

## 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 meridionalt

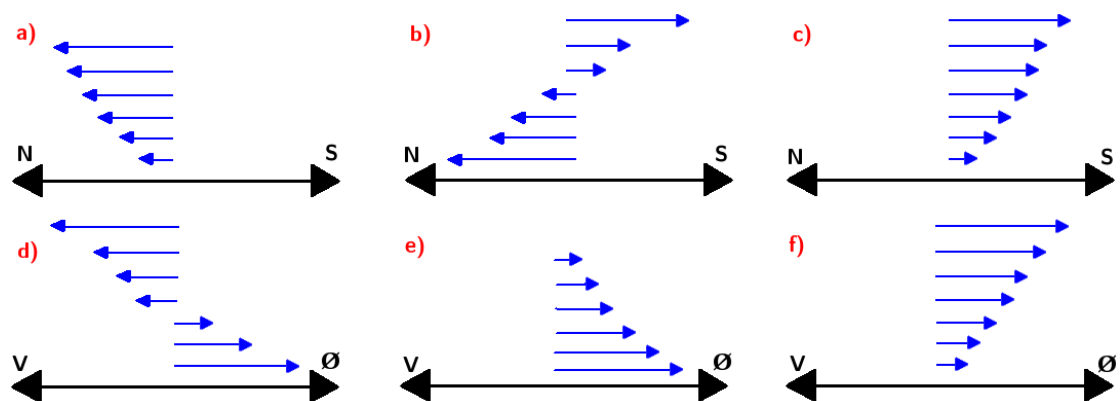
### Oppgave 3

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

### 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?



Figur 1: Vindvariasjoner med høyden.

### 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)  $\frac{DT}{Dt} = 0$
- 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ -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  $\text{CO}_2$ -konsentrasjonen doubles, vil det ta ca 1000 år før vi når en ny likevekt for utveksling av  $\text{CO}_2$  mellom hav og atmosfære
- e) Levetiden til en økning i  $\text{CO}_2$ -konsentrasjonen fra fossile kilder i atmosfæren er ca 4 år

## Oppgave 10

Hva stemmer IKKE om NAO?

- 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  $45^{\circ}\text{N}$  er ca  $1\text{ m/s}$  der hvor strømmen er ca  $20\text{ km}$  bred. Fra vest mot øst på tvers av strømmen vil høyden til havoverflaten

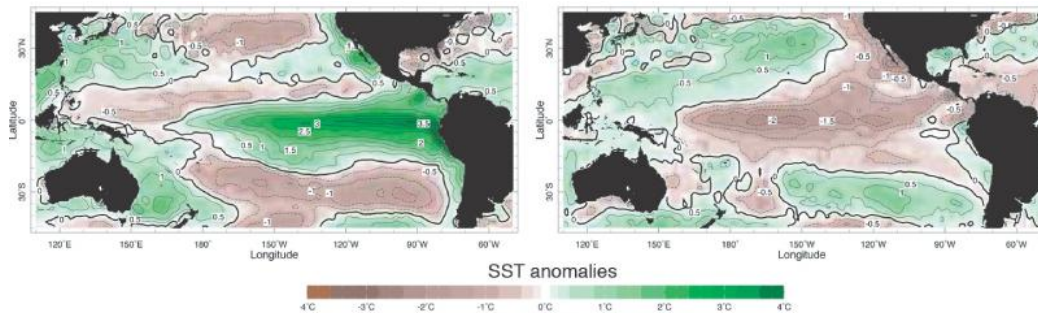
- a) avta med ca  $2\text{ cm}$
- b) øke med ca  $2\text{ cm}$
- c) avta med ca  $20\text{ cm}$
- d) øke med ca  $20\text{ cm}$

## DEL 2: Langsvarsoppgaver

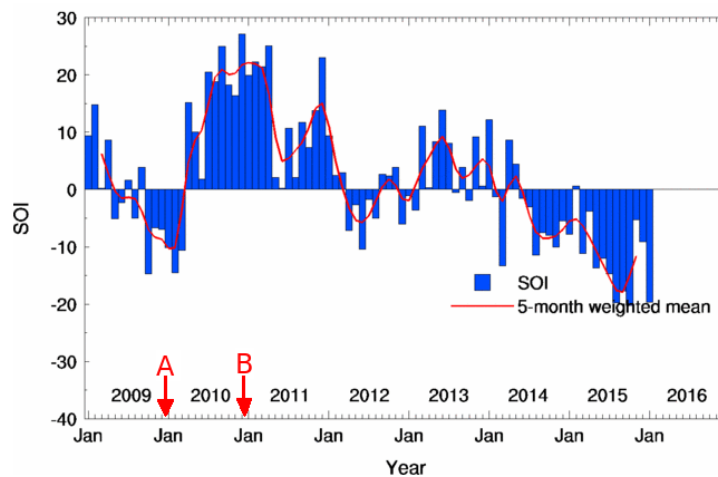
### Oppgave 1

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?
- 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.
- 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?



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



Figur 3: SOI.

## 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  $\epsilon$  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).

- 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 °C.
- Hvordan vil tilbakekoblingsmekanismer påvirke svaret i a), og hvor i Likning (2) og/eller Likning (3) kommer dette fram?
- Langt tilbake i tid var konsentrasjonen av  $CO_2$  i atmosfæren mye høyere enn i dag, men bakketemperaturen var ca den samme. Hva er forklaringen på dette? Bruk Likning (2) og/eller Likning (3) til å forklare hvordan dette har vært tilfelle.
- 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  $T_s$ .

## 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  $\frac{N}{m^3}$ .

- Sett opp et uttrykk for Ekmantransporten i området. Er den konvergent eller divergent?
- Sett opp et uttrykk for Sverdruptransporten i området. I hvilken retning går den?
- Beskriv med ord hvor og i hvilken retning strømmen tilbake til utgangspunktet vil gå.
- Gi en matematisk forklaring på svaret i c).