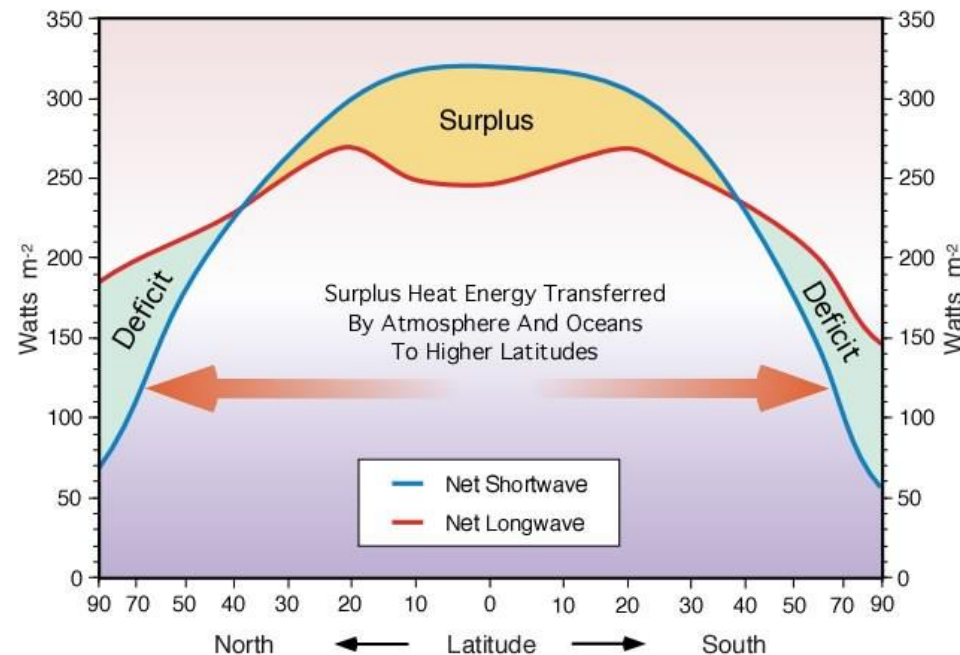


Om ENSO og utviklingen i global OHC ('Ocean Heat Content')

(Skrevet av 'Okular')

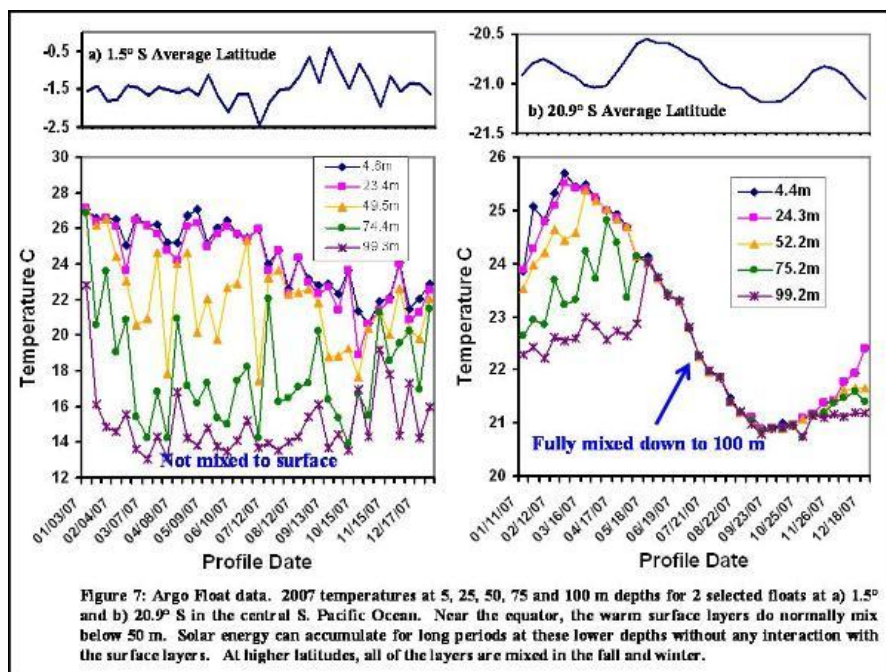
Det er forholdsvis lett, dog omfattende, å vise hvordan og hvorfor global OHC (verdenshavets totale varmeinnhold) har bygd seg opp som det har gjort siden 1970. Vi trenger bare, via noen få trinn, å finne fram til erkjennelsen av at verdenshavets totale varmeinnhold og dets utvikling, fra år til år og over tid, avhenger fullstendig av det innbyrdes 'styrkeforholdet' mellom det tropiske Stillehavets to sektorer: WPWP-regionen (Vest-Stillehavet) og NINO-regionen (Øst-Stillehavet). Veien er slik: Det tropiske Stillehav → Tropene som helhet → Verdenshavet som helhet.

- Først må vi forstå hvor energien fra sola netto entrer jordsystemet (havet) og hvor den distribueres. Her er en skematisk framstilling av situasjonen:



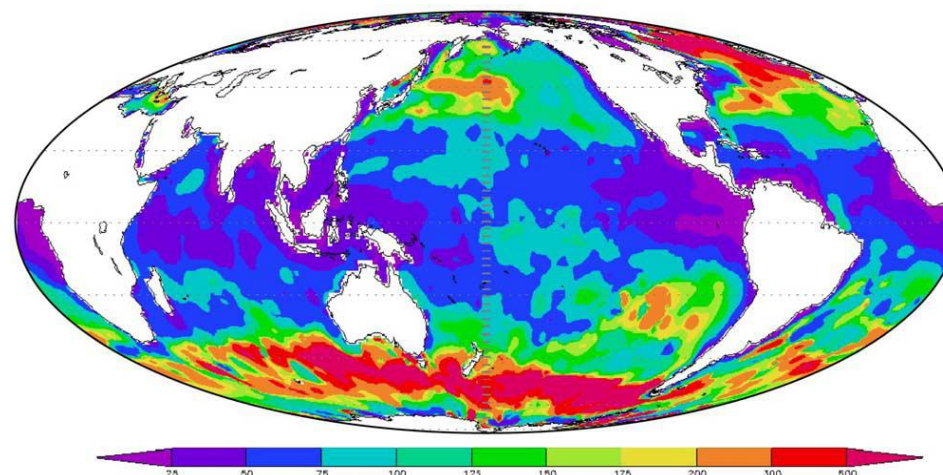
Figur 1. Den globale energibalansen ved TOA. 'Net Shortwave' er energi fra sola absorbert av jordsystemet (i hovedsak de tropiske hav). 'Net Longwave' er energi fra jorda strålt ut igjen som IR til verdensrommet. Den første fluksen kommer altså inn, den andre går ut. Globalt går de to i balanse, men poenget med denne figuren er å vise skjevfordelingen innad i systemet – tropere/subtropere kontra ekvatropere.

- Av Figur 1 vil man kunne slutte at endringer i OHC i jordas ekstratropener, nord og sør for de subtropiske høytrykkssonene, stort sett vil skyldes endringer i den globale *fordelingen* av varme, distribuert fra tropene, da *in situ* nettoopptak av energi i løpet av året generelt er forhindret gjennom negativ varmeutvekslingsbalanse ved overflaten – det vil si, mer energi frigis fra vannmassene fra ett år til et annet enn det som mottas direkte fra oven.
- Jeg poengterer 'fra ett år til et annet' og 'i løpet av året' fordi det selvsagt foregår sesongmessig opptak av energi i ekstratropene, i de periodene hvor jorda her er inklinert i retning sola. En svært viktig forskjell mellom ekstratropene og tropene/subtropene er imidlertid dybden på det såkalte 'blandingslaget', det sjiktet av havet som befinner seg helt øverst mot overflaten og hvor konvektive prosesser kan omrøre vannmassene ned til en viss dybde på grunn av større eller mindre temperaturforskjeller mellom de ulike sesonger/årstider. I tropene er temperaturforskjellene så små (evt. så kortvarige (dag/natt)) at den konvektive sammenblandingen av vannmassene ikke trenger lenger ned enn til 25-75 meters dyp. I ekstratropene er sesongvariasjonene mye større og mer konsekvente, og her kan blandingslaget være fra 100 til flere hundre meters dyp. Omrøringen skjer idet overflatevannet kjøles mer og mer ned utover høsten og vinteren, slik at det blir gradvis tyngre og synker ned, noe som i sin tur fører til at tidligere oppvarmet vann på dypet presses/trekkes opp mot overflaten hvor energien så kan frigjøres til atmosfæren.
- Solas kortbølgede stråling trenger i snitt ned til 100 meters dyp, og vil kunne tilføre havet varme langs hele vannsøylen ned til dette nivået. I ekstratropene vil all varmen mottatt og lagret opp om sommeren trekkes opp til overflaten og frigis i løpet av senhøsten, vinteren og våren – varme mottatt *in situ* vil altså ha store problemer med å kunne lagres og bygges opp over flere år i ekstratropene. I tropene, derimot, er situasjonen en helt annen: All varme tilført vannsøylen mellom i snitt 50 og 100 meter vil i utgangspunktet kunne lagres fra ett år til et annet og transporteres med havstrømmene, mer eller mindre i fred for alle overflateprosesser. Dessuten vil sola skinne stort sett like kraftig hele året, slik at selv de øvre 50 meterne vil kunne holde sin temperatur og sitt generelle varmeinnhold:



Figur 1b.

Sammenlikning av blandingslagene over et år på hhv. 1,5 (venstre boks) og 21 grader sørlig bredde (høyre boks) i Stillehavet i 2007 (ARGO).



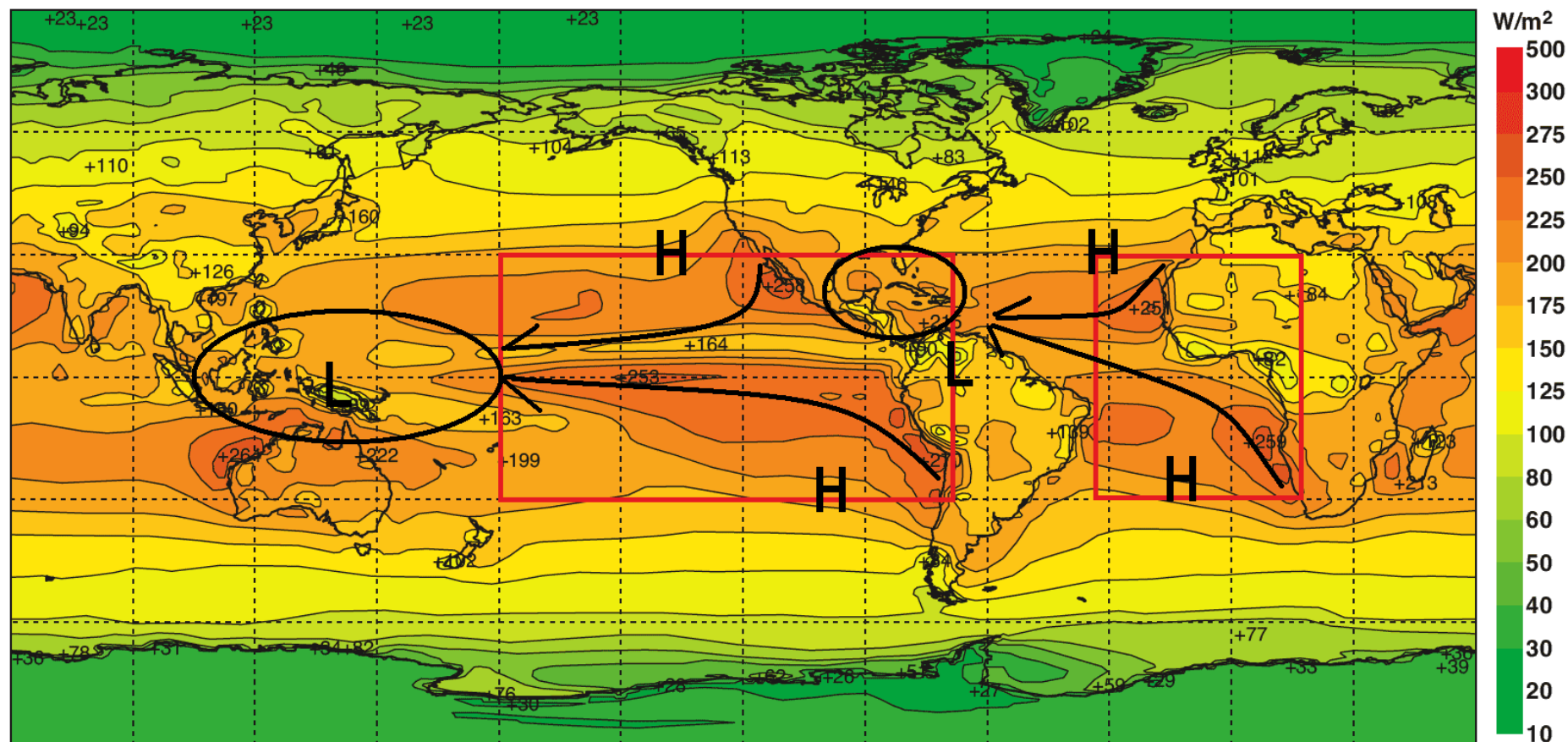
Figur 1c.

Kart som viser blandingslagets generelle dybde. Mørkeblå og lilla toner viser dyp mindre enn 75m. Grønne, gule og røde toner viser dyp fra 100 til flere hundre meter. 'Grunne' blandingslag i ekstras tropene er i all hovedsak assosiert med oppvellingsområder.

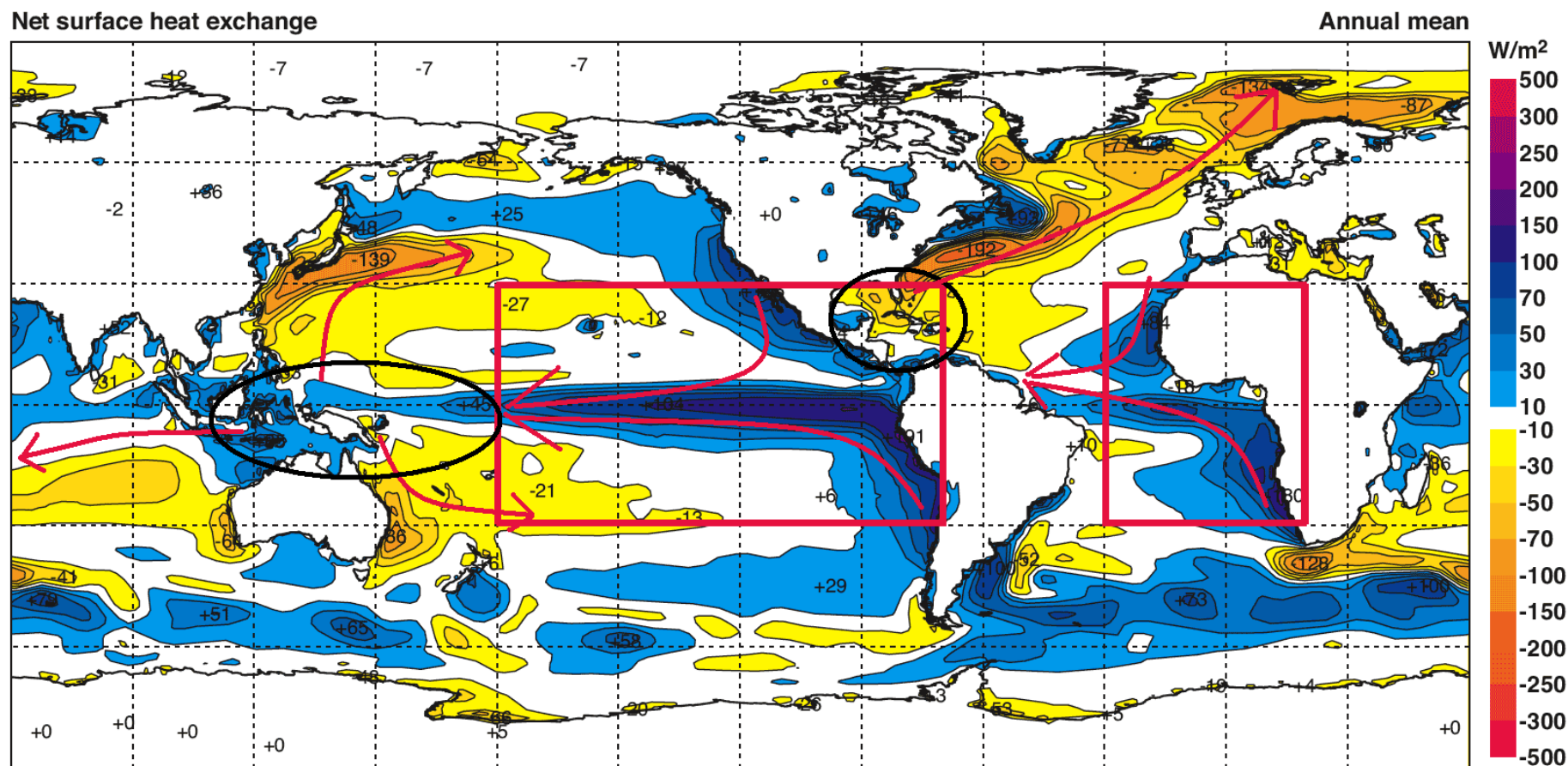
- Verdens havstrømmer bringer (naturlig nok, som man kan forstå av Figur 1 og diskusjonen under) alltid varmt vann *fra* tropene og nord- eller sørover til ekstras tropene, aldri motsatt vei. **Økt global OHC har helt primært sin kilde i de tropiske hav.**
- Jorda er selvsagt ikke så ensartet som diagrammet i Figur 1 over kan tyde på, verken mellom troper og ekstras troper eller innad i tropene/subtropene eller ekstras tropene hver seg. Figur 1 viser det helhetlige bildet, nettosituasjonen.
- Det er like fullt av avgjørende betydning å anerkjenne skjevhetene, især i tropene/subtropene. Det er nemlig essensielt å ha klart for seg det til dels svært ujevnt fordelte energiopptaket her for å kunne forstå hvordan global OHC utvikler seg.
- Ulikhetene skyldes fundamentalt sett korioliseffekten, jordas rotasjon, som skaper vestgående vindsystemer i tropene – de såkalte passatene. Disse vil generelt blåse både vannmasser og skydekke fra øst til vest i havbassengene (Det indiske hav er dog et litt spesielt tilfelle, grunnet monsunens sterke tilstedeværelse).
- Det neste vi må gjøre er altså å lokalisere de *delene* av de tropisk-subtropiske hav hvor det netto energimottaket finner sted. Det viser seg at dette skjer helt primært i to regioner, og da *særlig* i den ene. Se følgende to kartfigurer:

Net surface solar radiation

Annual mean

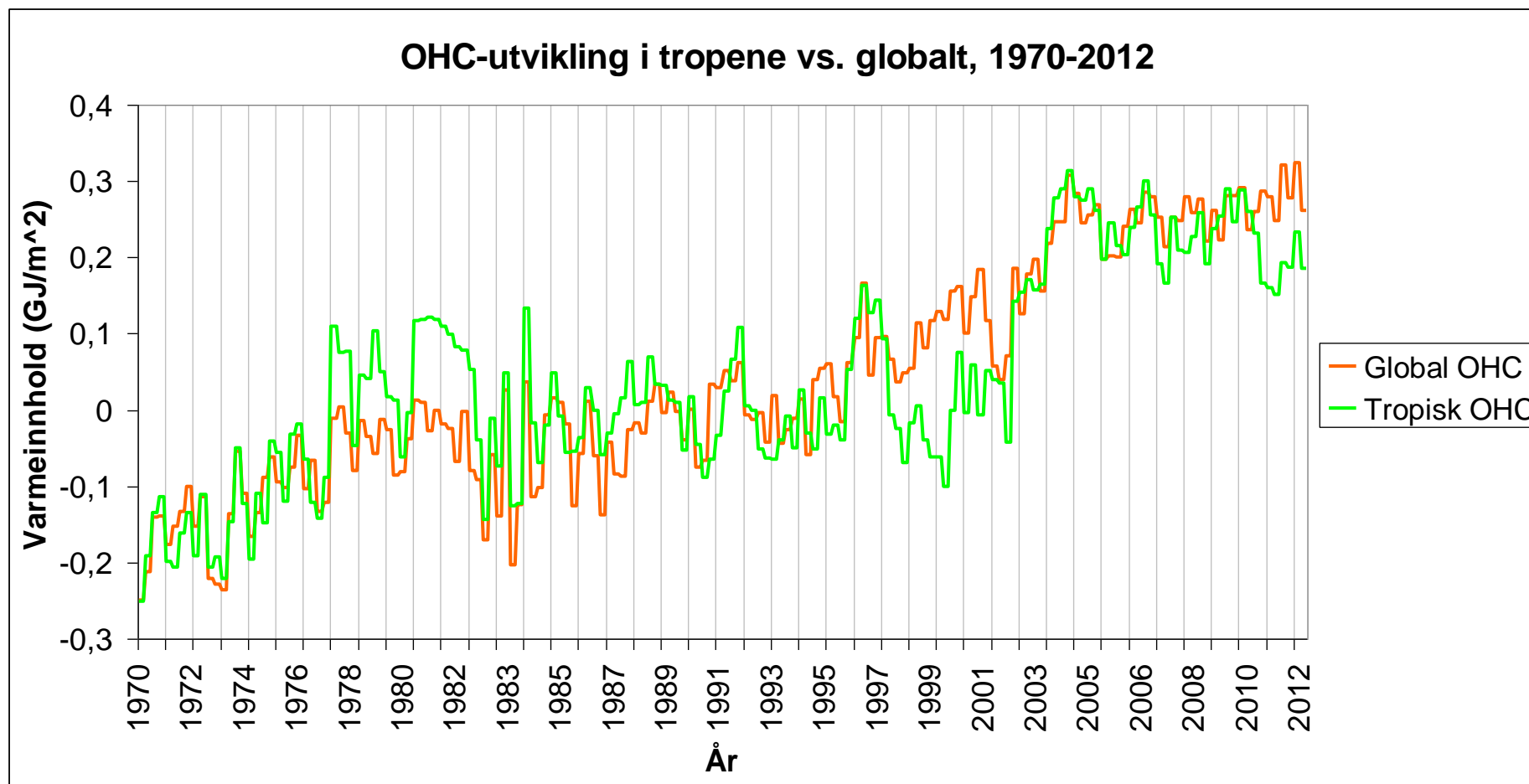


Figur 2. Dette er hvor jorda i snitt mottar sin solinnstråling. Merk tropenes og subtropenes suverene dominans. Og merk ikke minst de to østlige bassengene i Stillehavet og Atlanterhavet (markert med røde rektangler). Disse står til sammen for en svært stor porsjon av det globale mottaket. De svarte pilene markerer havstrømmenes transport av vannmassene fra høytrykkssonene i øst (H) til lavtrykkssonene i vest (L). Det på veien soloppvarmede vannet mottas i henholdsvis 'West Pacific Warm Pool' (WPWP) nord for Australia og 'Western Hemisphere Warm Pool' (WHWP) ved de vestindiske øyer (sorte ellipser). Observer at sistnevnte varmereservoar ligger helt og holdent nord for ekvator, noe som betyr at det er langt mer sesongbetont enn WPWP i Stillehavet. Dette skyldes det spesifikke kontinentale arrangementet i denne delen av verden, som for eksempel leder til at store havstrømmer her krysser ekvator og slik bringer med seg oppvarmet vann fra Sør- til Nord-Atlanteren.



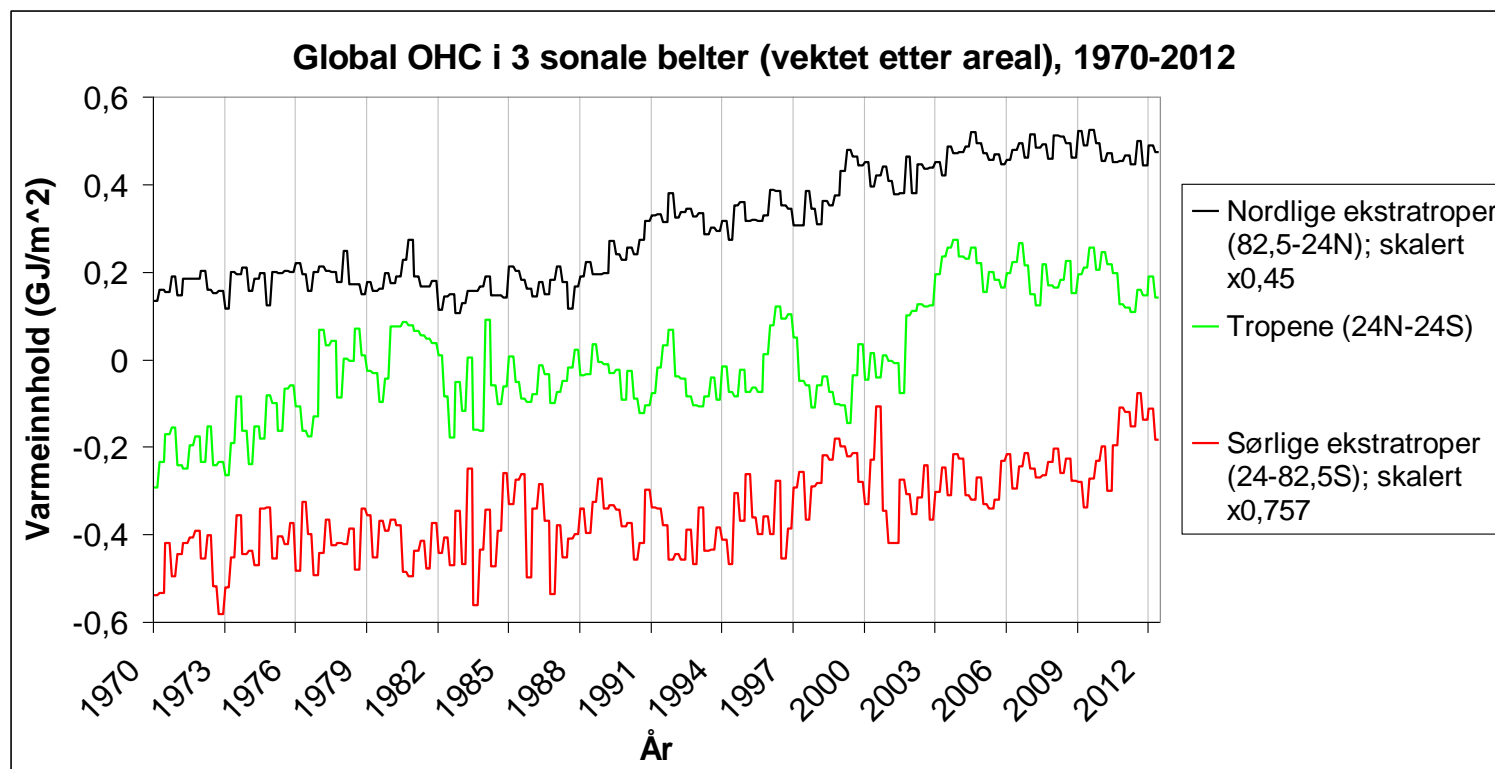
Figur 3. *Netto varmeutveksling ved jordas havoverflate. Dette er rett og slett netto innkommende energi (fra sola, Fig. 2) minus utgående energi (stråling, følbare og latent varmeoverføring). Her står Øst-Stillehavet i enda større grad fram som jordas soleklare resipient av netto energi (varme). I tillegg til havstrømmene fra øst til vest over de tropiske strekkene, er utførselsstrømmene av det varme vannet som tilføres de to varmepoolene markert. I Nord-Atlanteren er det selvsagt snakk om Golfstrømmen, som er unik i verdenssammenheng i sin meridionale utholdenhet mot polare strøk. Ut fra WPWP i det vestlige Stillehav spres varmtvannet både mot nord, sør og vest. Ut fra WHWP går det kun én vei – nordøstover. Merk at tilførselsstrømmene netto tar opp varme på sin vei, mens utførselsstrømmene netto gir fra seg varme på sin vei.*

- I all hovedsak er det altså tropene som mottar, lagrer og fordeler videre globalt varmen jordsystemet netto absorberer fra sola i løpet av et år. Og hovedtyngden av dette energimottaket foregår altså i det østlige Stillehav, i NINO-regionen.
- Det skal imidlertid vise seg at Øst-Stillehavets dominans i realiteten er vesentlig større enn det til og med denne overlegne energimottaksposisjonen skulle tilsi, men dette *skyldes* også i utstrakt grad den samme overlegenheten – Øst-Stillehavet *er* rett og slett størst og kan slik diktere utviklingen i tropene for øvrig: Regionen mater, oseanisk, WPWP (Vest-Stillehavet) med oppvarmet vann, og styrer i stor grad, atmosfærisk, trykk- og vindsystemer (og følgelig også skydekke) over (og med det altså varmeopptak i) tropisk Atlanter- og Vest-Indiahav. (Mer om disse sammenhengene etter hvert.) Hvordan disse såkalte 'atmosfæriske teleforbindelser' eller 'telekoblinger' fungerer, kan en bl.a. få innblikk i her: http://www.aoml.noaa.gov/phod/docs/Wang_Hadley_Camera.pdf (Wang (2005), "*ENSO, Atlantic Climate Variability, and the Walker and Hadley Circulation*")
- Ekstratropene får altså sin varme i fremste rekke distribuert fra tropene. Men hva er det som styrer hva og hvor mye som skal distribueres fra tropene til ekstratropene, samt *når* det skal distribueres? Mye kan leses ut fra OHC-kurvene. Vi sammenlikner den tropiske kurven (24N-24S) med den globale:



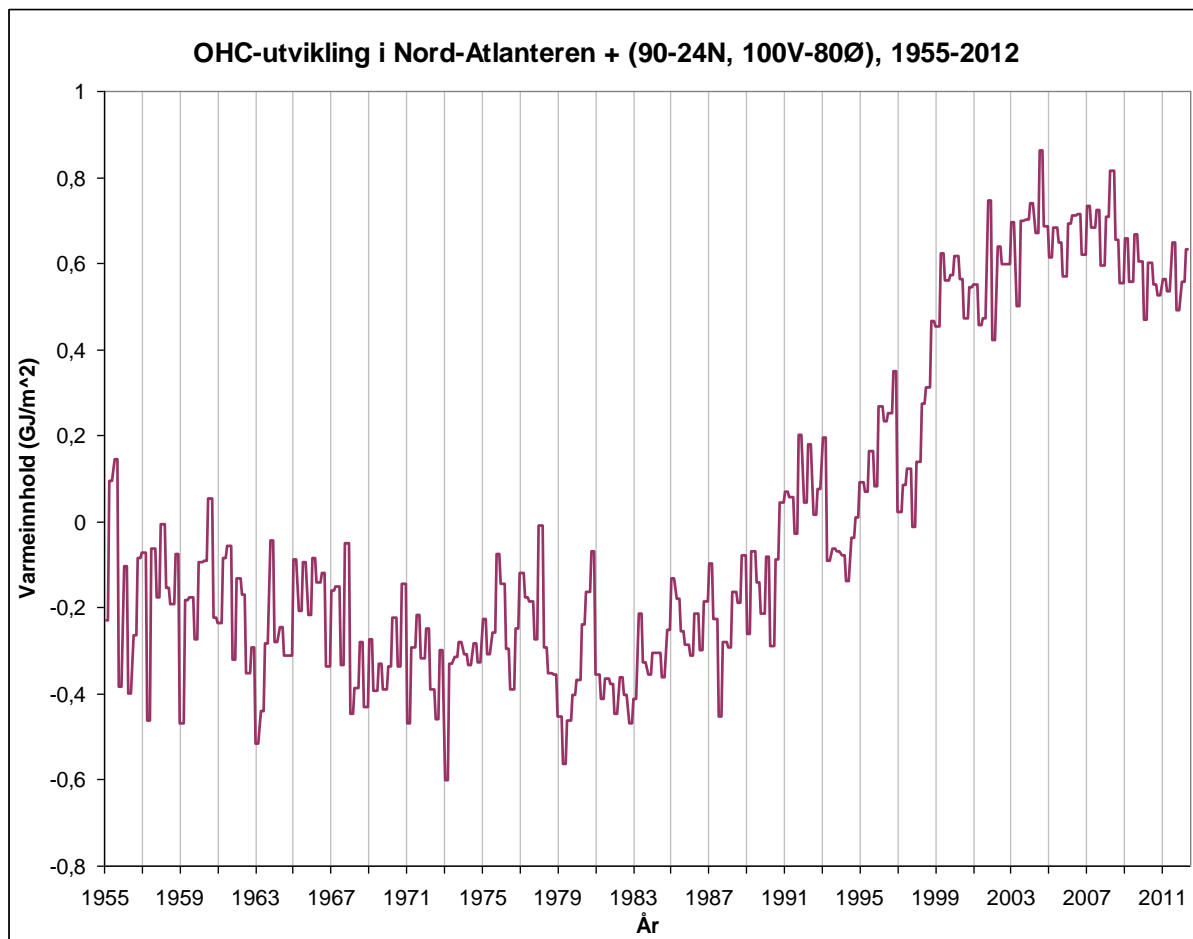
Figur 4. Her kan man tydelig se hvordan den globale OHC-kurven i all vesentlighet følger og utgjøres av den tropiske. (Det er klare trinn her, særlig i den tropiske kurven.) De to skiller seg like fullt fra hverandre i tre tidsrom i perioden 1970-2012. De er: 1) perioden 1977-88/89, 2) 1997-2001, og 3) medio 2010 til i dag. I 1977 gjør den tropiske kurven et kraftig rykk opp. Den globale følger bare i liten grad, og legger seg med det under den tropiske, dog med samme flate trend, hele veien til 1988. I perioden 1988-91 hever den globale kurven seg opp et nivå inntil den ligger på høyde med den tropiske, som i samme tidsrom har holdt seg langs sine flate trend. De to følger hverandre så til 1997. Da faller den tropiske kurven, mens den globale klatrer – dvs. nok engang følger den ikke den tropiske, men denne gangen altså på veien ned. Det samme ser vi skje mot slutten av 2010.

Mye av bakgrunnen for ulikhetene mellom de to kurvene i Fig. 4 er å finne i denne komposittgrafen:



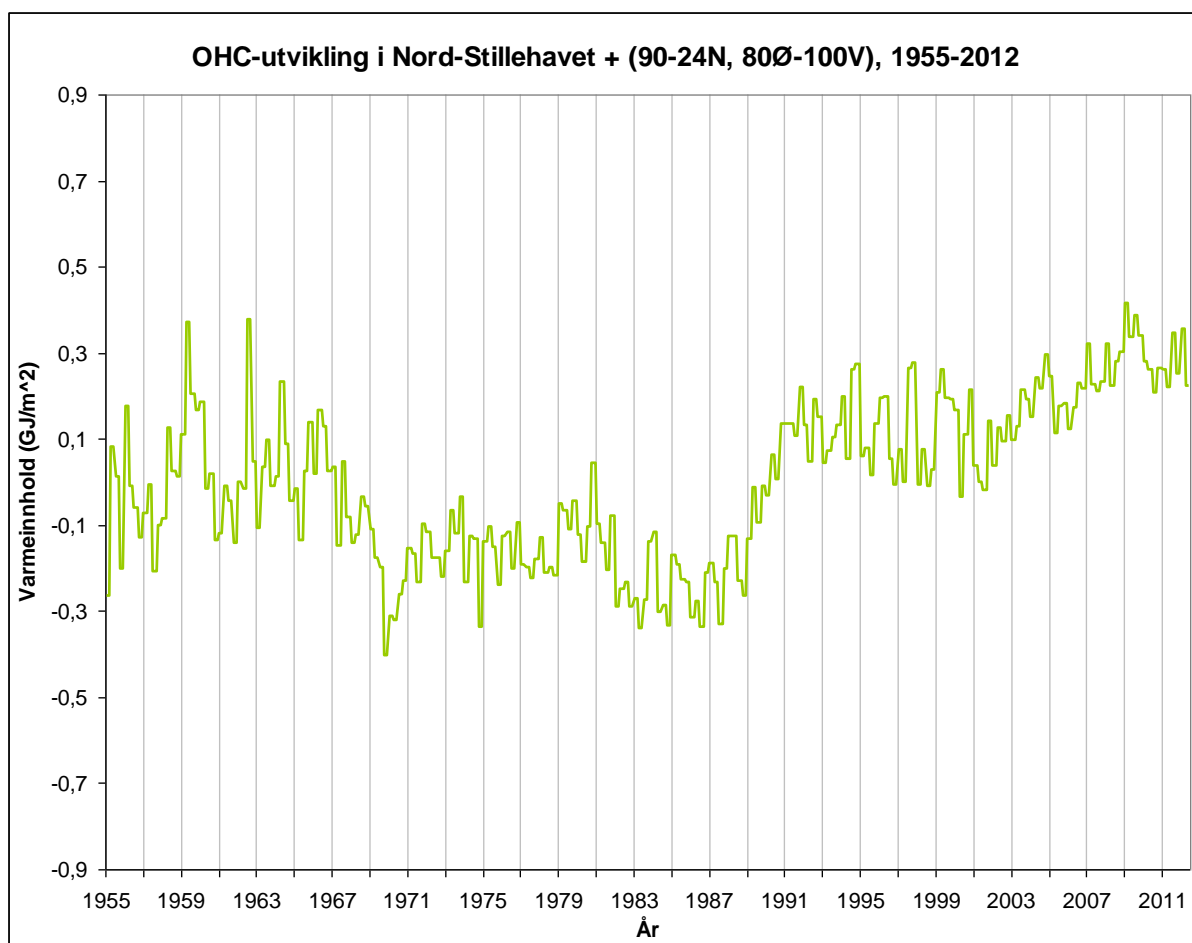
Figur 5. Tropisk OHC satt opp mot de nordlige og sørlige ekstras troper. Disse kurvene er arealvektede, så de står her i jevnbyrdig forhold til hverandre. Som en kan se, rykker verken de nordlige eller de sørlige ekstras troper opp med tropene i 1977. Snarere bikker de en smule nedover. Men legg merke til hva som skjer i 1988/89. De nordlige ekstras troper begynner en påtakelig stigning som varer fram til ~1991/92. De sørlige ekstras tropers OHC hever også sitt snittnivå aldri så lite i denne perioden (sammenlikn perioden 1976-88 med perioden 1988-97). Så, i tidsrommet 1997-2001, rykker de sørlige ekstras tropers OHC kraftig opp, før de lander på et høyere snittnivå fra 2001/02. De nordlige ekstras troper gjør det samme i 1998/99, dog med vesentlig mindre utslag enn sør. I 2010 gjør de sørlige ekstras tropers enda et byks opp. Merk da at verken tropene eller de nordlige ekstras tropers følger overhodet. Hele den siste toppen på den globale kurven i Fig. 4 har følgelig sin opprinnelse i sør. De nordlige ekstras tropers har sin siste lille trinnheving i 2003/04. Denne gjenfinnes knapt i sør, men følger en tilsvarende, men større utvikling i tropene rundt denne tida.

Jeg synes det her, egentlig bare som en kuriositet, kan være interessant å vise fram OHC-utviklingen til de to kontinentalt atskilte bassengene i de nordlige ekstratropene: Nord-Atlanteren+ og Nord-Stillehavet+. Det er disse to til sammen som utgjør den øverste (sorte) kurven i Fig. 5. Utviklingen er ganske så slående forskjellig mellom de to. Men noe har de til felles – veldig opprykk som startet i 1988/89:



Figur 5b.

I løpet av 57 år steg OHC i det nordlige Atlanterhav i realiteten kun i 10-12, under perioden 1988-99. Hadde vi fjernet denne delen av grafen over og heller forbundet perioden 1955-88 direkte med perioden 1999-2012, ville vi ikke ha sett noen stigning i OHC overhodet – kurven hadde vært tilnærmet flat; trenden hadde faktisk vært ørlite negativ fra ende til ende. OHC synker generelt fra 1955 til ~1987 (avbrutt av et opprykk mellom 1973 og 1977/78, trenden flater noe ut etter dette), samt fra 2003/04 til i dag.



Figur 5c.

OHC-utviklingen i det nordlige Stillehav er om mulig enda pussigere. Her er det avgjørende strekket med stigning enda kortere enn i Nord-Atlanteren – alt foregår mellom 1988 og 1991. Fjernet vi dette segmentet, ville vi ikke ha sett noen OHC-stigning i det hele tatt over perioden, snarere en ørliten nedgang fra ende til ende. Legg merke til at OHC i dette forholdsvis store havområdet faktisk synker fra ~1959 og helt fram til og med 1987 (med et markant knekkpunkt rundt 1970).

OBS! Spennet på y-aksen er lik for de to kurvene. Havområdene er omtrent like store, så det gir et tålelig bra bilde på det reelle forholdet dem imellom. Ingen tvil, derfor, om at det er atlantehavsdelen som står for brorparten av den nordlig ekstratropiske OHC-stigningen siden 70-tallet (80-tallet).

Mye varme genereres i tropene i periodene 1970-77/78 og 1995-2003/04. Lite (om noe) av dette når Nord-Stillehavet+ (Fig. 5c), vesentlig mer når Nord-Atlanteren+ (Fig. 5b); mer om den veldige tropiske varmen generert i disse periodene etter hvert.

Uansett, tilbake til Figur 4 og 5.

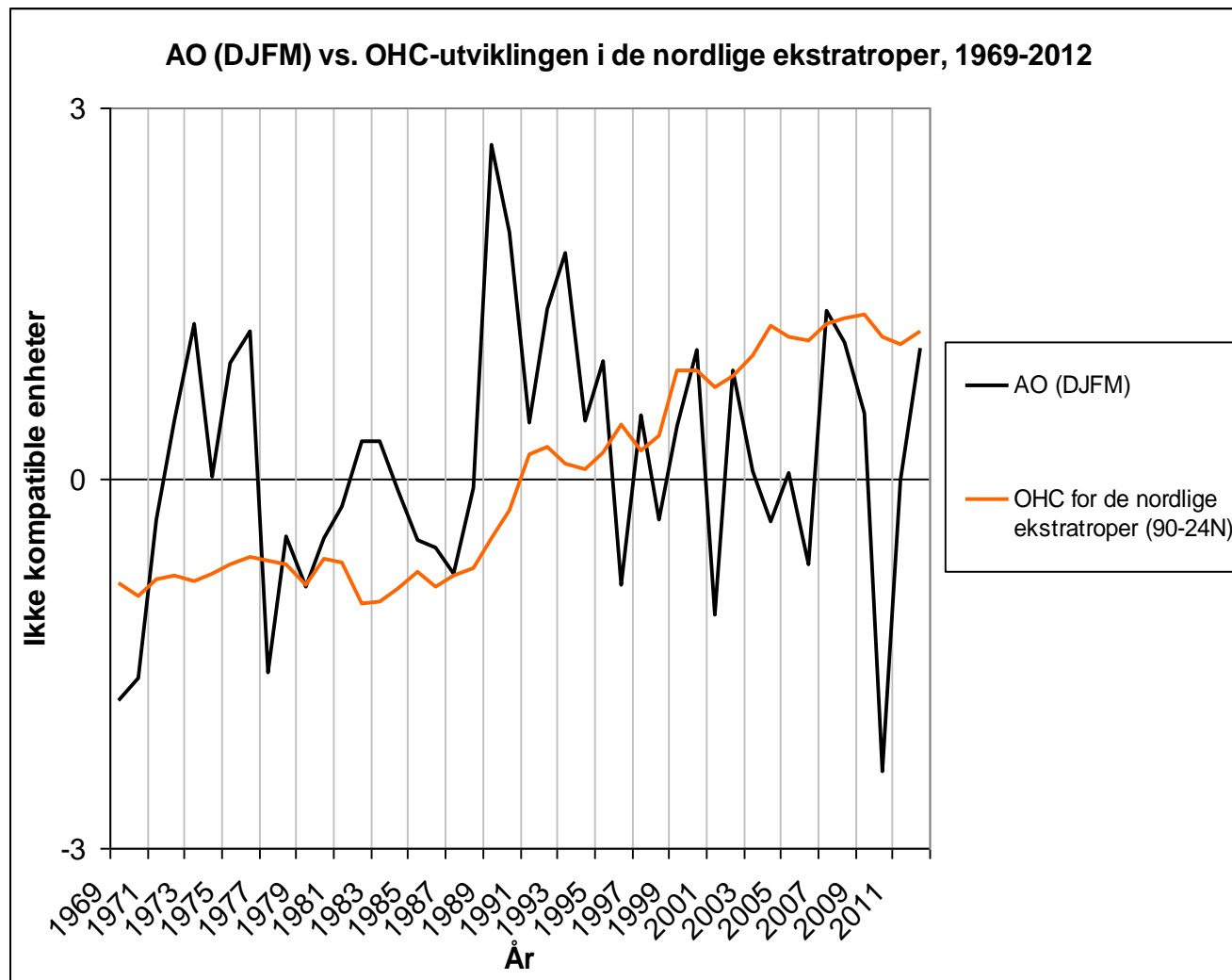
Det står altså klart at det skjer noe med fordelingen av varme fra tropene til ekstras tropene ved fire anledninger mellom 1970 og 2012: ~1977, ~1988/89, ~1997/98 og ~2010. Man bør legge seg disse fire årstallene på minnet, idet vi søker å finne en forklaring på avvikene mellom den globale og den tropiske OHC-kurven i Figur 4. Det kan synes som om mye av bakgrunnen for skiftene i varmefordelingsgrad mellom troper og ekstras troper (N og/eller S) er å finne i de storskala atmosfæriske trykk-/sirkulasjonssystemene som gjennom vekslende gradienter mellom de subpolare lavtrykkcellene og de subtropiske høytrykkcellene i stor grad styrer vinder og havstrømmer ved jordas midlere og høyere breddegrader. Disse trykksystemene er kvasioscillatoriske og springer til syvende og sist ut fra de to polare høytrykkene. De er AO (Arctic Oscillation) i nord og AAO (Antarctic Oscillation) i sør.

- AO veksler generelt veldig mellom sommer og vinter, da de to subpolare lavtrykkene på den nordlige halvkule (det islandske i Nord-Atlanteren og det aleutiske i Nord-Stillehavet), adskilt av store kontinentale landmasser, svinger enormt i styrke mellom årstidene – sterke om vinteren, svake om sommeren. Man benytter seg derfor som regel av vinter-AO (DJFM), da gradienten mellom de subpolare lavtrykkene og de subtropiske høytrykkene er på sitt største, for å illustrere så klart som mulig i hvilken modus trykksystemet til enhver tid befinner seg.
- AAO veksler mye mindre mellom årstidene. Det subpolare lavtrykket rundt Antarktis er kraftig året rundt, og selv om de subtropiske høytrykkene svekkes noe i det sørlige sommerhalvåret, er de fortsatt såpass markante at det ikke påvirker den totale gradienten for mye. AAO kan man følge i all hovedsak framstille gjennom årssnitt.

Mye tyder på at AO og AAO nærmest fungerer som portaler for den tropisk genererte varmen til ekstras tropene, hhv. nordover og sørover. I positiv modus er trykkgradienten mellom de subpolare lavtrykkene og de subtropiske høytrykkene stor, dvs. de førstnevnte oppviser lavere trykk enn normalt mens de sistnevnte oppviser høyere trykk enn normalt. Dette trekker luft- og vannmasser i større grad fra lavere/midlere til høyere breddegrader. En positiv fase fungerer m.a.o. som en åpen dør for tropisk varme. Negativ modus assosieres motsatt med svekkede subpolare lavtrykk og subtropiske høytrykk, slik at gradienten isteden er liten. Denne tilstanden 'stenger' snarere porten mellom troper og ekstras troper. Så finnes det selvsagt grader disse to ytterpunktene imellom. Hvor mye varme som 'slippes' nord- og/eller sørover fra tropene avhenger altså både av varmepulsens størrelse og av i hvilken modus de ekstras tropiske trykksystemene befinner seg.

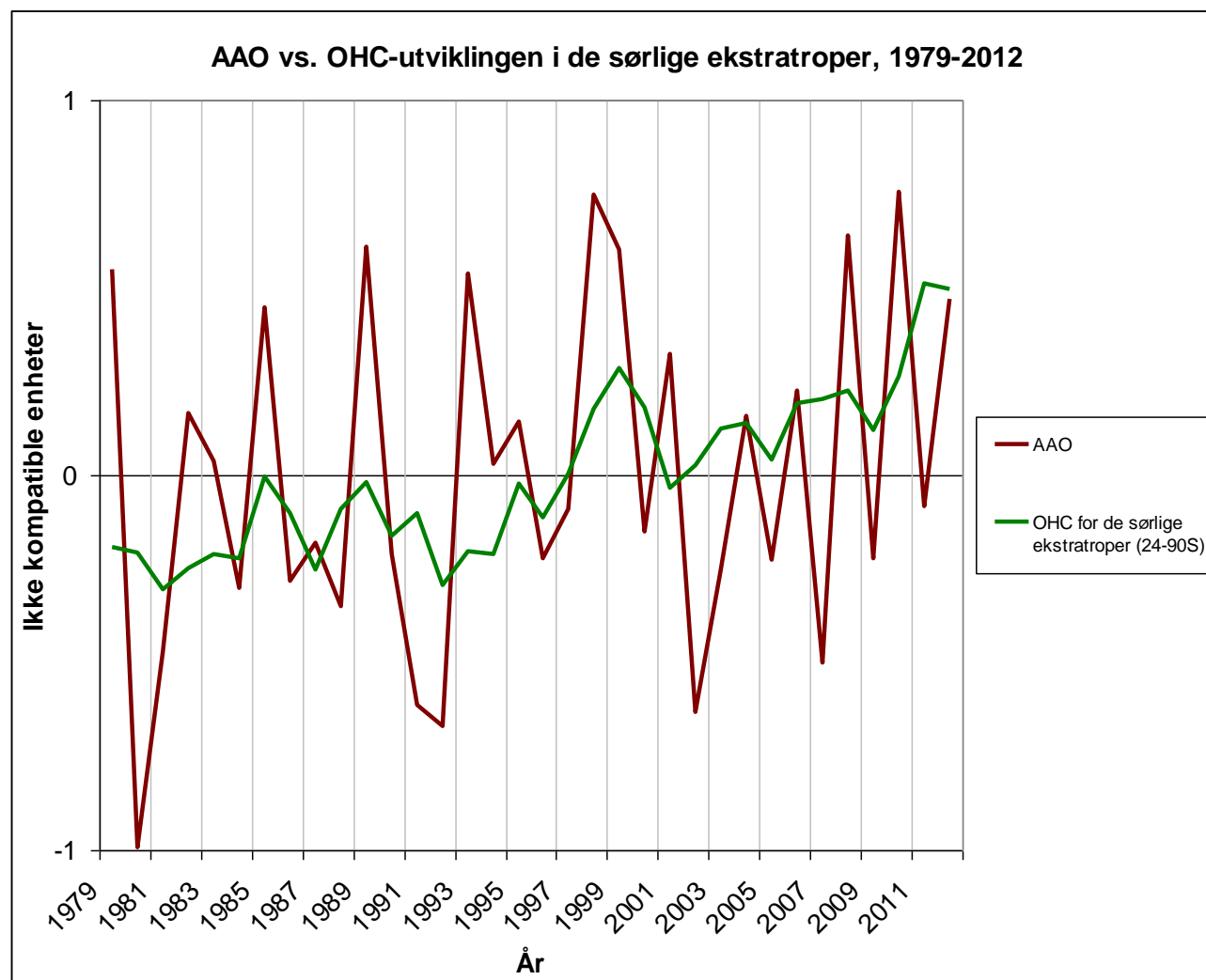
Som man kan se av Figur 5 (og Figur 4) over, synes porten mellom troper og ekstras troper å ha vært stengt i 1977 og framover. I 1988/89 synes den imidlertid å åpnes på vidt gap, særlig i nord – varmen slipper ut til ekstras tropene i så stor grad at det på det nærmeste ikke 'blir noe igjen' i tropene. I 1997/98 åpnes porten i sør, litt senere, i 1998/99, også, dog i mindre grad, i nord. ~2010 åpnes den på ny i sør, på vidt gap (varmen trekkes helt ut av tropene), men overhodet ikke i nord.

Her er først AO (DJFM) sammenliknet med NH ekstras tropisk OHC (årsmiddelverdier), 1969-2012:



Figur 6. Legg merke til hva som skjer i **1977** – porten stenges med et smell. Legg så merke til hva som skjer i **1988/89** – porten åpnes igjen på vidt gap. Fra 1995-96 av legger AO seg rundt positiv-nøytral modus (porten 'på gløtt'), med svingninger fra år til år, med topper i 1999/2000, 2002, 2007-09 og 2012.

Her er AAO sammenliknet med SH ekstratropisk OHC, 1979-2012:



Figur 7. Store svingninger hele veien, men modusen er generelt mer negativ helt fram til 1993, generelt positiv 1993-2001, negativ 2002-07/08 og positiv fra 2008 til i dag. De to tydeligste toppene er helt klart i tidsrommene 1997/98-2001 og 2010-12.

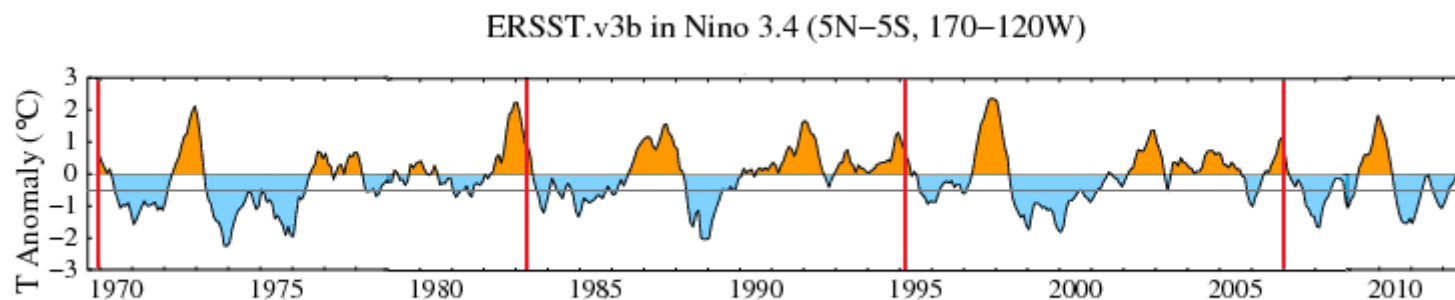
Det er viktig her avslutningsvis nok en gang å poengtere at den ekstratropiske OHC primært er distribuert fra tropene, slik at det vi har snakket om til nå i fremste rekke angår *fordelingen* av den totalt sett genererte varmen. Det angår i mindre grad den helhetlige utviklingen i global OHC, som jo altså likevel i all hovedsak har sin opprinnelse i tropene. Gjennomgangen var bare ment som grunnlag for å kunne forklare spesifikke spatiale og temporale mønstre i oppbyggingen som vi vil komme til å oppdage ganske snart.

Merk også den store forskjellen mellom de to nordlige bassengene (Fig. 5b og c). De påvirkes hele veien grunnleggende av ulike naturlige faktorer, oseaniske som atmosfæriske, også fra tropene. Følgelig vil sammenhengen mellom AO og nordlig OHC være mer kompleks enn mellom AAO og sørlig OHC, som i praksis rommes i ett cirkumglobalt havbasseng. Skiftet i 1988/89 i nord er imidlertid umulig å komme rundt.

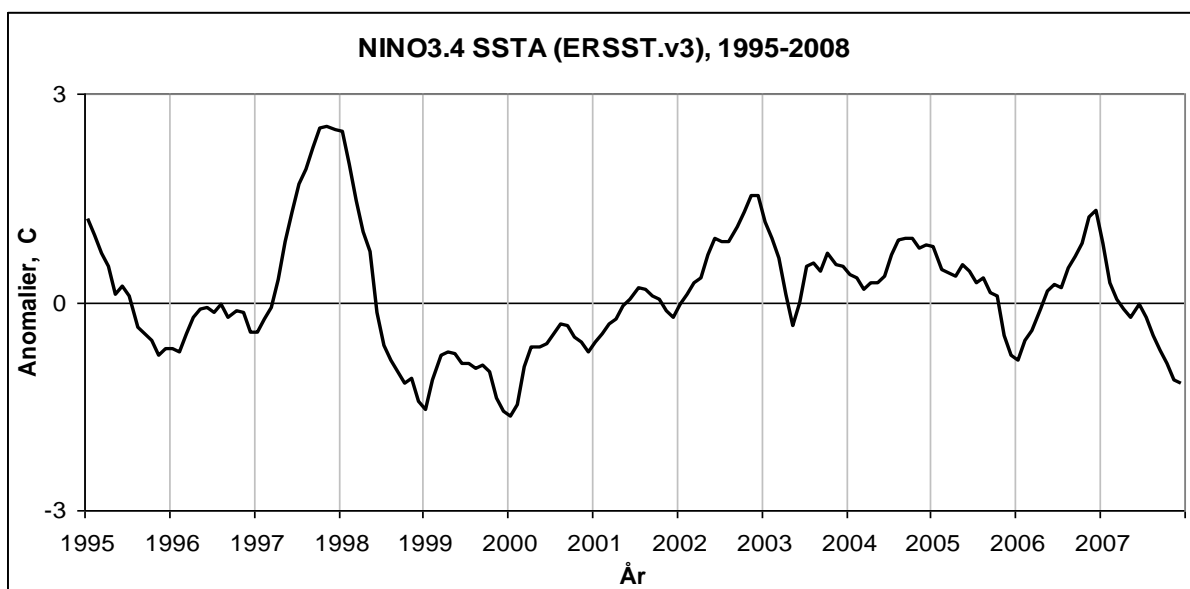
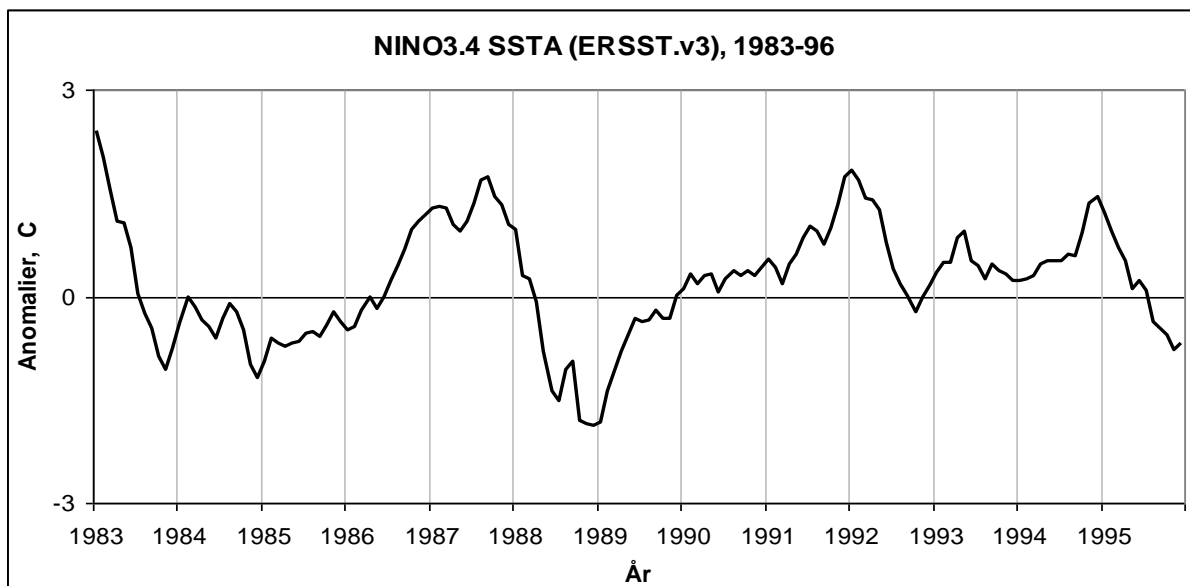
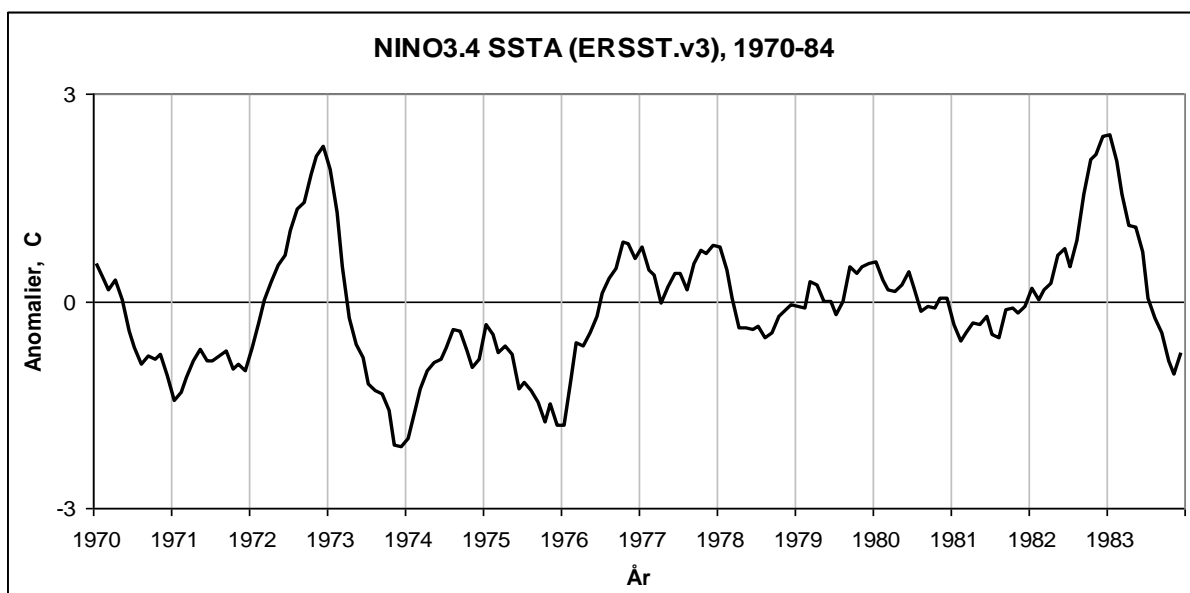
Vi vender nå blikket endelig mot tropene, og først mot Stillehavet, hvor alt har sin rot. Før vi ser på OHC-utviklingen her, vil jeg imidlertid henlede oppmerksomheten mot noe helt spesielt vi har sett siden 1970 og til i dag i den såkalte NINO-regionen (tropisk Øst-Stillehav). Det dreier seg om et repeterende mønster, en gjentakende sekvens av ENSO-episoder som varer i forløp på 12-13 år. Sekvensen ser slik ut:

- 1) Distinkt La Niña, ~2 år.
- 2) Stor (primær) El Niño.
- 3) Stor La Niña, svært dyp og/eller langvarig.
- 4) Lengre periode med nøytral- eller (sekundær) El Niño-tilstand i Øst-Stillehavet; praktisk talt uten La Niña, ~5-6 år.

Dette forløpet gjentar seg tre ganger mellom 1970 og 2007, og en fjerde omgang med akkurat samme mønster synes å ha begynt i 2007:



Figur 8a.



Figur 8 b, c og d.

På Figur 8a-d kan man se den nevnte sekvensen gjenta seg:

Sekvens 1, 1970-83 (Fig. 8b):

- 1) Distinkt La Niña, ~2 år – **LA LIÑA 1970/71/72.**
- 2) Stor El Niño – **EL NIÑO 1972/73.**
- 3) Stor La Niña, svært dyp og/eller langvarig – **LA NIÑA 1973/74/75/76.**
- 4) Lengre periode med nøytral- eller El Niño-tilstand i Øst-Stillehavet; praktisk talt uten La Niña, ~5-6 år – **PERIODEN 1976-83.**

Sekvens 2, 1983-95 (Fig. 8c):

- 1) Distinkt La Niña, ~2 år – **LA LIÑA 1983/84/85.**
- 2) Stor El Niño – **EL NIÑO 1986/87/88.**
- 3) Stor La Niña, svært dyp og/eller langvarig – **LA NIÑA 1988/89.**
- 4) Lengre periode med nøytral- eller El Niño-tilstand i Øst-Stillehavet; praktisk talt uten La Niña, ~5-6 år – **PERIODEN 1989-95.**

Sekvens 3, 1995-2007 (Fig. 8d):

- 1) Distinkt La Niña, ~2 år – **LA LIÑA 1995/96/(97).**
- 2) Stor El Niño – **EL NIÑO 1997/98.**
- 3) Stor La Niña, svært dyp og/eller langvarig – **LA NIÑA 1998/99/00/01.**
- 4) Lengre periode med nøytral- eller El Niño-tilstand i Øst-Stillehavet; praktisk talt uten La Niña, ~5-6 år – **PERIODEN 2001-07.**

Begynnende Sekvens 4, 2007→ (Fig. 8a):

- 1) Distinkt La Niña, ~2 år – **LA NIÑA 2007/08/09.**
- 2) Stor El Niño – **EL NIÑO 2009/10.**
- 3) Stor La Niña, svært dyp og/eller langvarig – **LA NIÑA 2010/11/12.**
- 4) ?

Spørsmålet er så, hvordan forløper OHC-utviklingen i Stillehavet, tropene og verden *under* disse sekvensene og deres ulike segmenter? Og hva skjer fra én sekvens til den neste? Ser vi også et OHC-mønster?

(OBS! Det er et definisjonsspørsmål *hvor* vi starter sekvensene. Det kan godt hende at det gir mest mening å si at de store La Niña'ene (3)) avslutter sin sekvens, og den påfølgende oppgang til sekundær El Niño begynner en ny. Poenget er imidlertid at sekvensforløpet ser ut til å starte i 1970, med en distinkt La Niña. ENSO-perioden før denne ser noe annerledes ut, særlig når det gjelder OHC-utvikling. Med SSTA er bildet noe

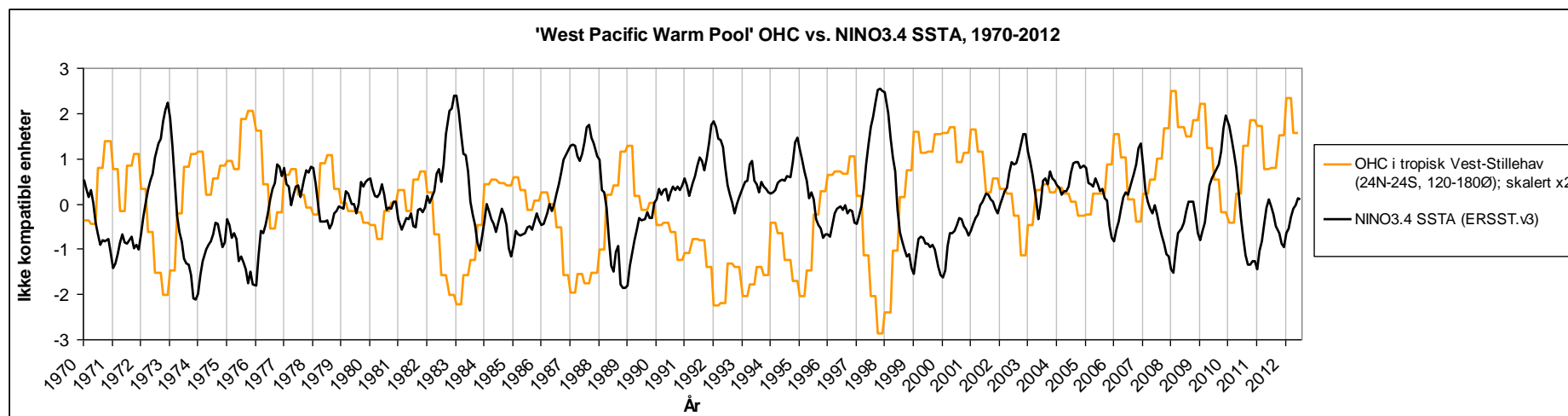
mer uklart, man kan argumentere begge veier, men perioden 1964/65-70 er ikke akkurat noe mønstereksempel på et nøytralt-positivt sekvenssegment. Det starter imidlertid et nytt trinn, etter nedrykket i 1964 (dette kommer klart fram på globale SST-serier). Og dette trinnet varer til nettopp 1976. Problemet er at det starter med en distinkt La Niña og følger på med en relativt distinkt El Niño. Konklusjon: Jeg velger å anta at *vårt* spesifikke sekvensforløp starter med nedgangen til La Niña 1970-72.)

Hvorom allting er, vi begynner altså i det tropiske Stillehav.

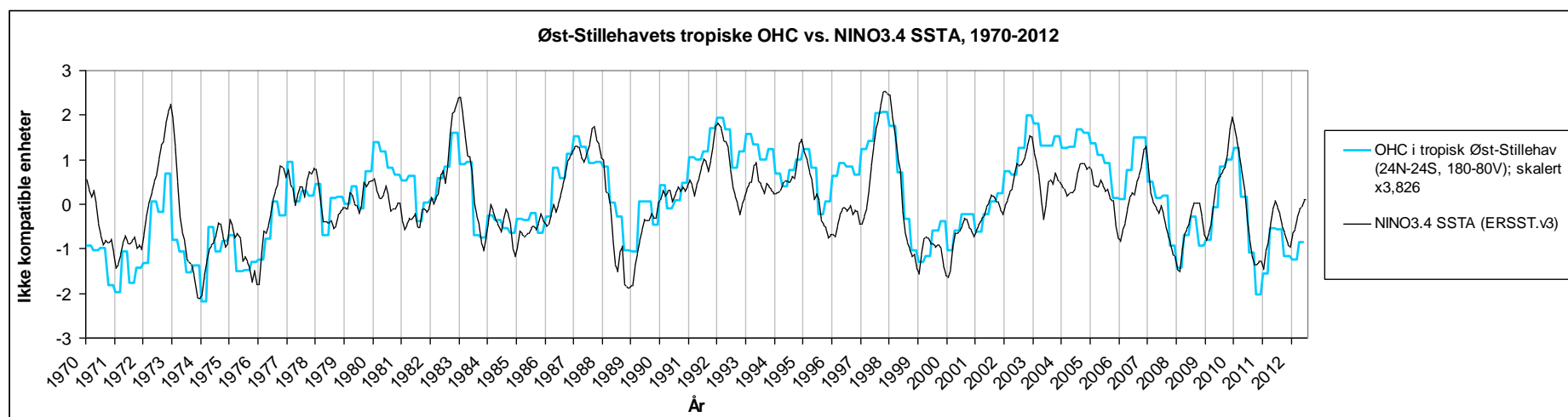
Det tropiske Stillehav

Tenk litt på disse enkle sammenhengene:

- Hva styrer i fremste rekke det netto energiopptaket over de tropisk-subtropiske hav? **Solinnstrålingen.**
- Og hva styrer solinnstrålingen? **Skydekket.**
- Hva regulerer så skydekkets fordeling og utbredelse (i tid og rom) over det østlige Stillehav? **Passatene (styrke og retning) → ENSOs fluktuasjoner.**
- Mellom El Niño og La Niña, de to ytterpunktene på den store ENSO-pendelen, kan differansen i netto innstråling over de ekvatoriale delene av det sentrale/østlige Stillehav ligge på opptil 85 W/m^2 (!). Dette skyldes helt og holdent vidtrekkende forskjeller i skydekkets utbredelse. Under en La Niña, egentlig en ekstrem variant av normaltilstanden i Stillehavet, blåser passatvindene skyene langt mot vest, inn mot Ny Guinea. Under en El Niño, derimot, er passatene reversert og/eller svært svekket og sky-/konveksjonssenteret forskyves østover utover Øst-Stillehavets troper.
- Pendelen mellom El Niño og La Niña er som å bre et teppe over Øst-Stillehavet for så å trekke det bort igjen, fram og tilbake. Og temperaturresponsen lar ikke vente på seg – den er enorm, og den følger slavisk.
- ENSO-prosessen leder til et påfallende motfasemønster mellom Øst- og Vest-Stillehavet – under en La Niña tar vannmassene i øst opp store mengder energi fra den økte solinnstrålingen, men fører den samtidig ut mot vest ved hjelp av sterke passatvinder, og varmen lagres først opp i tykke lag i WPWP. Dette har den iøynefallende effekten at OHC faller i øst under La Niña, mens den heves i vest. Under en El Niño trekkes varmtvannet som er blitt lagret opp i vest tilbake mot øst. Dette fører til den motsatte effekten – OHC faller i vest, stiger i øst. En real dumphuske. Dette er lett å se:



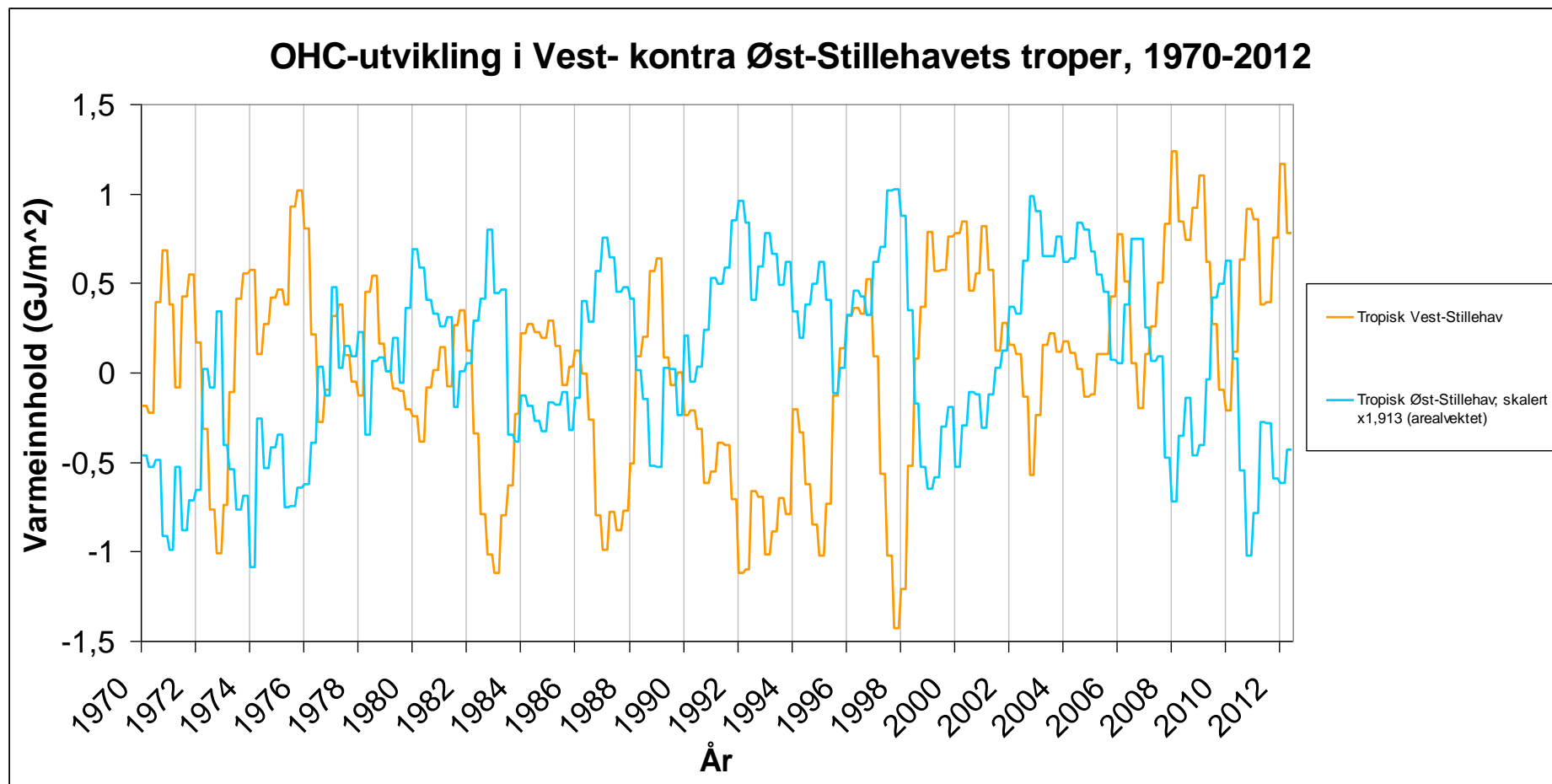
Figur 9. NINO3.4 er i realiteten et bilde på de enkelte ENSO-episodenes relative styrke, fortegn, varighet og timing. Topper er El Niño'er, søkk er La Niña'er. Merk den totale synkronisitet med Vest-Stillehavets OHC-utvikling, samt den stabilt inverse responsen. Sammenlikn dette med Øst-Stillehavet kontra NINO3.4 i neste figur.



Figur 10. Her følger snarere OHC og SST hverandre direkte til en forbløffende grad. Dog med noen få uoverensstemmelser.

Dette utgjør i grunn ENSOs essens – pendelvirkningen mellom øst og vest i det tropiske Stillehav.

Her er de to sektorenes OHC-utvikling lagt oppå hverandre:



Figur 11.

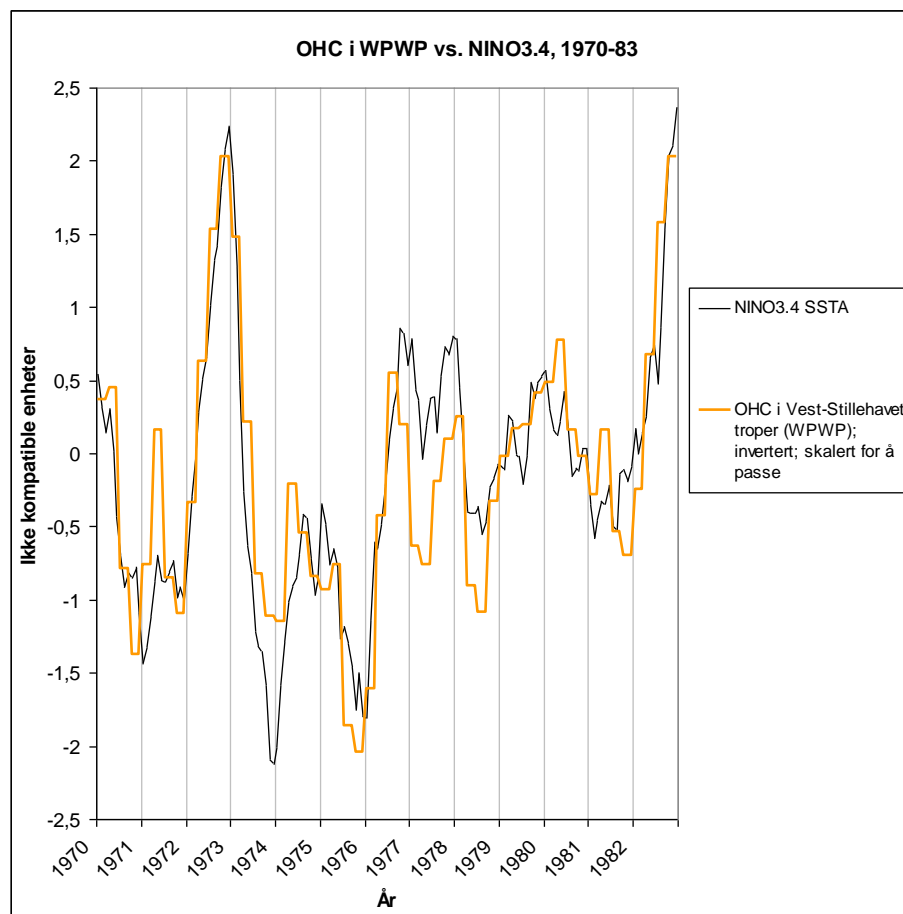
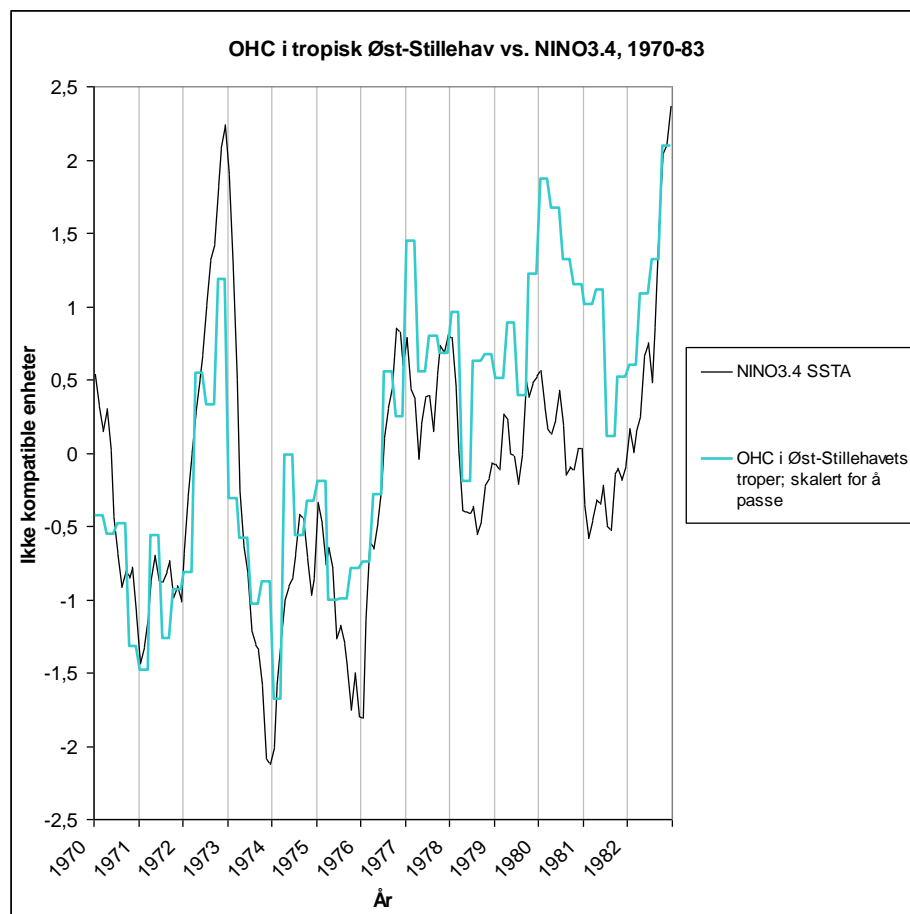
- Det revelatoriske er at denne pendelvirkningen i OHC-oppbygging og -fall mellom to inverst relaterte 'varmereservoarer' kan følges globalt også – tropene som helhet og verdenshavet totalt sett kan begge deles inn etter den samme motstykkemodellen som det tropiske Stillehav. Dette viser til fulle ENSO-fenomenets mektige innflytelse.

Dette er noe vi selvfølgelig kommer tilbake til, for det er dette påfallende faktum som gir oss historien om den globale OHC-utvikling siden 1970. Men først må vi tilbake til Stillehavet.

Motfaseresponsen mellom øst og vest i Figur 11 kan ved første øyekast synes bortimot perfekt. Men ved nærmere granskning vil man se at det finnes skjevheter. Og skjevhetene ser ikke ut til å opptre vilkårlig. Vi skal nå prøve å besvare det første spørsmålet som ble stilt litt lenger opp, nemlig hvordan OHC-utviklingen forløper i det tropiske Stillehav under de ulike påviste ENSO-sekvensene (Fig. 8a-d). Ser vi noe mønster?

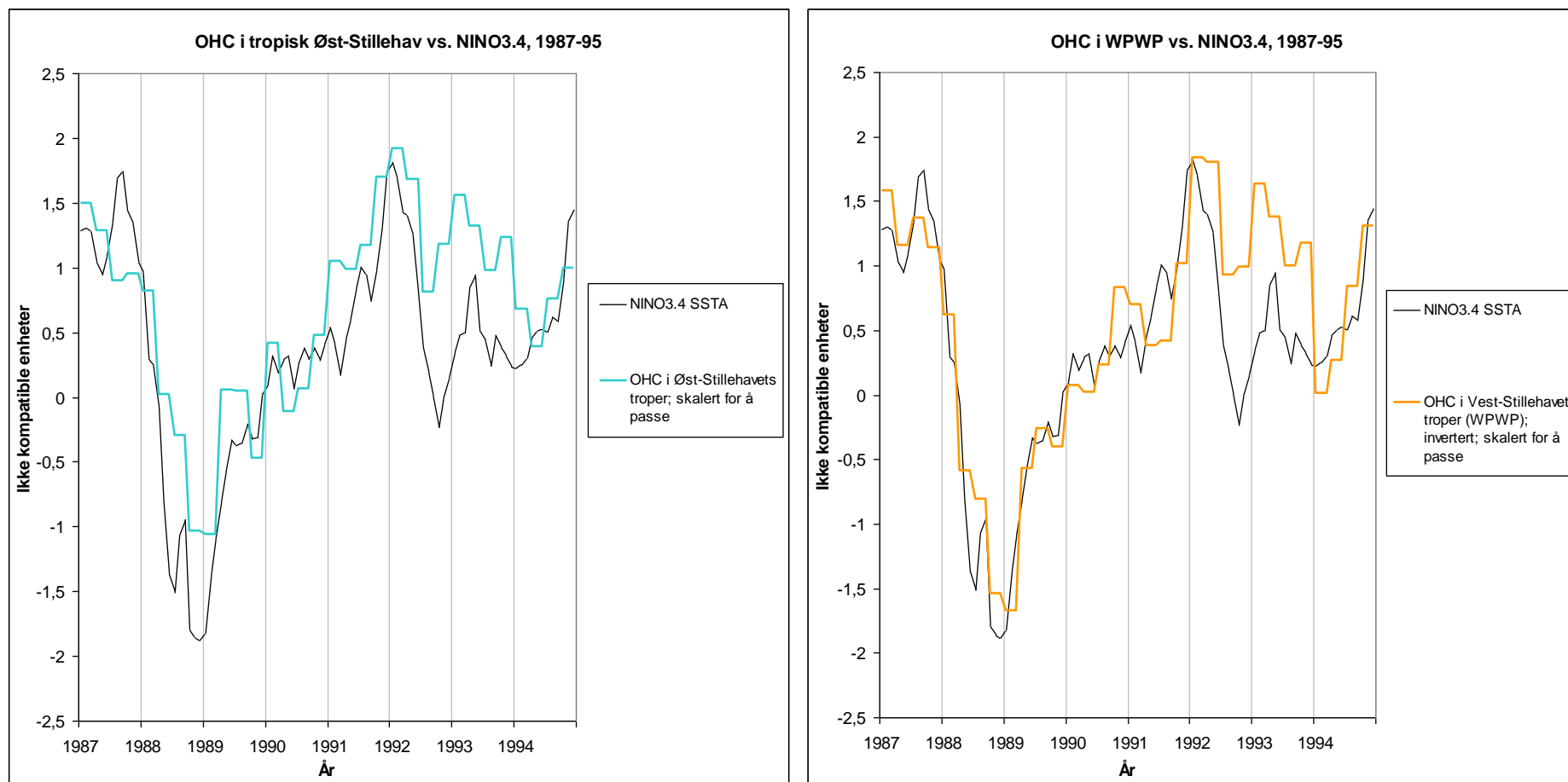
For at skjevhetene skal tre fram så tydelig som mulig, sammenstiller vi OHC i hver av de to pendelreservoarene (Øst (NINO) og Vest (WPWP)) med NINO3.4-kurven (havoverflatetemperaturen i området 5N-5S, 170-120V, midt i Stillehavet, som gir et bilde på ENSO-utviklingen mellom El Niño- og La Niña-episoder).

OBS! Den mørkegule kurven i de høyre diagrammene under er WPWP (Vest-Stillehavet). Denne er blitt invertert for å kunne sammenliknes direkte med NINO3.4-kurven og OHC-kurven fra Øst-Stillehavet (den blå til venstre).



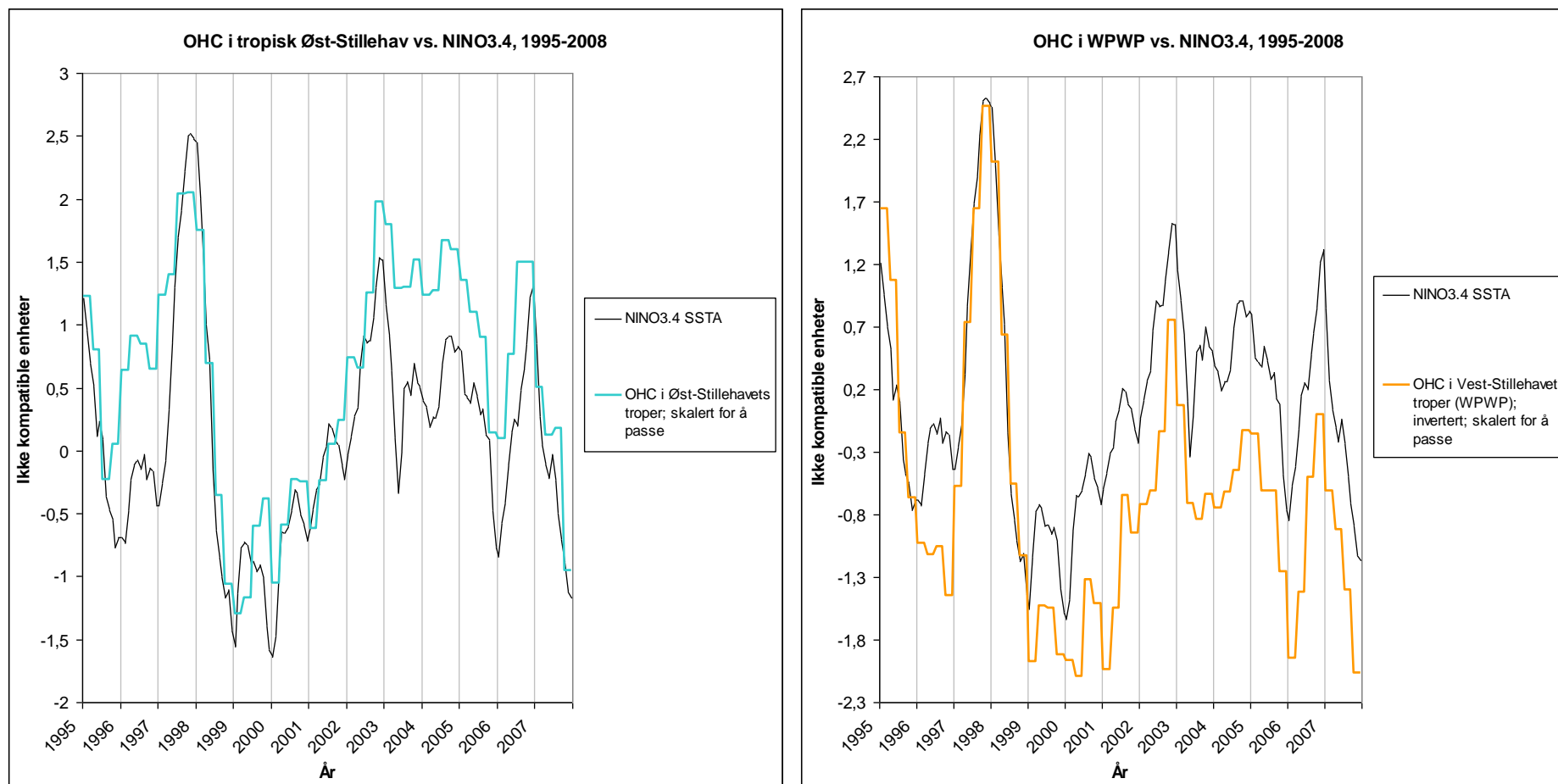
Figur 12a og b. Sekvens 1, 1970-83. Venstre diagram (12a), Øst. Høyre diagram (12b), Vest. Det man egentlig ikke ser veldig godt her, men som man like fullt bør ha i mente, er at trinnhevingen vi ser 1976/77 i Øst (opp til toppen av El Niño i etterkant av de store La Niña'ene i første sekvenssegment), ikke er å finne i Vest (WPWP). Her har den nemlig snarere inntruffet under de samme store La Niña'ene (hvh. 1970-72 og 1973-76), altså før opprykket i Øst. Dette skyldes selvsagt motfasen mellom de to sektorene.

Legg særlig merke til i Fig. 12a og b hvor abnormt positivt (inadekvat) OHC i Øst responderer i perioden 1975-82 (fra bunnen av La Niña til godt etter hovedopptrykket) på Vest i samme periode. Skjevheten skaper en tydelig nivåheving i total OHC.



Figur 13a og b. *Sekvens 2, 1983-95, seksjon 1987-95. Venstre diagram (13a), Øst. Høyre diagram (13b), Vest.*

Denne segmentovergangen er litt spesiell, fordi den gjør så lite av seg i tropene. Som vi skal se senere, skjer det like fullt en klar global nivåheving i OHC i denne perioden, og utviklingen følger i utgangspunktet det samme forløpet som i Figur 12 – Øst oppviser en tilsvarende inadekvat respons til Vest under La Niña (1988/89), og denne manifesterer seg tilsynelatende på samme måte i etterkant av opprykket (~1991-94). Forskjellen her fra Sekvens 1 er at Vest 'tar Øst igjen' etter El Niño 1991/92, slik at skjevheten allerede her er balansert ut. Men skjevheten er ikke borte, den er bare ikke å finne i Stillehavets tropen, eller i tropene som helhet. Mer om dette senere.



Figur 14a og b. *Sekvens 3, 1995-2007. Venstre diagram (14a), Øst. Høyre diagram (14b), Vest.*

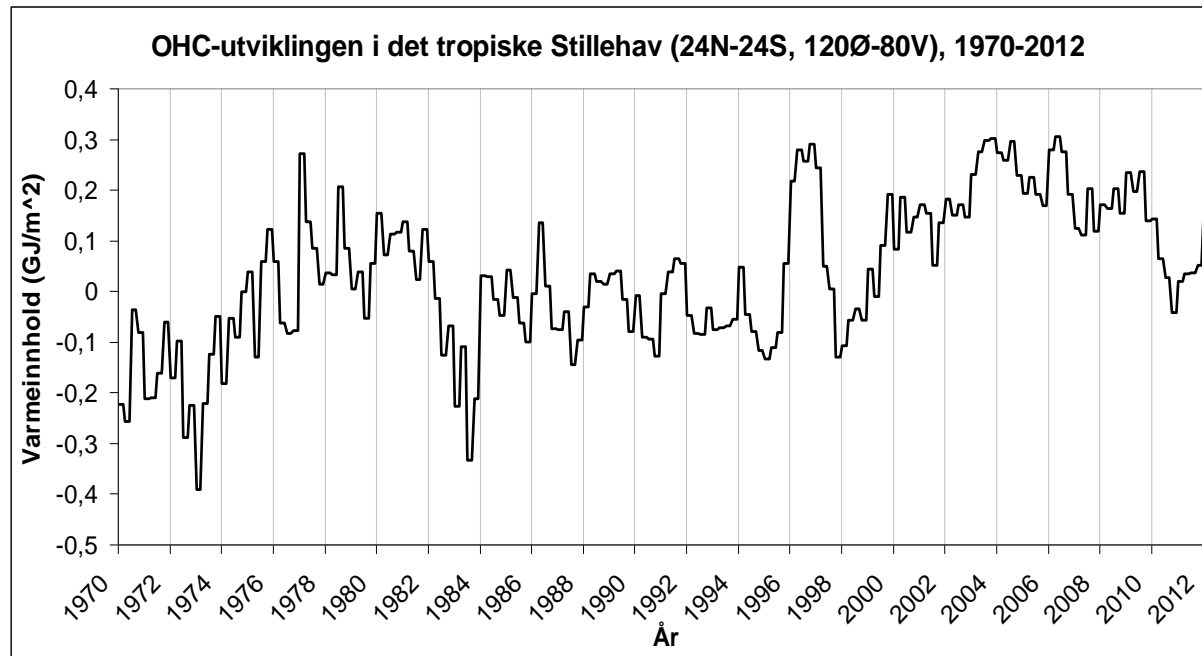
Ny abnorm, inadekvat respons i Øst initiert under den store La Niña (1998-2001) og opprettholdt, endog forsterket, under den påfølgende nøytrale-positive fasen av ENSO-sekvensen (1999-2007). Timingen for dette i Øst er den samme ved hver ENSO-sekvens. Det påfallende i dette tilfellet er at Vest aldri når opp til NINO-kurven igjen. Den totale OHC-hevingen skyldes m.a.o. primært WPWPs opprykk med La Niña 98-01.

Verdt å notere seg i Figur 14 er dessuten den enormt skjeve responsen i Øst og Vest på La Niña 1995/96/(97), den som ga kraft til Super-El Niño 1997/98 (jf. den store toppen på Fig. 15 under). Denne fikk imidlertid tilsynelatende ingen varige implikasjoner i Stillehavet.

Oppsummering:

- Sekvens 1 – stor skjevhet i respons mellom Øst og Vest i det tropiske Stillehav – jevnes tilsynelatende ut før inngangen til neste sekvens (se siste sorte punkt under).
 - Sekvens 2 – den lille skjevheten i respons mellom Øst og Vest i det tropiske Stillehav jevnes ut tidlig.
 - Sekvens 3 – stor skjevhet i respons mellom Øst og Vest i det tropiske Stillehav – jevnes aldri ut før neste sekvens.
-
- Ved hver sekvens ser vi at OHC i Øst i inadekvat grad kontrer varmeopphopningen i Vest under den signifikante La Niña. Vi ser også ved hver sekvens at Øst i inadekvat grad kvitter seg med varme (sammenliknet med normal NINO3.4) i den nøytrale-positive perioden i etterkant av La Niña'en – mellom første og siste sekundære El Niño i segmentet. Skjevheten her utjevnes dog altså i hver sekvens før/idet en ny tar til.
 - Vi ser i to av sekvensene (1 og 3), at den flate eller inadekvate responsen i Øst under de nøytral-positive periodene sammenfaller med normal og/eller inadekvat invers respons i Vest, fra et allerede 'innsunket' nivå under den foregående La Niña, noe som bare forsterker skjevheten. I Sekvens 2 utlikner Vest Øst under den nøytral-positive perioden.
 - Under to av sekvensene (1 og 2) ser vi at kurvene til Øst, Vest og NINO3.4 møter hverandre mot slutten av det nøytral-positive segmentet. I Sekvens 3 møter bare Øst og NINO3.4 hverandre. Vest er sunket for mye inn – det vil si (siden denne kurven jo er invertert) at Vest her har hevet seg til et nytt nivå som ikke følges i Øst. Dette skjedde utvilsomt under La Niña 1998-2001 (Fig. 14b). Mest sannsynlig har det samme skjedd under La Niña 1973-76, selv om det er vanskelig å se i Fig. 12b (som tross alt er jenket over akkurat gjeldende periode for å passe). Jf. imidlertid de to trinnene (1 og 3) i Fig. 17 og 18 under, grønn kurve (WPWP) – det senkes/løftes i liten grad ned/opp i etterkant som det gjør i Øst. Dette er avgjørende.

Noe annet som tyder på at det samme skjedde i 1973-76 som i 1998-2001, er utseendet til den summerte (totale) tropiske Stillehavskurven. For det er skjevheten i respons mellom Øst og Vest vi er på utkikk etter. Og den kommer ytterst klart fram her:



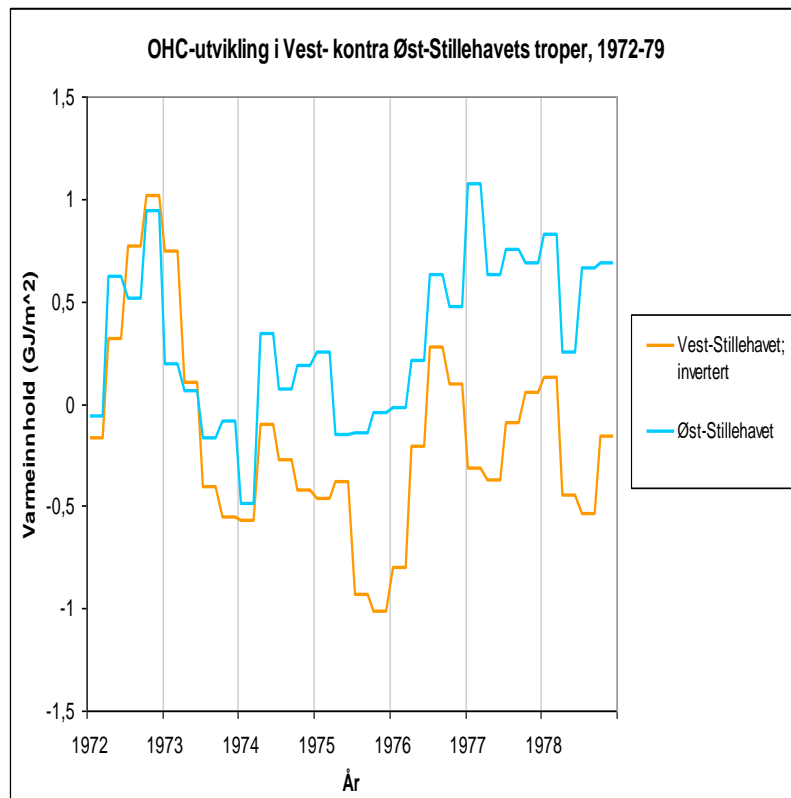
Figur 15.

Dette er en svært avgjørende graf som forteller oss mye om hva som har skjedd med det netto opptaket av energi i det tropiske Stillehav mellom 1970 og 2012. Merk særlig følgende:

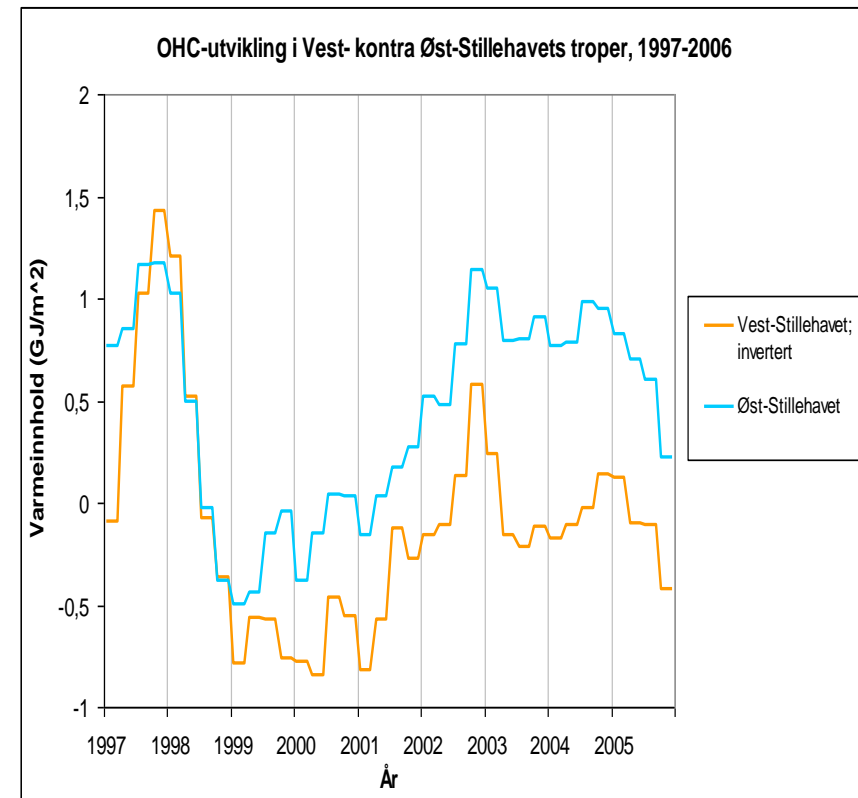
- I de aller fleste tilfeller på denne grafen markerer toppene (altså episoder av netto opplagring av varme i havet) La Niña'er og søkkene El Niño'er. Men det gjelder altså ikke alle. Se f.eks. oppgangen til El Niño 91/92 og det markante innhogget under La Niña 10/11.
- OHC-utviklingen følger i all hovedsak en flat eller fallende trend over perioden. Dette ser vi fra 1970-73, fra 1977-98 og fra 2003-12.
- Men ved to tilfeller rykker snittnivået opp påtaketlig over bare få år, slik at vi sitter igjen med en slags tiltet trappetrinnsform på kurven.
- Disse to tilfellene er spesielle. Det er opprykkene i Vest under de to store treårige La Niña'er (hhv. 1973-76 og 1998-2001). Varmeopplagringen under disse markante, tre års episodene var rett og slett så stor at ingen etterfølgende El Niño (som stort sett varer i et kort år, i beste fall (kun ved ett tilfelle siden 1970) i knappe to) var i stand til å kontre effekten og drenere havet nok for energi til å senke snittnivået i totalt varmeinnhold tilbake dit det var. Skjevheten mellom Øst og Vest i det tropiske Stillehavet er først og fremst å finne ved disse to episodene samt i kjølvannet av dem.

- I periodene 1977-82 og 2003-07, altså i kjølvannet av de to treårige La Niña'ene, ser vi store topper i total OHC. Dette er den abnorme, inadekvate responsen i Øst under ENSO-sekvensenes uttrukne nøytrale-positive segmenter som vi observerte i Figur 12a, 13a og 14a over. Som man kan se av grafen jevnes disse toppene ut før/idet neste sekvens begynner. OHC-nivået faller altså tilbake, og det er kun de første opprykkene (under de treårige La Niña'ene) som medfører varig høyere OHC-snitt i det tropiske Stillehav.

La oss se hva skjevheten mellom Øst og Vest består i under (og etter) de store treårige La Niña'ene:



Figur 16a. La Niña 1973/74/75/76 (Sekvens 1).



Figur 16b. La Niña 1998/99/00/01 (Sekvens 3).

OHC i Øst synker bare noenlunde proporsjonalt med stigningen i Vest i løpet av det første La Niña-året. Etter dette begynner OHC i Øst snarere å *stige*, til dels markant. Dette kan simpelthen ha med mengden varme som etter hvert hoper seg opp i vest å gjøre, varmepoolen vokser, noe som etter hvert vil stagge transporten av oppvarmet vann fra øst til vest – mer av det blir rett og slett værende i øst. Når ENSO-tilstanden så langt om lenge (i hhv. 1976 og 2001) slår om fra La Niña og begynner sin pendelferd tilbake i retning El Niño-land, har følgelig Øst allerede skaffet seg et solid 'forsprang' på Vest. Forspranget forblir der helt til toppen av den påfølgende El Niño (hhv. 1976/77 og 2002/03). Når pendelen så nok en gang svinger tilbake og varme på ny hoper seg opp i Vest, følger ikke Øst opp. Se hva som skjer i 1977 og 78 på Fig. 16a. over og i 2003 på Fig. 16b. Øst responderer svært så inadekvat. Dette utgjør OHC-toppene vi ser i Øst-Stillehavet (og ved Sekvens 1 og 3 (Fig. 16) også i Stillehavet som helhet) under de nøytrale-positive segmentene av hver ENSO-sekvens.

Det er likevel til syvende og sist forspranget Øst opparbeidet seg under de treårige La Niña'enes andre og tredje år som forblir det tropiske Stillehavs nye netto OHC-aktivum over tid – toppene i Øst jevnes ut før/idet neste sekvens begynner (Fig. 15).