) friksjonskraften balanseres av gravitasjonskraften og Corioliskraften



Figur 1: Vindvariasjoner med høyden.

Oppgave 4

Grunnet breddegradsvariasjoner i solinnstrålingen, har vi ofte en temperaturgradient i nord-sør-retning med kald luft i nord og varm luft i sør (på nordlig halvkule). Hvilken av figurene i Figur 1 illustrerer hvordan vinden kan variere med høyden som følge av dette? **Riktig svar er f)**

Oppgave 5

Hva kan Likning 1 reduseres til for en luftpakke som beveger seg både adiabatisk og isobarisk?

$$\frac{DQ}{Dt} = c_p \frac{DT}{Dt} - \frac{1}{\rho} \frac{Dp}{Dt} \quad (1)$$

- a) $\frac{DQ}{Dt} = 0$
- b) $\frac{DT}{Dt} = 0$ **Riktig.**
- c) $\frac{Dp}{Dt} = 0$
- d) $\frac{DQ}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{Dp}{Dt}$
- e) $\frac{DQ}{Dt} = c_p \frac{DT}{Dt}$

Oppgave 6

Hva stemmer IKKE angående netto meridional transport?

- a) angulær moment transporteres fra lavere til høyere breddegrader
- b) **transport av varme ved midlere breddegrader er større i havet enn i atmosfæren**

- c) ved midlere breddegrader transporterer eddier angulærmoment mot polene
- d) østlig vind i tropene og vestlig vind ved høyere breddegrader er tegn på transport av angulærmoment mot polene
- e) transport av varme i tropene er større i havet enn i atmosfæren

Oppgave 7

Hvilken av følgende prosesser vil bidra til et varmere klima?

- a) økt pH-verdi i havet
- b) økt albedo
- c) redusert solarkonstant
- d) økt forvitring av kalsiumkarbonat (CaCO_3) i sedimentene på havbunnen
- e) **en reduksjon på X antall tonn i utslippene av gasser med lavt strålingspådriv, men samtidig en økning på X antall tonn i utslippene av gasser med høyt strålingspådriv. Gassene har lik levetid.**

Oppgave 8

Hvilke prosesser (kilde og sluk) styrer atmosfærens innhold av CO_2 over veldig lange tidsskalaer (>10000 år)?

- a) **Utslipp fra vulkaner og kjemisk forvitring av stein**
- b) Utslipp fra havet og opptak i permafrost
- c) Utslipp fra permafrost og sedimentering av skallene til havdyr
- d) Utslipp fra vulkaner og lagring som olje, kull og gass
- e) Utslipp fra landbiosfæren og lagring som metanhydrat på havbunnen

Oppgave 9

Hva stemmer IKKE om den korte karbonsyklusen

- a) Et CO_2 -molekyls gjennomsnittlige levetid i atmosfæren er ca 4 år
- b) Havet slipper ut ca 10 ganger så mye karbon til atmosfæren som menneskelig aktivitet i året
- c) Havet inneholder ca 50 ganger mer karbon enn atmosfæren
- d) Dersom den atmosfæriske CO_2 -konsentrasjonen dobles, vil det ta ca 1000 år før vi når en ny likevekt for utveksling av CO_2 mellom hav og atmosfære

- e) Levetiden til en økning i CO₂-konsentrasjonen fra fossile kilder i atmosfæren er ca 4 år

Oppgave 10

Hva stemmer IKKE om NAO? NB: her har det skjedd en glipp i produksjonen av oppgaven! Det er hele tre riktige svar! Vi vil derfor ikke inkludere denne i retteprosessen (Da noen kan ha latt være å svare pga forvirrende oppgave).

- a) NAO står for North Atlantic Oscillation
- b) NAO-indeksen beregnes ved å se på trykkforskjellene mellom Azorene i sør og Island i nord
- c) Til vanlig har vi høytrykk over Island. Dette blir forsterket ytterligere under positiv NAO-fase
- d) Under negativ NAO-fase er meridional trykkgradient større enn ved positiv NAO-fase
- e) Under negativ NAO-fase er vært i Nord-Europa preget av våt og varm luft fra Atlanterhavet

Oppgave 11

Havet har

- a) konstant tetthet og er inkompressibelt
- b) varierende tetthet og er tilnærmet inkompressibelt
- c) konstant tetthet og er kompressibelt
- d) varierende tetthet og er kompressibelt

Oppgave 12

Hastigheten til overflatevannet i Golfstrømmen ved 45 °N er ca 1 m/s der hvor strømmen er ca 20 km bred. Fra vest mot øst på tvers av strømmen vil høyden til havoverflaten

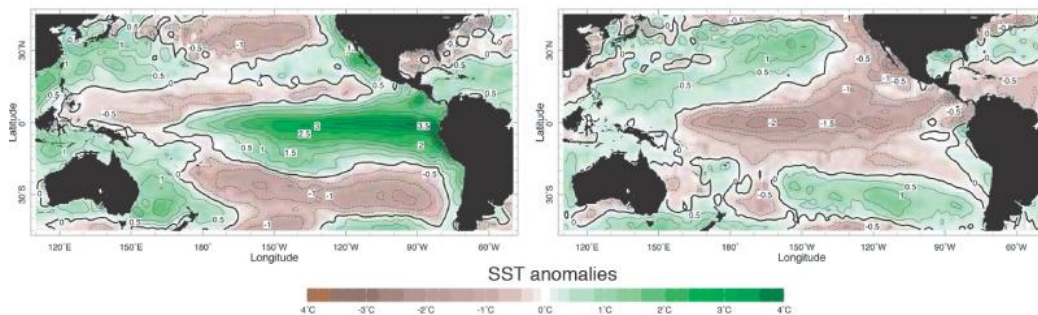
- a) avta med ca 2 cm
- b) øke med ca 2 cm
- c) avta med ca 20 cm
- d) øke med ca 20 cm

DEL 2: Langsvarsoppgaver

Oppgave 1

Figur 2 viser anomalier i overflatetemperaturen (SST) i Stillehavet.

- Hva står ENSO for, og i hvilken fase av ENSO er havkomponenten i de to ulike figurene? **El Nino Southern Oscillation. Venstre: El Nino. Høyre: La Nina.**
- Tegn og forklar hvordan situasjonen i havet og sirkulasjonen i atmosfæren er under nøytral fase av ENSO. Påpek hvordan Bjerknes feedback spiller inn under denne fasen. **Se fig. 12.6 i boka med tilhørende tekst. Se fig 12.8 med tilhørende tekst angående Bjerknes feedback.**
- Hva er SOI, hvilke observasjoner trenger vi for å beregne SOI, og hvilke av figurene i Figur 2 korresponderer til A og B i Figur 3? **Southern Oscillation Index. Et mål på hvilken fase av ENSO vi er i. Basert på lufttrykk ved havoverflaten (SLP) på Tahiti og Darwin. A (negativ SOI) hører til figuren til venstre (El Nino). B (positiv SOI) hører til figuren til høyre (La Nina).**



Figur 2: Anomalier i overflatetemperaturen. Grønt er varmere enn gjennomsnittet. Brunt er kaldere enn gjennomsnittet.

Oppgave 2

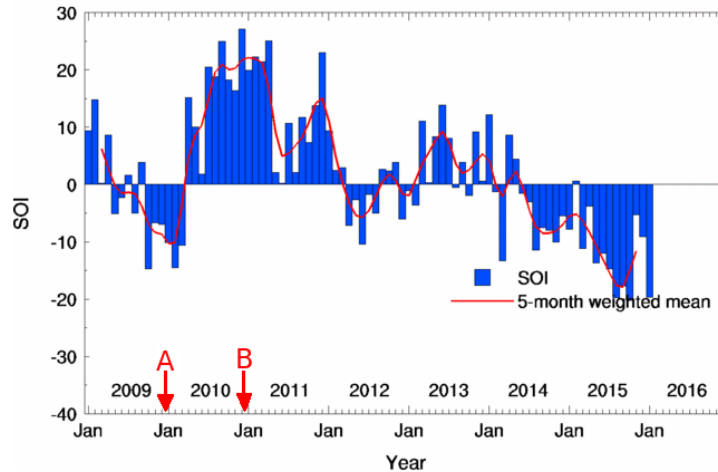
Ved bruk av en forenklet atmosfæremodell kan man si at globalt midlet bakketemperatur, T_s , er gitt ved Likning (2)

$$T_s = \left(\frac{2}{2 - \epsilon} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot T_e \quad (2)$$

hvor T_e er jordens emisjonstemperatur, mens ϵ er den atmosfæriske absorpsjonen, gitt ved Likning (3)

$$\epsilon = \epsilon_0 + [CO_2]\epsilon_1 \quad (3)$$

hvor $\epsilon_0 = 0,734$, $\epsilon_1 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ ppm}^{-1}$, mens $[CO_2]$ er konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren (målt i ppm).



Figur 3: SOI.

- a) Vis ved regning at endringen i T_s som følge av en dobling av dagens CO_2 konsentrasjon i atmosfæren (fra 400 ppm til 800 ppm) er på $2,4^\circ\text{C}$.

$$T_s = \left(\frac{2}{2 - (\epsilon_0 + [\text{CO}_2]\epsilon_1)} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \left(\frac{S_0(1 - \alpha)}{4\sigma} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$T_{400\text{ppm}} = \left(\frac{2}{2 - (0,734 + 400 \cdot 10^{-4})} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \left(\frac{1367 \cdot (1 - 0,3)}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} \right)^{\frac{1}{4}} = 288,0 \text{ K}$$

$$T_{800\text{ppm}} = \left(\frac{2}{2 - (0,734 + 800 \cdot 10^{-4})} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \left(\frac{1367 \cdot (1 - 0,3)}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} \right)^{\frac{1}{4}} = 290,4 \text{ K}$$

Altså en differanse på $2,4^\circ\text{C}$.

- b) Hvordan vil tilbakekoblingsmekanismer påvirke svaret i a), og hvor i Likning (2) og/eller Likning (3) kommer dette fram? **Vanndampfeedback:** ϵ_1 . **Albedofeedback:** hvis α i uttrykket for T_e endres pga økt temperatur. Eks: økt $T \rightarrow$ mer fordamping \rightarrow mer vanndamp i atm \rightarrow økt drivhuseffekt \rightarrow en større økning i temperaturen pga økt CO_2 -konsentrasjon enn hva som ville ha vært tilfelle uten denne feedbackmekanismen. Størrelsen på ϵ_1 viser effekten av denne tilbakekoblingen.
- c) Langt tilbake i tid var konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren mye høyere enn i dag, men bakketemperaturer var ca den samme. Hva er forklaringen på dette? Bruk Likning (2) og/eller Likning (3) til å forklare hvordan dette har vært tilfelle. **Lavere innstråling fra sola.** S_0 i uttrykket for T_e var lavere.
- d) Gitt en dobling av dagens CO_2 -konsentrasjon i atmosfæren, beregn hvor mye Jordens albedo må økes for at vi ikke skal få en endring i T_s . **Setter inn uttrykket**

for T_e i Likning 2. Løser mhp på α . Setter inn dagens temperatur vi fant i oppgave a) for T_s (288 K) og 800 ppm for $[CO_2]$. Får dette:

$$\alpha = 1 - \frac{4\sigma T_s^4 (2 - (\epsilon_0 + [CO_2]\epsilon_1))}{2S_0}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4\sigma 288^4 (2 - (0.734 + 800 \cdot 10^{-4}))}{2 \cdot 1367}$$

$$\alpha = 0,323$$

Altså en økning på ca 2,3 prosentpoeng.

Oppgave 3

Vindstresset, $\vec{\tau}$, som virker på havet er gitt ved Likning (4)

$$\vec{\tau} = \frac{AL}{\pi} \cos\left(\frac{\pi y}{L}\right) \hat{i} \quad (4)$$

hvor domenet vi studerer går fra $y = 0$ til $y = L$. y er gitt i meter, mens A er en skaleringsfaktor med benevnningen $\frac{N}{m^3}$.

- a) Sett opp et uttrykk for Ekmantransporten i området. Er den konvergent eller divergent? **Divergent. Sørgående strømmer i sør og nordgående strømmer i nord.**

$$V_e = \frac{-1}{\rho_c f} \tau^x$$

$$= \frac{-AL}{\rho_c \pi f} \cos\left(\frac{\pi y}{L}\right)$$

- b) Sett opp et uttrykk for Sverdruptransporten i området. I hvilken retning går den? **Den er positiv (nordgående) over hele området, med sterkeste strømning i midten.**

$$V_s = \frac{-1}{\rho_c \beta} \frac{\partial \tau^x}{\partial y}$$

$$= \frac{A}{\rho_c \beta} \sin\left(\frac{\pi y}{L}\right)$$

- c) Beskriv med ord hvor og i hvilken retning strømmen tilbake til utgangspunktet vil gå. **Den sørgående strømmen returnerer som en grensestrøm på vestsiden (western boundary current).**

d) Gi en matematisk forklaring på svaret i c). **Balansen i grenselaget er gitt ved:**

$$\begin{aligned}\beta v_b &= -r \left(\frac{\partial v_b}{\partial x} - \frac{\partial u_b}{\partial y} \right) \\ &\approx -r \frac{\partial v_b}{\partial x} \\ \Rightarrow \frac{\partial v_b}{\partial x} &\approx -\frac{\beta}{r} v_b\end{aligned}$$

For sørgående strømming vil v_b være negativ. På vestsiden vil $\frac{\partial v_b}{\partial x}$ være positiv, og balansen vil holde. På østsiden vil $\frac{\partial v_b}{\partial x}$ være negativ, og balansen vil ikke holde \Rightarrow den må være på vestsiden.