



Martin Block

MINNETALE OVER PROFESSOR MARTIN TRYGVE MORK

holdt på møte i Bergen 2. november

av professor Tor Gammelsrød

Martin Mork døde 19. mars i år. Han ble født i Kristiansund i 1933 og tok cand.real-eksamen ved Universitetet i Oslo i 1961. Til Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen kom han i 1965, disputerte for dr.philos.-graden i 1972 og var professor i teoretisk oseanografi fra samme år. Han ble medlem i Det Norske Videnskaps-Akademi i 1974.

Mork var matematiker, men med en egen evne til å forstå geofysiske prosesser og formulere enkle matematiske modeller for å beskrive dem. Som matematiker trengte han ikke de store ressursene, det holdt med blyant og papir. På 60-tallet var det gjerne slik at de som holdt på med observasjoner til havs, korresponderte lite med teoretikerne. Det var også begrenset hva man kunne få av observasjoner fra havet. Hovedinstrumentet man hadde tilgang til, var Nansenflasker, som ga oss punktmålinger av temperatur og salt for dypet. Også næringssalter og oksygen kunne man måle. Strømmålinger måtte foretas fra skip, men resultatene ble mangelfulle da det var vanskelig å eliminere skipets egenbevegelser.

Ettersom teknologien utviklet seg, og det ble mulig å måle flere oseanografiske parametere med bedre oppløsning både i tid og rom, var Mork tidlig ute med å ta i bruk nye instrumenter for å se hvor godt teoriene hans stemte. Ja, mer enn det, han var faktisk med på å utvikle nye instrumenter sjøl. Så mens Mork kunne levd et lettvent liv som matematiker, ble han svært opptatt av å utføre målinger til havs. Som den superoptimisten han var, lot han ikke de mange praktiske hindringene stoppe seg. Han gikk på med et pågangsmot som man sjelden opplever.

Jeg vil først gi noen detaljerte eksempler på Morks rolle når det gjelder nyvinninger i måleteknologi og metoder. Der vil det forhåpentlig komme fram hvordan han taklet utallige praktiske, politiske, økonomiske og logis-

tiske problemer for å bidra til målinger til sjøs. Deretter vil jeg nevne, i mer eller mindre kronologisk orden, eksempler på vitenskapelige resultater og hva disse har hatt av betydning for ettertiden. Til slutt vil jeg nevne hvordan Mork ofte var en inspirator for yngre forskere, og hvor slepphendt han var med ideer for at andre kunne videreutvikle dem.

Nyvinninger i måleteknologi og målemetoder

Strømmålinger – Treghetssvingninger

Treghetssvingninger er strømninger i det åpne hav som kan oppstå hvis en vind har blåst i dagevis, og deretter plutselig stopper opp. Når pådraget fra vinden opphører, vil strømmen bare påvirkes av Corioliskraften som virker vinkelrett til høyre for strømmen, og da gir en ren sentripetal akselerasjon og dermed sirkelbevegelser. Matematisk er ikke denne teorien utfordrende i det hele tatt, en forenklet versjon kan man faktisk løse med matematikk man lærer på videregående skole. Men Mork var ikke opptatt av at det skulle være komplisert: Jo enklere jo bedre.

Treghetssvingninger var og ble en teori som det ikke var mulig å måle med teknologien i Morks tidlige karriere. Men på slutten av 60-tallet ble det utviklet en strømmåler i Bergen, The Bergen Current Meter, senere kjent som Aanderaa Instruments, et selskap som ble etablert i Bergen og ble verdensledende når det gjaldt strømmålinger til havs. Dette instrumentet kunne forankres i passende dyp og hadde dermed liten egenbevegelse. Riggen ble holdt oppe av en bøye, enten på overflaten, eller som en undervannsbøye med et langt bunntau for å dregge dem opp igjen som f.eks. under bruk i isbelagte strøk.

Med Bergen Current Meter tilgjengelig skjønnte Mork at han nå hadde et instrument som kunne bekrefte eller avkrefte hvorvidt treghetssvingninger finnes i havet. Det var bare en hake ved dette: I våre farvann er perioden for treghetssvingninger altfor nærme halvdaglig tidevann, og det vil ikke være mulig å skille de to fra hverandre. I Middelhavet derimot, er det ideelt å prøve å verifisere disse. Der opptrer jo også noen ganger katabatiske vinder som både starter og stopper brått, noe som ville være ideelt for dannelse av treghetssvingninger.

Så, hvordan få ankret opp en rigg i Middelhavet? Spania var et diktatur og en politistat, i Italia var det mafiaen som herjet, og i Hellas regjerte noen oberster. Infrastruktur som tollbehandling, post og liknende var mangelfull. På tide å gi opp? Nei, ikke for Martin. Etter masse viderverdigheter, som

inkluderte at to unge kollegaer fra Bergen (Gunnar Furnes og Lars Petter Røed) leide en varebil og transporterte hele riggen (inkludert 4 km med tau) mellom Monaco og Norge, fikk Mork det omsider til. Da målingene var på plass, var det bare å videreutvikle analysemetodene. Dermed var teorien bekreftet (Mork, 1971). En fremragende programmerer på Geofysen, Alfred Evjen, hjalp til med å utvikle programmer for å lese og analysere strømmålerdata. Studiet av treghetssvingninger ble fulgt opp senere, se f.eks. Orvik & Mork (1993).

Profilerende strømmåler Yvette

Med Aanderaa-strømmåleren fikk man en tidsserie fra et punkt. Det er jo sjølsagt også av vital interesse å måle vertikale profiler av strømmen. Mork var tungt involvert i utviklingen av en fritt fallende strømmåler, sammen med bl.a. Trygve Gytre ved Havforskningsinstituttet i Bergen, og Tom Rossby, University of Rhode Island. Prototypen ble prøvekjørt på et tokt i Jøsenfjorden, hvor Mork spilte en sentral rolle, både i å utføre eksperimentene og å tolke resultatene. Måleprinsippet var å sende lydsignaler mellom fire sendere og mottakere, og ved hjelp av forskjellen i forplantningstid kunne man beregne horisontale strømhastigheter. Dette var en forløper for et stort utvalg av droppsonder som nå er i bruk. Mens man nå har teknologi for at en droppsonde kan skifte oppdrift automatisk ved å måle trykket og endre egenvekt ved hjelp av ei blære som fylles eller tømmes etter behov, var de den gang avhengige av finmekanikk. Dermed konstruerte instrumentmakeren på Geofysen, Carl Johan Erichsen, ei saks som klypte over en ståltråd og frigjorde ei vekt når trykket ble passe stort. Hvordan oppdage droppsonden når den kom tilbake til overflaten? I begynnelsen var den bare utstyrt med en lampe som begynte å blinke når den kom til overflaten. Etter hvert ble den utstyrt med en radiosender som man kunne peile, se Evans et al., (1979). Nå til dags finner man en rekke slike instrumenter som er forhåndsprogrammert til å dukke opp med jamne mellomrom og sende data og GPS-posisjon via satellitt til brukerne. Noen av disse som kalles glidere, mottar også instruksjoner om i hvilken retning og dyp den skal foreta neste dykk.

Fjernmåling

På slutten av syttitallet ble det skutt opp satellitter som kunne måle temperaturen på havets overflate. Mork skjønnte straks hvor viktig dette var. For første gang fikk man et synoptisk bilde fra havet, sjøl om det dreide seg om kun fra overflaten og kun temperatur (Johannesen & Mork, 1979).

Mange så tidligere for seg at strømsystemene i havet var som elver som hadde mer eller mindre fast kurs og retning, mens disse overflatekartene viste at det er virvler av forskjellige dimensjoner og styrke som dominerer havstrømmene. Man sa gjerne at strømstyrken i havet typisk var 10 ± 1 cm/s, mens etter at fjernmåling og strømmålere ble tilgjengelige, revurderte man dette til 10 ± 100 cm/s. Det ble gjennomført et tokt utafør Vestlandet for å studere hvordan man kunne utnytte fjernmåling, og det viste seg hvor nyttig det var å bruke temperaturbildene til å planlegge kursene for fartøyet for å måle tvers igjennom kjernene av virvlene.

Slepesonde – Golfstrømmen

Geofysen i Bergen gikk til anskaffelse av en såkalt slepesonde kalt SeaSoar, et instrument som ble tauet etter et fartøy og mens det ble styrt av vinger kontrollert om bord slik at det kunne nå ned til flere hundre meters dyp. Dette var en revolusjon når det gjaldt å få en stor oppløsning av horisontalskalaen til prosesser i havet. Mork var sentral i denne prosessen, og forsto at han nå hadde adgang til enestående teknologi. Etter noen vellykkede tokt langs norskekysten ble han interessert i Golfstrømmen, som jo er en pådriver for klimaet i Nord-Europa. I samarbeid med Tom Rossby fikk han stablet på beina et norsk-amerikansk prosjekt for å gjøre revolusjonerende målinger i Golfstrømmen. Han oppnådde å sende Universitetets eget fartøy, FF "Håkon Mosby" til Bermuda for å kartlegge startfasen av Golfstrømmen. Det var det lengste toktet "Håkon Mosby" gjorde i sin karriere. (Båten var disponibel for Universitetet i perioden 1980 – 2016). Slepesonden ble utstyrt med sensorer som målte temperatur, salt og trykk ca. 30 ganger i sekundet. I tillegg var det sensorer for oksygen og fluorescens. Men når man kan taue dette instrumentet gjennom vannet med en fart på 8 knop, er det jo kjedelig å måtte stoppe for å foreta strømprofilmålinger med en droppsonde. Løsningen var å bruke en billig versjon av droppsonden som brukte et annet prinsipp for måling av strøm. Den ble rett og slett kastet på havet festa til ei bøye som kommuniserte med instrumentet via en tynn kabel, og sendte resultatene om bord via radio. Disse instrumentene ble ikke plukket opp igjen. En rekke andre instrumenter ble også brukt, bl.a. to typer bøyer som var programmert til å drive i bestemte dyp, og som man kommuniserte med akustisk.

Dette ble et banebrytende arbeid når det gjaldt forståelsen av Golfstrømmens dynamikk, se Lillibridge et al., (1990) og Hitchcock et al., (1994). "Håkon Mosby" ble seinere utstyrt med en skipsmontert akustisk strømmåler som gir strømprofiler, og i løpet av 1990-tallet ble det observert

at Golfstrømmen deler seg i en østlig og vestlig gren utafor norskekysten, se Orvik et al., (2001).

Noen høydepunkter fra Morks forskningsinnsats

Overflatebølger

Dette var det første emnet Mork tok fatt i, og han var spesielt opptatt av vinddrevne bølger. Han gjorde en betydelig innsats i den teoretiske beskrivelsen av bølger, Mork (1966), men som vanlig var han frustrert over mangel på målinger. Derfor ble han sterkt involvert i et måleprogram for bølger i Nordsjøen kalt 'Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)'.

Dette prosjektet la grunnlag for bølgevarsling som er en viktig tjeneste i dag når det gjelder skipsfart og oljeinstallasjoner til havs.

Indre bølger

I stratifisert (sjikta) hav oppstår også indre bølger, og Mork ble inspirert av målingene på Værskipet Polarfront i posisjon M (66°N, 2°E) i Norskehavet. Her ble det observert store utslag i temperaturen på 350 meters dyp, som varierte fra 1.5°C til 5°C og tilbake til utgangsverdien igjen i løpet av en uke, se figur 1. Dette kunne bare forklares med vertikale bevegelser av vannmassene, altså indre bølger med amplituder på 200–300 meter. Mork formulerte en teori som kunne forklare dette idet vindstyrke og retning endret seg når et lavtrykk passerte (figur 1, neste side). Imidlertid ble den matematiske modellen svært komplisert, og han måtte faktisk utvikle nye matematiske metoder for å løse likningene. Disse metodene er nå velkjente og ofte brukt i teoretisk oseanografisk forskning.

Den norske kyststrøm

Mork skjønnte tidlig at livet i havet var påvirket av fysiske prosesser. På 70-tallet ble stort sett kun temperatur brukt som indikator for biologiske prosesser. Mork mente at strømningsmønstre og turbulens også måtte ha en virkning, og han mente at biologiske observasjoner kunne brukes til forstå fysiske prosesser. Derfor tok han initiativ til å starte Det norske kyststrømprosjektet i 1975, som han også ledet gjennom hele perioden. Han var opptatt av at alle marine fagdisipliner skulle være med, så studier i marin biologi, kjemisk oseanografi, marin geologi og fiskeribiologi ble også utført i prosjektet Den norske kyststrøm. Mork var tverrfaglig før ordet ble tatt i bruk.

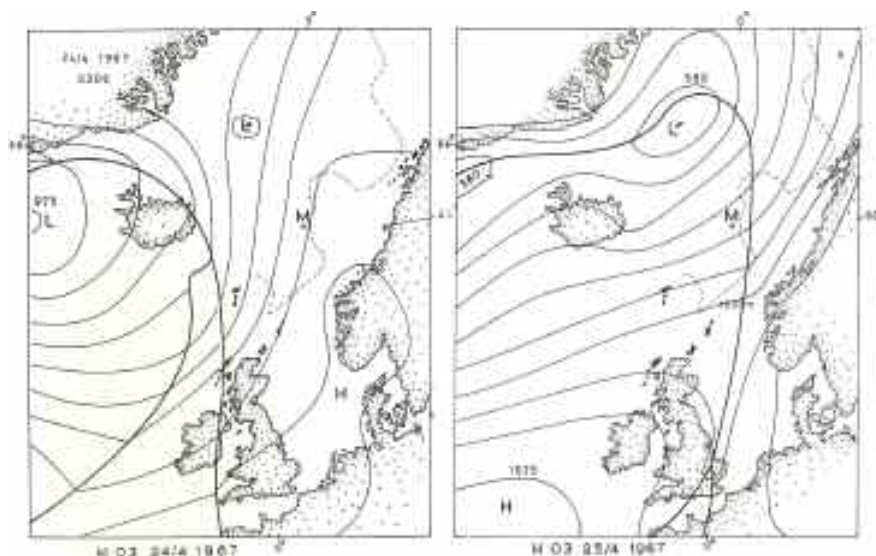


Figure 148. The passage of an atmospheric front.

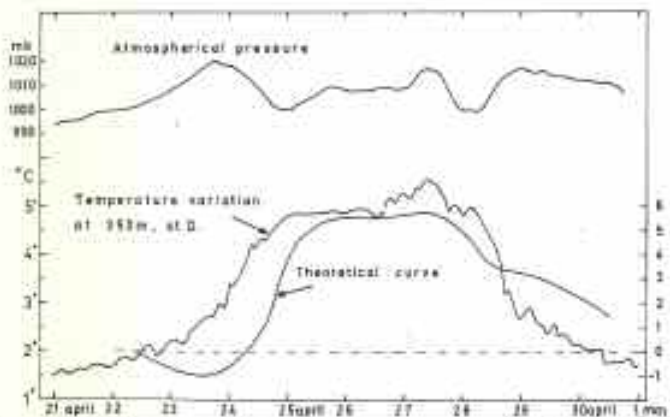


Figure 149. Temperature record at 953 m, station D during the weather situation in Figure 148. The theoretical curve, on a relative scale, is the first order integral of the wind velocity calculated from the wind stress variables.

Figur 1. Et lavtrykk som passerte posisjonen "M" i Norskehavet 21. – 30 april i 1967 forårsaket store utslag i vannmassene på flere hundre meters dyp. Fra Mork (1972)

I sluttpublikasjonen (Sætre & Mork, 1981) som består av to bøker på til sammen 795 sider, har han spesielt bidratt med studier av kyststrømmens dynamikk. Men den viktigste arven etter dette prosjektet var nok at norsk havforskning fikk en ny giv, med utstrakt tverrfaglig samarbeid og tettere relasjoner mellom forskningsinstitusjoner og universiteter i Norge.

Arktis – Oppstrømning ved en iskant

Sitat Martin Mork 1975: ”Et redusert isdekke i Polhavet kan føre til store omlegginger av det marine og atmosfæriske klimaet i Nord-Europa. Nøyaktig hvilke konsekvenser det vil ha, vet vi ikke i dag, men det vil utvilsomt være en fordel om norske forskere gis muligheter til vitenskapelig orientering og selvstendige studier på slike felter selv om de fortoner seg unyttige i dag.”

Så, hvordan stimulere til en forskningsinnsats i Arktis? Kanskje en liten modell kan inspirere?

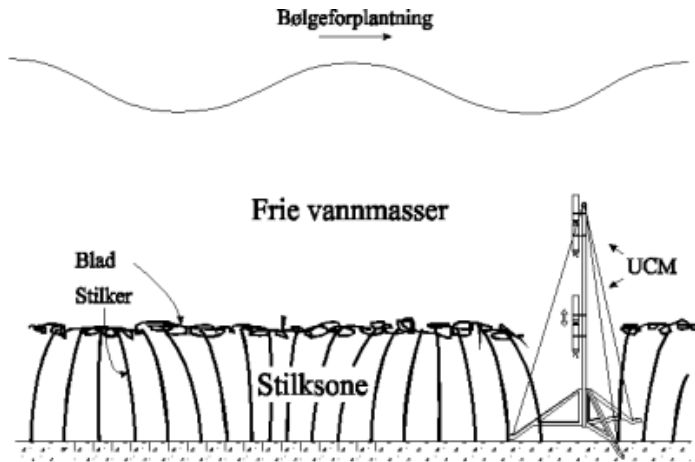
Det var velkjent at vinddreven oppstrømning oppstår f.eks. langs kysten av Vestlandet når det blåser nordavind. Dette oppstrømningsfenomenet er av stor betydning for biologisk produksjon, fordi næringsrikt vann blir transportert opp mot overflaten hvor sollyset setter i gang fotosyntesen. Mork lurte på om liknende fenomener kunne oppstå langs en iskant, og tok initiativet til å sette opp en matematisk modell for å undersøke dette. Teorien bekreftet at dette var mulig (Gammelsrød, Mork & Rød, 1975), og Geofysisk Institutt i Bergen arrangerte en ekspedisjon med en isbryter nord for Svalbard midt på vinteren i 1977 for å undersøke dette. Teorien ble bekreftet, og dette var såpass oppsiktsvekkende at resultatene fra ekspedisjonen ble publisert i det velrennomerte tidsskriftet *Science* (Buckley et al., 1979). Teorien om oppstrømningsfenomener ved en iskant ble senere videreutviklet av Sjøberg og Mork (1985).

Numerisk modellering

Matematikere er noen ganger skeptiske til numeriske modeller, men det gjaldt ikke Mork. Han bidro til at modellene kunne settes opp så effektivt som mulig og hadde originale forslag som gjorde at man kunne forsterke eller forminske effekter av hvordan forskjellige prosesser ville bidra i modellene. Disse modellene ble ofte anvendt på Kyststrømmen, i Nordsjøen og i Norskehavet se f.eks. Furnes & Mork (1987).

Topografisk styring

Teorien om at strømmene i havet følger bunnkonturene er enkel og velkjent.



Figur 2. Oppsettet av eksperimenter for å måle tareskogens demping av bølger.

Men denne teorien gjelder kun for et hav som har konstant tetthet, dvs. ingen lagdeling. Det som er nesten totalt ukjent i det internasjonale havforskningsmiljøet, er at denne teorien også gjelder i lagdelt væske. Mork var i stand til å føre et matematisk bevis på en 5–6 linjer som viser dette. Dette beviset burde vært tatt med i alle lærebøker i dynamisk oseanografi, men forfatterne kjenner ikke til det. Hvorfor forblir denne teorien ukjent? Typisk for Mork så ble dette beviset publisert langt bak i en artikkel om vannmasser og sirkulasjon i Nordsjøen. Så man må bla seg gjennom en masse vannmasser, fisk og tang før man kommer fram til denne teorien. Teorien er ikke en gang nevnt i abstraktet i publikasjonen. Mange av oss prøver å referere til denne artikkelen for å gjøre Morks teorem bedre kjent i det internasjonale miljøet, men referansen blir typisk nok Svendsen et. al., (1993). Morks teorem burde vært hovedbudskapet i en publikasjon for å få dette distribuert internasjonalt. Teorien om topografisk styring ble videreutviklet av Orvik & Mork (1993), og også observert ved Lofoten (Orvik et al., [1995]). Se også Orvik et al., (2001) om topografisk styring av Golfstrømmen utafor norskekysten

Hvordan tang demper bølgene i havet

Et TV-program tidlig på 90-tallet viste et intervju med en pensjonert fisker som klagde over at bølgeklimate hadde forverret seg der hvor han opererte. Han la skylda på den intensive høstingen av tang som hadde foregått. Pen-

sjonisten ble nærmest ledd ut på TV, men Mork ble inspirert. Gamle folk skal man høre på. Han formulerte en teori, men måtte ha bedre målinger enn et vitneutsagn fra en fisker. Dermed allierte han seg med en rekke studenter og forskere, satte ut nødvendige instrumenttrigger på Mørekysten. Oppsettet av eksperimentene er vist i figur 2. Noen av studentene kunne dykke, og filmet bevegelsene i tareskogen samtidig med at strømmålinger ble utført både i og over tareskogen. Slike eksperimenter ble utført både utafor og innafor belter med tareskog. Fiskeren hadde rett: tang demper bølger (Mork 1996), Andersen et al., (1996).

Martin Mork, en bauta og inspirator i oseanografien

Morks bidrag til oppstart av forskningsprosjekter og måleprogram begynte gjerne med en teori. Da han hadde utviklet teorien om vinddrevne bølger, ble han en ivrig deltager i JONSWAP-måleprogrammet i Nordsjøen. Så ble han interessert i Den norske kyststrømmen. Han formulerte en teori som beskrev dynamikken i Kyststrømmen (Mork 1981), som ble en forløper for Kyststrømprosjektet som han sjøl tok initiativ til og ledet. For å få norske forskere interessert i problemstillinger i Arktis formulerte han en teori om fenomener langs en iskant, og i løpet av få år var norske forskere involvert i en utstrakt måleaktivitet, særlig i den marginale issonen.

Mork mente sjøl at han ikke var god til å undervise, men hans beste studenter mener de sitter på en gullgrube av notater basert på hans forelesninger. ”Dermed slapp vi å lese andre lærebøker,” er et vanlig sitat fra hans tidligere studenter. Han kunne også påvise feil eller misforståelser som eksisterte i noen av lærebøkene, men aldri på en hoverende måte. Han var i det hele tatt ydmyk overfor andres innsats i både undervisning og forskning.

Det er også et typisk trekk ved Mork at når han fikk en idé, så involverte han unge kollegaer og studenter på et tidlig tidspunkt for å videreutvikle prosjektene. Når tiden kom for publisering, mente han at andres bidrag var så viktige at han sjelden sto som førsteforfatter sjøl.

Mork hadde også et omfattende internasjonalt kontaktnett. Dette medførte at toppforskere fra hele verden ofte kom til Bergen for å samarbeide med ham. Foruten dem som er nevnt ovenfor, vil jeg her framheve store navn i oseanografisk forskning som Henry Stommel og George Veronis.

Innsatsen til Mork når det gjelder forskning, undervisning og hans internasjonale kontaktnett bidro til at Geofysisk institutts basiskunnskap i oseanografi, havets dynamikk og havets rolle i klimasammenheng fikk et

høyt internasjonalt nivå. Dette bidro til at rammeverket var lagt for at Geofysisk institutt kunne være vertsinstitusjon da Bjerknessenteret for klimaforskning ble etablert i Bergen.

Litteratur

- Andersen, K.H., Mork, M. og Nilsen, J.E.Ø. (1996). Measurement of the Velocity Profile in and above a Forest of *Laminaria hyperborea*. *Sarsia* 81. 193–196.
- Buckley, J.R., T. Gammelsrød, J.A. Johannessen, O.M. Johannessen, L.P. Røed (1979). Upwelling: Oceanic Structure at the Edge of the Arctic Ice Pack in Winter. *Science* Vol.203, pp. 165–167.
- Evans, David L., Rossby, H. Thomas, Mork, Martin, Gytre, Trygve (1979). YVETTE – a free-fall shear profiler Deep Sea Research Part A. *Oceanographic Research Papers*, Volume 26, Issue 6, p. 703–718.
- Furnes, Gunnar K., Martin Mork (1987). Formulation of a continuously stratified sea model with three-dimensional representation of the upper layer. *Coastal Engineering*, 11(5–6):415–444. December 1987.
- Gammelsrød, Tor, Martin Mork & Lars Petter Røed (1975) Upwelling possibilities at an ice edge. *Mar. Sci. Comm.* 1 (2) 115–145.
- Hitchcock, G.L., T. Rossby, J. Lillibridge, E. Lessard, E.R. Levin, D.N. Connors, Y. Børsheim, M. Mork (1994). Signature of stirring and mixing near the Gulf Stream front. *Journal of Marine Research* 52(5):797–836.
- Johannesen, Ola M. & Martin Mork (1979). Remote sensing experiment in the Norwegian Coastal Waters. Samarbeidsprosjektet den Norske kyststrøm. Rapport 3. 26 pp. 38 figures.
- Lillibridge, J.L., III, Hitchcock, G., Rossby, T., Lessard, E., Mork, M., Golmen, L. (1990). Entrainment and mixing of shelf/slope waters in the near-surface Gulf Stream. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Volume 95, Issue C8, pp. 13,065–13,087.
- Mork, M. (1966). The generation of surface waves by wind and their propagation from a storm area. *Geophys. Norvegia* 26, 4.
- Mork, M. (1981). Circulation phenomena and frontal dynamics of the Norwegian Coastal Current. *Phil. Trans R. Soc. London A* 302, 635–647.
- Mork, M. (1971). Inertial oscillations in the Mediterranean. *Geophysical Inst. Rep.* 29.
- Mork, M. (1972). On oceanic responses to atmospheric forces. *ICES Rapport et Proces – Verbaux* 162,184–190.

- Mork M. (1996) The effect of kelp in wave damping *Sarsia* 80: 323–327.
- Orvik, Kjell Arild, & Martin Mork (1993). Topographic effects in stratified flows resolved by a spectral method *Tellus* Vol. 45, Issue 2 March 1993, Pages 114–126.
- Orvik, K.A., Lundberg, L. & Mork, M. (1995). Topographical influence on the flow field off Lofoten-Vesterålen. In H. Skjoldal et al. (eds.): *Ecology of fiords and coastal waters*. pp. 165–175. Amsterdam: Elsevier Science.
- Orvik, K.A., Skagseth, Ø. and M. Mork (2001). Atlantic inflow to the Nordic Seas: Current structure and volume fluxes from moored current meters, VM-ADCP and SeaSoar-CTD observations 1995–1999. *Deep Sea Research, Part I*, 47, 1035–1057.
- Sjøberg, B. & Mork (1985). Wind-induced stratified ocean response in the ice edge region: An analytical approach. *Journal of Geophysical Research*: 90–4 9273–7285.
- Svendsen E. R. Sætre & M. Mork (1991). Features of the Northern North Sea Circulation. *Continental Shelf Res.* V 11 No. 5 493–508.
- Sætre, Roald & Martin Mork (1981). *The Norwegian Coastal Current*. 795 pages. University of Bergen.