Løsningsforslag til eksamen i GEF1100 H2014

1b), 2a), 3d), 4e), 5a), 6a), 7d), 8d), 9e), 10c), 11b), 12c), 13d), 14a), 15d), 16b), 17i)d), 17ii)b) 17iii)d), 17iv)c)

Begrunnelse for svarene i 17ii), 17iii) og 17iv):

17ii) Kuroshiostrømmen er en "western boundary current" som kompenserer for massetransporten i den indre delen av havområdet. Bruker sverdrupbalansen til å se hvilken retning massetransporten i den indre delen av havområdet er. Kuroshiostrømmen må virke i motsatt retning:

- Sverdrupbalansen: $V = \frac{1}{\rho_c \beta}\left(\frac{\partial \tau_{y,wind}}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{x,wind}}{\partial y}\right)$
- Har bare fått oppgitt at vindstresset øker mot nord (dvs at $\frac{\partial \tau_{x,wind}}{\partial y} > 0$). Vet ikke noe om $\frac{\partial \tau_{y,wind}}{\partial x}$, så vi antar at den er 0.
- Både ρ_c og β er positive (Husk: $\beta = \frac{\partial f}{\partial y}$ = alltid positiv)

$\Rightarrow$ V er negativ, dvs at transporten i den indre delen av havområdet må gå sørover, som igjen betyr at Kuroshiostrømmen går fra sør og mot nord langs kysten, altså b).

17 iii) $v = 1\,m/s$ $\quad f = 10^{-4} s^{-1}$

$\rho = 1000\,kg/m^3$ $\quad dx = 100\,000\,m$

Fra geostrofisk balanse har vi at $\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = fv$

$$\Rightarrow \quad dp = f v \rho\, dx$$

$$dp = \cancel{10}^{-4} s^{-1} \cdot 1\,\cancel{m}s^{-1} \cdot 1000\,kg\,m^{-3} \cdot 1\cancel{0}\cancel{0}\,\cancel{0}\cancel{0}\cancel{0}\,\cancel{m}$$

$$dp = 10\,000\,kg\,m^{-1}s^{-2}$$

$$dp\left(= 100\,hPa\right)$$

altså er d) riktig svar.

17 iv) $\rho = 1000\,kg/m^3$, $dp = 10^4\,kg/ms^2$, $g = 10\,m/s^2$

Fra hydrostatisk balanse har vi at $\frac{dp}{dz} = -\rho g$

$$\Rightarrow dz = -\frac{1}{\rho g}\, dp$$

$$dz = -\frac{1}{1\cancel{000}\,\cancel{kg}m^{-3} \cdot 1\cancel{0}\,m\cancel{s^{-2}}} \cdot 1\cancel{0}^4\,\cancel{kg}\,m^{-1}\cancel{s^{-2}}$$

$$dz = -1\,m$$

altså er c) riktig svar

Oppgave 1

a) * $\frac{D\vec{u}}{Dt} = \frac{d\vec{u}}{dt} + (\vec{u}\cdot\nabla)\vec{u}$

Dette er den materielltderivert. Dette uttrykket forteller oss hvordan hastigheten $\vec{u}$ $(= u\vec{i} + v\vec{j} + w\vec{k})$ endrer seg med både tiden og med posisjonen. (Her ser vi bare på horisontale så $w\vec{k}$ er ikke med)

* $-f\hat{z}\times\vec{u}$

Dette er corioliseleddet. Dette uttrykket forteller oss hvordan jordens rotasjon bidrar til å endre retningen på bevegelsene på jorda. Bevegelser på nordlig halvkule vil bøyes til høyre, mens bevegelser på sørlig halvkule vil beveges mot venstre. f i uttrykket er corioliparameteren. Den forteller noe om hvor sterk corioliskraften er på den aktuelle breddegraden. $f = 2\Omega\sin\varphi$, hvor Ω er jordens rotasjon $\left(\frac{2\pi}{24\cdot3600\,s}\right)$, mens φ er breddegraden. Vi ser at f er 0 ved ekvator, størst positiv ved nordpolen og størst negativ ved sydpolen. Uttrykket over er egentlig en approksimasjon, hvor vi har neglisjert z-komponenten (da denne er mye mindre enn gravitasjonsakselerasjonen), samt neglisjert noen andre småledd som inneholder w da $w \ll u, v$. Egentlig er corioliseakselerasjonen gitt ved $-2\vec{\Omega}\times\vec{u}$

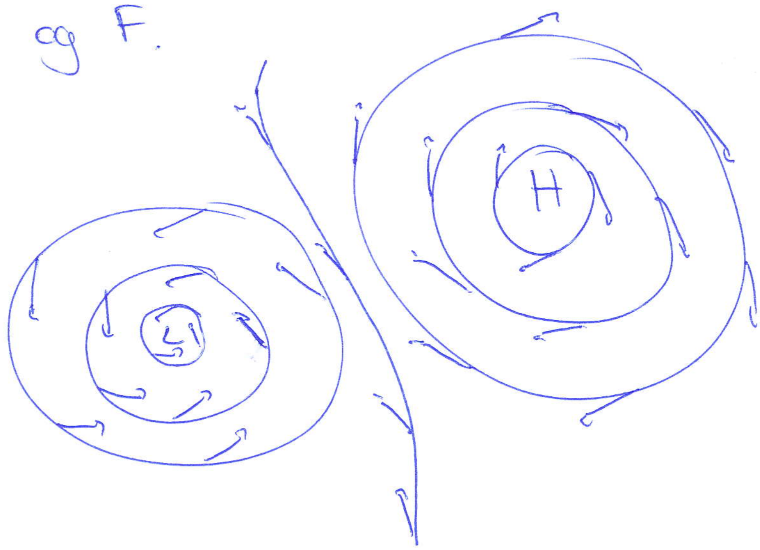
* $-\frac{1}{\rho}\nabla_H p = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{dp}{dx} + \frac{dp}{dy}\right)$

dette er akselerasjonen som vi får som følge av endringer i trykket. H'en betyr at vi bare ser på horisontalen i dette tilfellet. Hvis ikke hadde vi fått med $\frac{dp}{dz}$ i tillegg. Trykkforskjeller fører til bevegelse fra høyt trykk mot lavt trykk.

* $\vec{F}$

Dette er et friksjonsledd. Friksjonen bremser bevegelsene.

b) Ved geostrofisk balanse har vi balanse mellom trykkgradientkraften og Corioliskraften. Neglisjerer derfor $\frac{D\vec{u}}{Dt}$ og $\vec{F}$.

c) 

(Nordlig halvkule: Coriolis virker til høyre for bevegelsen)

d) Vi ser at vi får konvergens i lavtrykket og divergens i høytrykket. Ved konvergens presses luftmassene sammen og opp, og vi får oppstigning. Ved divergens strømmer luften ut fra høytrykket, og må kompenseres av nedsynkende luft.

4

Oppgave 2

a) - Q_{sw} er størst ved ekvator siden innstrålingen er størst her. Avtar mot polene pga avtagende innstråling. Duppen på toppen skyldes mye skyer i tropene

fluks av kortbølget stråling

- Q_s er fluks av følbar varme. Denne er stort sett negativ (altså fluksen fra havet og opp til atmosfæren) fordi SST stort sett er større enn lufta like over. Denne varierer ikke så mye med breddegradene

- Q_L er fluks av latent varme. Siden temperaturen ved lavere breddegrader er høy, klarer lufta her å holde på mer fuktighet enn hva tilfellet er over høyere bredder. Over ekvator (tropene) har vi såpass høy luftfuktighet at forskjellen mellom $q_*(SST)$ og q_{air} (i likning 11-7 i boka) ikke blir så stor, og følgelig blir Q_L relativt liten her.

- Q_{LW} er netto fluks av langbølget stråling. Denne er definert som negativ dersom det går mer energi fra havet til atmosfæren enn motsatt vei. Fluksen bestemmes av temperaturen gjennom Stefan Boltzmanns lov, $F=\sigma T^4$. Jo større forskjell det er mellom SST og det emitterende atmosfærelaget, jo større blir Q_{LW}. Tendensen er at jo nærmere ekvator, jo større er denne forskjellen. Skyldes også mye skyer over ekvator

b) Meridionaltransport er transport i nord-sør-retning. Fra den nederste figuren ser vi at det kommer mer energi inn enn ut ved ekvator, mens man ved høyere breddegrader har det motsatte tilfellet. Vi er derfor nødt til å ha meridional energitransport fra lavere til høyere breddegrader for at det ikke skal bli varmere og varmere i tropene og kaldere og kaldere ved polene.

c) Store forskjeller i fluks av kortbølget stråling kan skyldes endringer i skydekket

d) Temperatur og salinitet påvirker tettheten til vannet.
- Jo høyere temperatur, jo lavere tetthet
- Jo høyere salinitet, jo høyere tetthet

Temperaturen er viktig for fluksen av langbølget stråling fordi fluks av langbølget stråling er gitt ved $F = \sigma T^4$!

e) Atmosfærens bakketemperatur har økt med 0,15-0,20 °C per tiår siden 1975. Det ser ut som om figuren viser verdier frem til 2010. Hvis vi skal finne T-økning mellom 1980 og 2010, altså 30 år får vi 0,45 - 0,60 °C.

f) Mesteparten av energien samles opp i havet. Dette skyldes at havet har både større varmekapasitet og større masse.

Oppgave 3

a) Utvekslingen mellom vann og atmosfære er ~ 100 Pg C/år
Utvekslingen mellom vegetasjon/bakken og atmosfæren er ~ 100 Pg C/år
Det antropogene utslippet til atmosfæren er ~ 7,7 Pg C/år

Vi slipper altså ut ganske lite sett iforhold til de naturlige prosessene

b) Oppholdstiden til CO_2 er på ca 4 år

c) Selv om oppholdstiden i atmosfæren bare er 4 år, betyr det ikke at CO_2 sluppet ut fra mennesker vil være borte fra atmosfæren 4 år senere. Vi er avhengige av at hav/planter/bakke tar til seg mer CO_2 enn hva som i utgangspunktet (ved balanse) var tilfelle. Det er ikke slik at opptaket av CO_2 er veldig avhengig av mengden CO_2 i lufta (Plantene vil f.eks ikke ta til seg mye mer dersom det er mer CO_2 i lufta enn tidligere). Det vil altså ta lengre tid enn 4 år å fjerne de ekstra utslippene

d) Istid: lave CO_2 konsentrasjoner i atmosfæren
Mellomistid: høye CO_2 konsentrasjoner i atmosfæren

Jo varmere vannet er, jo vanskeligere har det for å ta til seg CO_2.

Oppgave 4

a) Vertikalhastigheten i bassenget blir $w(H_A) = \frac{S}{LM}$

siden kilden fører til en oppstrømning som fordeler seg jevnt utover bassenget

b) $$\beta v = f \frac{dw}{dz}$$

$$\beta \int_{z=0}^{z=H_A} v\,dz = f \int_{w(z=0)}^{w(z=H_A)} dw$$

$$\beta V = f\left(w(z=H_A) - \cancel{w(z=0)}\right)$$

$$\beta V = \frac{fS}{LM}$$

c) $$V = \frac{fS}{LM\beta}$$

$$\int_{z=0}^{z=H_A} v\,dz = \frac{fS}{LM\beta}$$

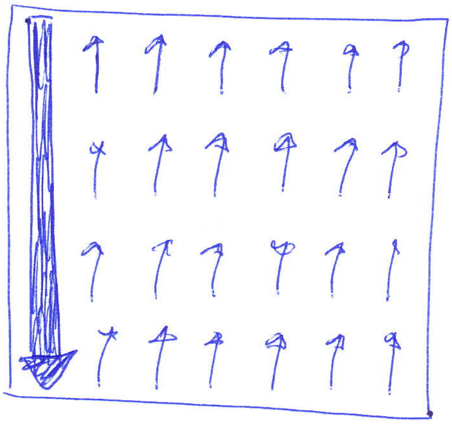
$$v \int_{z=0}^{z=H_A} dz = \frac{fS}{LM\beta}$$

$$v H_A = \frac{fS}{LM\beta}$$

$$v = \frac{fS}{LM\beta H_A}$$

Vi ser at den meridionale hastigheten i det indre må være nordgående siden alle faktorene på høyre side er positive.

d)



nordgående indre strøm

Sørgående "western boundary current".

e) Integrerer først resultatet fra c) over x og z:

$$\int_{z=0}^{z=H_A}\int_{x=0}^{x=M} v\,dx\,dz = \int_{z=0}^{z=H_A}\int_{x=0}^{x=M} \frac{fS}{H_A\beta L M}\,dx\,dz$$

$$\underbrace{vH_A}_{V}M = \frac{fS\cancel{H_A}\cancel{M}}{\beta L\cancel{H_A}\cancel{M}}$$

$$VM = \frac{fS}{\beta L}$$

Total oppstrømning sør for linjen er lik $\frac{S}{2}$ siden linjen deler bassenget i to.

Vi får derfor at total transport hos grensestrømmen, T_W, er gitt ved

$$T_W = VM + \frac{S}{2} = \frac{fS}{\beta L} + \frac{S}{2} = S\left(\frac{f}{\beta L} + \frac{1}{2}\right)$$