

## "AutoFlux" - ka e' det me gjørr?

*En undersøkelse av hvordan luft og sjø gjensidig påvirker hverandre*

*Eller*

*Ikke meteorologi alene*

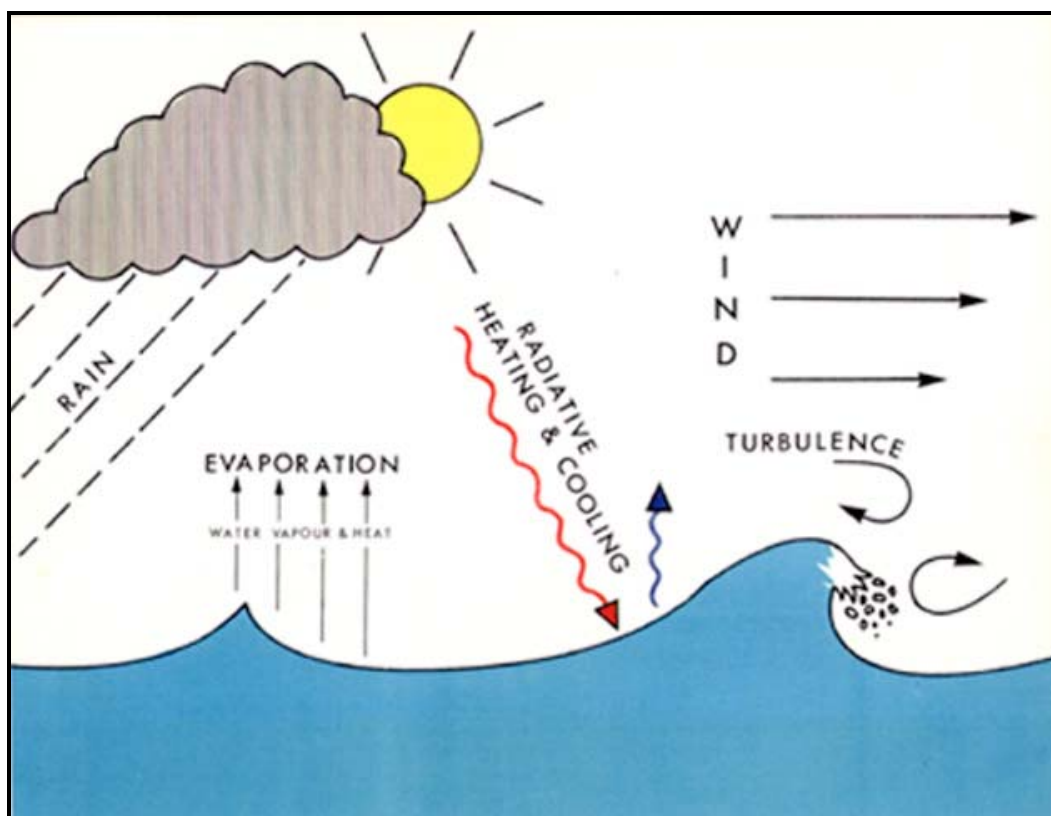
*Eller*

*Fire flukser*

Av Margaret Yelland og Robin Pascal

Oversettelse til husbruk. Øyvind Synnevåg

September 2006



## Kapittel 1

*Her møter vi de fire fluksene for første gang. (Fluks blir forklart senere i kompendiet).*

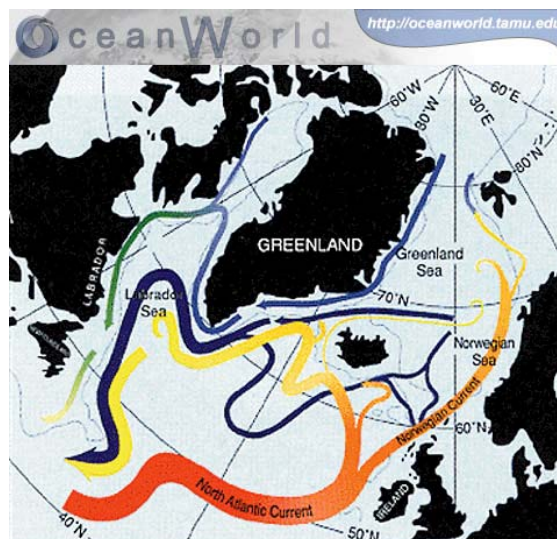
Atmosfæren og havet er meget nært knyttet til hverandre. En stor del av solenergien går rett gjennom atmosfæren og blir absorbert av havoverflaten som så blir varmere. I det åpne hav er overflatevannet normalt varmere en luftmassen over, dermed blir varme overført fra overflatevannet til atmosfæren på samme måte som en kokeplate varmer en panne nedenfra.

Et dramatisk eksempel på hvordan havet varmer opp atmosfæren er Golfstrømmen, blir også kalt Nord Atlanterhavs driften (del av "Transportbandet"). Dette er en enorm overflatestrøm av varmt vann som krysser Atlanteren mot øst fra Karibien til det nordlige Europa – den svære varmemengden som overføres fra havet til atmosfæren gjør at klimaet i vest Europa er mye varmere enn det ville vært uten denne varme overføring (tenk på iskalde vintre i St.Petersburg – på samme breddegrad som Shetland, hvor det bare er vått og vindfullt). Varmen blir overført til luften direkte og ved fordampning av vann. Den direkte varmeoverføring kalles "følbare varmekraft" og fordampnings-overføringen kalles "den latente varmekraft".

Havstrømmene forandrer seg over flere tiår eller hundrevis av år, så dersom vi vil forutsi verdens klimaendringer må vi først være i stand til å forutsi hva som vil skje med havstrømmene. Vi må også forstå fysikken om havets og atmosfærens gjensidige påvirkning. For eksempel – hvor hurtig er varmeutvekslingen mellom atmosfæren og havet? Er utvekslingen avhengig av vindstyrken? Eller av sjøgangen?

Foruten varmeutvekslingen, havet og atmosfæren påvirker hverandre på andre måter. Et selvfølgelig eksempel er når vinden blåser over sjøen skapes bølger og strømmer. d.e. vinden overfører kraft og kinetisk energi til vannet. Bølgene kan imidlertid også påvirke vinden. En perfekt slett overflate vil ha meget liten virkning på vinden og meget lite energi vil bli utvekslet mellom de to. Derimot vil en overflate med svære bølger minke vindenhastigheten grunnet friksjon og ved bremse-effekt, og stor energi utveksling vil oppstå. Denne energiutveksling kalles "energiutveksling".

Klimaforandring er et varmt tema. En årsak til klimaforandring er den økte mengde Karbon dioksid som blir pumpet inn i atmosfæren, hovedsakelig ved forbrenning av fossil olje. Vi vet ikke eksakt hva som skjer med denne karbondioksid gassen. Hvor mye CO<sub>2</sub> bare bygger seg opp i atmosfæren? Hvor mye blir absorbert på



*North Atlantic part of the Conveyor Belt (courtesy of Woods Hole Oceanographic Institution). Warm surface currents are in red/yellow. Cool deep currents are in blue.*

land av vegetasjon veksten? Hvor mye blir absorbert av havene? Et anslag er at omtrent tredjeparten av den tilførte CO<sub>2</sub> blir absorbert av havet. Noe av dette vil bli lagret for godt (noen hundre år i det minste). For eksempel, noen typer plankton bruker oppløst CO<sub>2</sub> til å skape sin kalsiumkarbonat-kropp – når disse planktonene dør synker mange til bunnen av havet, hvor de, og karbonet de inneholder vil forbli i det uendelige.

Når konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> er den samme i overflate- vannet og luften over, er de to i balanse og der er ingen utveksling av CO<sub>2</sub> fra den ene til den andre. Imidlertid, når de ikke er i balanse vil de utveksle CO<sub>2</sub> – dersom luften har den høyere konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> enn vannet, CO<sub>2</sub> overføres fra atmosfæren til havet. Når det gjelder de andre fluksene vet vi ikke nøyaktig hva som påvirker utveksling av CO<sub>2</sub>. For eksempel, vi vet at utveksling av CO<sub>2</sub> er større ved sterke vinder enn ved lette vinder, men ikke hvor mye større.

## Kapitel 2

### *Her blir vår sørgelige mangel på kunnskap blottlagt.*

Havet og atmosfæren er knyttet sammen ved fire fluksler:

følbare varme – direkte overføring av varme

latent varme – fordampningen av vann

moment – energien overført til/fra vind og bølger

CO<sub>2</sub> – karbondioksid (egentlig bare en blant mange gasser og partikler som blir utvekslet)

Dersom vi ønsker mer nøyaktige vær meldinger, og bedre forutsigelse av klima forandring, må vi ha en god forståelse av hvordan disse fluksene oppfører seg i forskjellige vær forhold. Pr. i dag så er det mye vi ikke vet om fluksene. Energifluksen er den vi forstår best og vi vet at utvekslingen av energi mellom vind og bølgene øker i takt med vindøkningen, men vi vet ikke hvilken rolle selve bølgene spiller. Noen forskere mener at "unge" bølger (nyskapt bølger) øker fluksen, andre tror ikke det. På samme måte tror noen at hvis dønning beveger seg i samme retning som vinden minker fluksen, mens andre er uenig. Bølgehøyden kan også ha sin virkning på varmeutvekslingen. Dersom sjøen er stille og flat så kan det danne seg en kald hinne, denne kan virke som et "lokk" og derved virke som en barriere for varmeutveksling. Når det gjelder CO<sub>2</sub> fluks blir tingene virkelig komplisert og det er mange teorier som sier at CO<sub>2</sub> fluks avhenger av:

vind styrke

bølgehøyde

brott sjø

regn

hvitsjø og sjøsprøyt

overflate"hinne"

de andre tre fluksene!

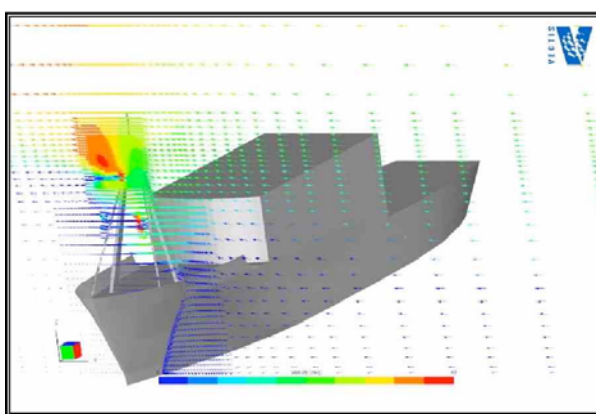
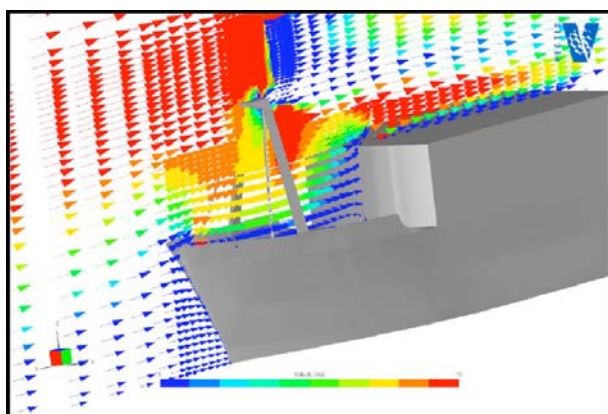
CO<sub>2</sub>-fluksen er så lite forstått at de forskjellige teorier om utveksling varierer med 50% ved vindstyrke 7 m/s (gjennomsnitt vind styrke på verdenshavene). Ved høyere vindstyrke når den største utveksling foregår, spriker teoriene med 100% eller mer.

### Kapittel 3

#### *Luft-sjø gjensidig påvirkning er problemfullt.*

Et hovedproblem er å måle disse fluksene. For å gjøre det må man ha nøyaktige målt vind styrke, luft temperatur, fuktighet og den atmosfæriske CO2 konsentrasjonen. Fluksene er avhengig av turbulensen i atmosfæren, så vi må vite ikke bare gjennomsnittsverdien av disse målinger, men også hvordan de varierer i et meget kort tidsrom (mindre enn 0,1 sekund). For å få denne informasjonen må alle målinger bli gjort 20 ganger i sekundet, og alle må synkroniseres sammen og alle må gjøres nærme hverandre. En av de tingene som er mest vanskelig å måle, er hvordan turbulensen lager forandring i vindstyrken i den vertikale retning. For å gjøre det må vi måle den vertikale vindstyrke og i tillegg den vertikale bevegelsen til skipet, da bevegelsen til skipet beveger selve anemometret opp og ned.

Å ta disse målinger i åpen sjø betyr at vi må bruke et skip, men skipet forårsaker problemer. Skipet påvirker strømmen av luft til instrumentene, uansett hvor de er plassert. Luftstrømmen forandrer hastighet idet den strømmer over skipet, og vil også forandre retning oppover og sideveis. Vi kan korrigere for dette ved å lage computermodeller av luftstrømmen rundt skipet. Bildene under viser en meget enkel modell av luftstrømmen rundt "Polarfront" (nå har vi tegningene av skipet og kan lage en mer detaljert modell). Påvirkningen fra skipet på målingene forandrer seg med vindretningen. For et anemometer på styrbord side av formast-plattformen, viser resultatet fra den enkle modellen at den målte vind har feilmargin på 1% dersom vinden blåser direkte mot baugen. Dersom vinden blåser fra styrbord tvers vil den målte vind ha en feil på 3% for høyt, og dersom vinden blåser fra babord side vil feilen være 10% for høyt. Disse feilmålinger høres kanskje ikke så store ut, men dersom vindstyrken er 10% feil vil våre målte flukser være ca. 40% feil. Dette er i sannhet meget galt...



*Computer models of the air flow over a simple version of the Polarfront. On the left the wind is blowing on to the bow. On the right the wind is blowing on to the port beam. The colours represent different wind speeds in the two pictures - on the left the red means the wind is too high by 1% and on the right the red means the wind speed is too high by 10%.*

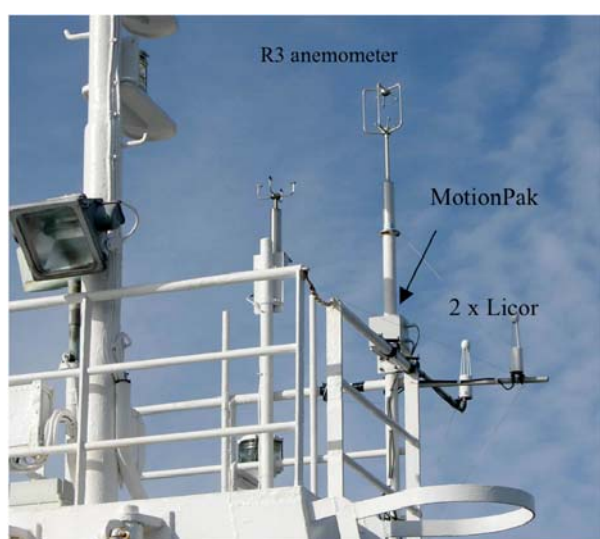
## Kapittel 4

*Her blir de mystiske gjenstandene på formasten identifisert.*

Til å gjøre fluks målinger, har vi en gruppe sensorer som måler fra 20 til 100 Hz. De er alle montert tett sammen på styrbord av formast plattformen. Sensorene er;

- a R3 sonic anemometer – dette måler alle tre komponenter av vindstyrke og også luft temperatur
- to Licor H20/CO2 sensors – disse måler den atmosfæriske fuktighet og CO2
- a MotionPak – for nøyaktige målinger av skipets bevegelser

R3 anemometer data, kombinert med bevegelser data, vil etter hvert forsyne oss med energi overføring og den følbare varme fluksen og Licor instrumentet forsyner oss med den latente fluks og CO2-fluks.



*Left: the flux sensors on the foremast. Right: a Licor with the shroud in place. Table Mountain is in the background.*

R3 anemometer er godt utprøvd instrument som vi har brukt til å måle energi overføring i snart 20 år. Licor er et ganske nytt instrument og er meget gode til å måle den latente varme fluks. Et problem med Licor er at hode på sensoren ikke er fullstendig stiv og vil bøye seg litt når skipet beveger seg. Dette forårsaker feil på CO2-fluks målingene. For å sjekke at vi har fjernet disse feil riktig, må vi tildekke en sensor om gangen med en hette plassert over hodet. Når hetten er på skulle fluksmålingen være null. Vi må gjøre dette regelmessig for å være sikker på at feilen ikke har forandret seg. På fremtidige turer vil en Licor være tildekket om gangen, hetten byttes fra den ene til den andre når skipet anløper havn en gang i måneden.

## Kapittel 5

*En stor rollebesetning.*

”Polarfront” er et henimot perfekt skip for denne undersøkelse da det er tilegnet metrologiske observasjoner, i motsetning til ethvert annet skip i verden. Det holder en stasjon hvor høye vindstyrker (og derav stor fluks) forekommer og hvor havet og atmosfæren ofte er i ubalanse m.h.t. CO2. Plattformen på formasten er meget

godt egnet til vindmåling fra alle retninger unntatt aktenfra, og skipet har mesteparten av tiden vinden inn fra tvers eller rett forenfra.

Når vi har målt fluksene må vi forklare deres adferd i sammenheng med forholdene på samme tidspunkt. Til det trenger vi i tillegg målinger av;

- sann vindstyrke og retning
- luft temperatur og fuktighet
- luft trykket
- sjø temperaturen
- "hinne temperaturen" av sjøens overflate
- bølgehøyden
- bølgebryting og hvitsjø
- regn
- CO2 konsentrasjon av vannet
- CO2 konsentrasjonen i atmosfæren
- etc. etc.

Vi får noen av disse (d.e. sjø temperatur og luft trykk) fra skipets eksisterende utstyr tilhørende DNMI, og data på CO2 konsentrasjonen blir innhentet av gruppen fra Universitetet i Bergen. Informasjon om bølgebryting og hvitsjø blir fremskaffet fra to digital kamra på broen. Temperaturen på overflate "hinnen" blir nedtegnet av to Tasco infra-røde sensorer på monkey island. Skipets SYNOP metrologiske observasjoner hver time vil bli kilden til informasjon om nedbør.

Informasjon om bølgehøyden kommer fra skipets egne bølgemåler (SBWR) og fra Wavex bølgeradar. SBWR målerne fremskaffer ingen informasjon om bølgenes retning, men måler den signifikante bølgehøyde (Hs) ganske så bra. I motsetning til dette gir Wavex informasjon om bølgeretning, men kvaliteten på bølgehøyde-målingene er ikke kjent. Selv om det er problemer med hvert enkelt system, vil kombinasjonen av data fra begge til sammen fremskaffe ypperlig informasjon om bølgeforldene.

For å forstå sammenhengen mellom fluksene og de andre variablene trengs en stor mengde data, fremskaffet under et stort spekter av værforhold. Og særlig trenger vi data ved høye vind styrker, d.e. gjennomsnitts vind styrke større enn 20 m/s. Å skaffe nok data betyr at alle instrumenter må operere kontinuerlig. Vår hensikt er å ha alle instrumentene i funksjon på Polarfront for minst tre år som en del av "HiWASE" (High Wind Air-Sea Exchanges). Det er et prosjekt finansiert av U.K. Natural Environment Research Council program "SOLAS" (Surface Ocean Lower Atmosphere Study). Henimot slutten denne treårs-perioden vil vi forsøke sikre ytterligere finansiering for å holde installasjonen operativ på halv-permanent basis.