

GEF1100 - Oppgaver til kapittel 10 og 11

i.h.h.karset@geo.uio.no

Oppgave 1

Vi skiller mellom to ulike sirkulasjoner i havet. Hvilke? Hvordan drives disse?

Oppgave 2

- Hva er Ekmantransport?
- Bevegelseslikningene i horisontalen kan skrives slik:

$$\frac{Du}{Dt} + \frac{1}{\rho_{ref}} \frac{\partial p}{\partial x} - fv = F_x$$
$$\frac{Dv}{Dt} + \frac{1}{\rho_{ref}} \frac{\partial p}{\partial y} + fu = F_y.$$

Ta utgangspunkt i disse bevegelseslikningene og utled uttrykk for Ekmantransporten, $M_E = U_E \hat{i} + V_E \hat{j} = \int_{-\delta_E}^0 \rho_{ref} (u_{ag} \hat{i} - v_{ag} \hat{j}) dz$

- Bruk uttrykkene for Ekmantransporten du fant i forrige oppgave til å finne ut hvordan vinkelen mellom vindstresset og Ekmantransporten er.
- Hvorfor vil vi få konvergens ved Ekmantransport i en antisyklon (med klokka på NH) og divergens i en syklon (mot klokka på NH)? Hva har dette med Ekmanpumping å gjøre?
- Bruk Ekman-teori til å forklare hvorfor vindstresset på havoverflaten (se Figur 10.2 i boka) fører til at vannet i det øverste laget i havet konvergerer og synker ved 30°N (se Figur 10.11 i boka).
- Forklar hvordan vindfelt av stor skala kan påvirke overflatetemperaturen.
- Vi har stort sett vind fra sør mot nord ved havoverflaten ved vestkysten av Sør-Amerika (sørlig halvkule). Forklar hvorfor dette vil føre til upwelling.

Oppgave 2

- a) Geostrofisk balanse er en god antagelse for havets indre. Skriv opp matematiske uttrykk for den geostrofiske balansen (del opp i x- og y-retning)
- b) Når vi skal regne på vinddrevet sirkulasjon i havet, tar vi likevel ikke utgangspunkt i likningene du satte opp i a), men disse:

$$\begin{aligned} -fv + \frac{1}{\rho_c} \frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{1}{\rho_c} \frac{\partial \tau_x}{\partial z} \\ fu + \frac{1}{\rho_c} \frac{\partial p}{\partial y} &= \frac{1}{\rho_c} \frac{\partial \tau_y}{\partial z} \end{aligned}$$

Hva er årsaken til det? Hva representerer leddet på høyre side?

- c) Deriver den første likningen mhp y , den andre likningen mhp x , anta at væsken vi ser på er inkompressibel (hva betyr det, og hvorfor er dette er grei antagelse?) og vis at likningene over kan skrives som

$$\beta v = f \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{1}{\rho_c} \left(\frac{\partial^2 \tau_y}{\partial z \partial x} - \frac{\partial^2 \tau_x}{\partial z \partial y} \right)$$

Hva betyr β ?

- d) Uttrykket vi kom fram til i oppgave c) kalles for virvlingsbalansen (vorticity balance). Hvordan vil virvlingsbalansen se ut i havets indre, langt borte fra overflaten?

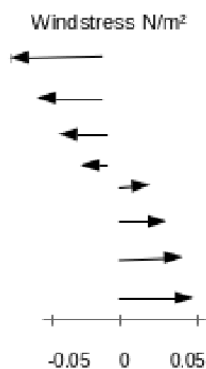
Oppgave 3

- a) Vi kan bruke Likningen vi kom fram til i oppgave 2c) til å utforske hvordan havets respons til vinden på en storskala vil være. Hvis vi integrerer Likningen vertikalt fra bunnen ved $z = -D$ og til overflaten ved $z = 0$, ender vi opp med denne Likningen:

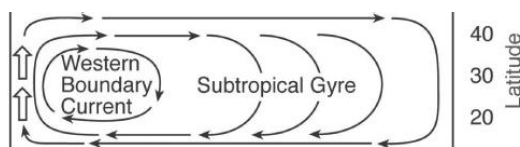
$$\beta V = \frac{1}{\rho_c} \left(\frac{\partial \tau_{y,wind}}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{x,wind}}{\partial y} \right),$$

hva står V for? Hva står $\tau_{x,wind}$ og $\tau_{y,wind}$ for? Hva kalles denne Likningen, og hva uttrykket den? Skriv den om som en vektorlikning

- b) La oss videre se om denne balansen kan fortelle oss noe om transporten i den sørlige delen av det Indiske hav mellom 40° S og 20° S. Anta at vindstresset i øst-vest-retning i dette området er som gitt i Figur 1, og at vindstresset i nord-sør-retning er neglisjerbart. Bruk Sverdrup-balansen til å forklare i hvilken retning den meridionale dybdeintegreerte transporten av vannmasser vil gå.



Figur 1: Vindstresset over det Indiske hav mellom 40° S og 20°S.



Figur 2: Den subtropiske gyren på nordlig halvkule. Henter fra Marshall & Plumb, 2008

Oppgave 4

- Boka forteller mye om "ocean gyres". Hva er det?
- Vi studerer den subtropiske gyren på nordlig halvkule i Figur 2. Horisontaltransporten av vannmasser nordover ved østkysten av kontinentene (men vestsiden av havet) kalles her for "western boundary currents". Vi ser at denne transporten er mer intensiv enn den som går sørover ved vestkysten av kontinentene (eastern boundary currents). Hvordan ville gyren ha sett ut dersom Corioiseffekten ikke hadde vært sterkere jo lengre nord man kommer?

Oppgave 5

- Til nå har vi sett på den vinddrevne sirkulasjonen som skyldes vindstresset ved havoverflaten. I oppgave 1 så vi også at vi har en termohalin sirkulasjon som drives av tetthetsforskjeller. Hvilke av disse er raskest?
- Hvorfor får vi tetthetsforskjeller i havet?
- Netto varmekullukser gjennom havoverflaten er gitt ved

$$Q_{net} = Q_{SW} + Q_{LW} + Q_S + Q_L,$$

hvor Q_{SW} er fluks av kortbølget stråling, Q_{LW} er fluks av langbølget stråling, Q_S er fluks av følbare varme, mens Q_L er fluks av latent varme. Tegn er figur som viser hvordan de ulike fluksene varierer med breddegrad.

- c) Q_{LW} , Q_S og Q_L vil i gjennomsnitt bidra til en nedkjøling av havet. Forklar hvordan hver av de tre fluksene bidrar negativt.
- d) Den termohaline sirkulasjonen drives av oppdriftsforskjeller som skyldes enten av termale eller haline prosesser. Hva betyr det?
- e) Vi har tidligere sett at termalvindlikningen forteller oss hvordan den geostrofiske vinden i atmosfæren endrer retning og styrke med høyden. Termalvindlikningen under gjelder for inkompressible fluider, som havet. Bruk denne til å finne ut hvordan havstrømmens retning og styrke ville ha blitt endret med dypet i havet dersom vi antar geostrofisk balanse og kun termisk drevet sirkulasjon. Oppvarmingen skjer ved ekvator og nedkjøling skjer ved polene.

$$\frac{\partial \vec{u}_g}{\partial z} = -\frac{g}{f\rho_c} \hat{z} \times \nabla \rho$$