



# Klimavarsling – en arv etter Nansen

Pionerene Fridtjof Nansen og Bjørn Helland-Hansen  
fikk rett: Endringer i hav og klima kan varsles.

AV MARIUS ÅRTHUN,  
TØR ELDEVIK,  
INGRID HUSØY ONARHEIM

Vi nordmenn er kjent for å være over gjennomsnittlig opptatt av været, og værvarselet styrer ofte våre aktiviteter og helgeplaner. Industri og næringsliv tar også avgjørelser basert på informasjon om fremtidens vær og vind – avgjørelser som kan ha store økonomiske konsekvenser. Informasjon om nedbørmengder og temperatur er for eksempel viktig både for kraftselskap og for jordbruksnæringen.

## Fra vær til klimavarsel

I motsetning til et vanlig værvarsel krever planlegging av kraftproduksjon og jordbruk informasjon om værforhold over en lengre periode, for eksempel om somrene de neste fem årene vil bli spesielt varme og nedbørsrike. Slik informasjon kalles et klimavarsel.

Som vi alle vet, skifter været veldig fra dag til dag, og fra uke til uke. Dette er en hovedgrunn til at dagens værvarsler ikke kan gi oss en pekepinn om været mer enn omtrent en uke fram i tid. Storstilte endringer i havet skjer derimot mye saktere. Dette fordi havet bokstavelig talt holder mye bedre på varmen enn atmosfæren; egenvekten til vann er 1000 ganger større enn egenvekten til luft, og varmekapa-

siteten er 4000 ganger større. Havet har derfor en treghet i sin endring som gjør det mulig å si noe om hva som vil skje i framtida. Havet spiller derfor en sentral rolle i å utvikle klimavarsler.

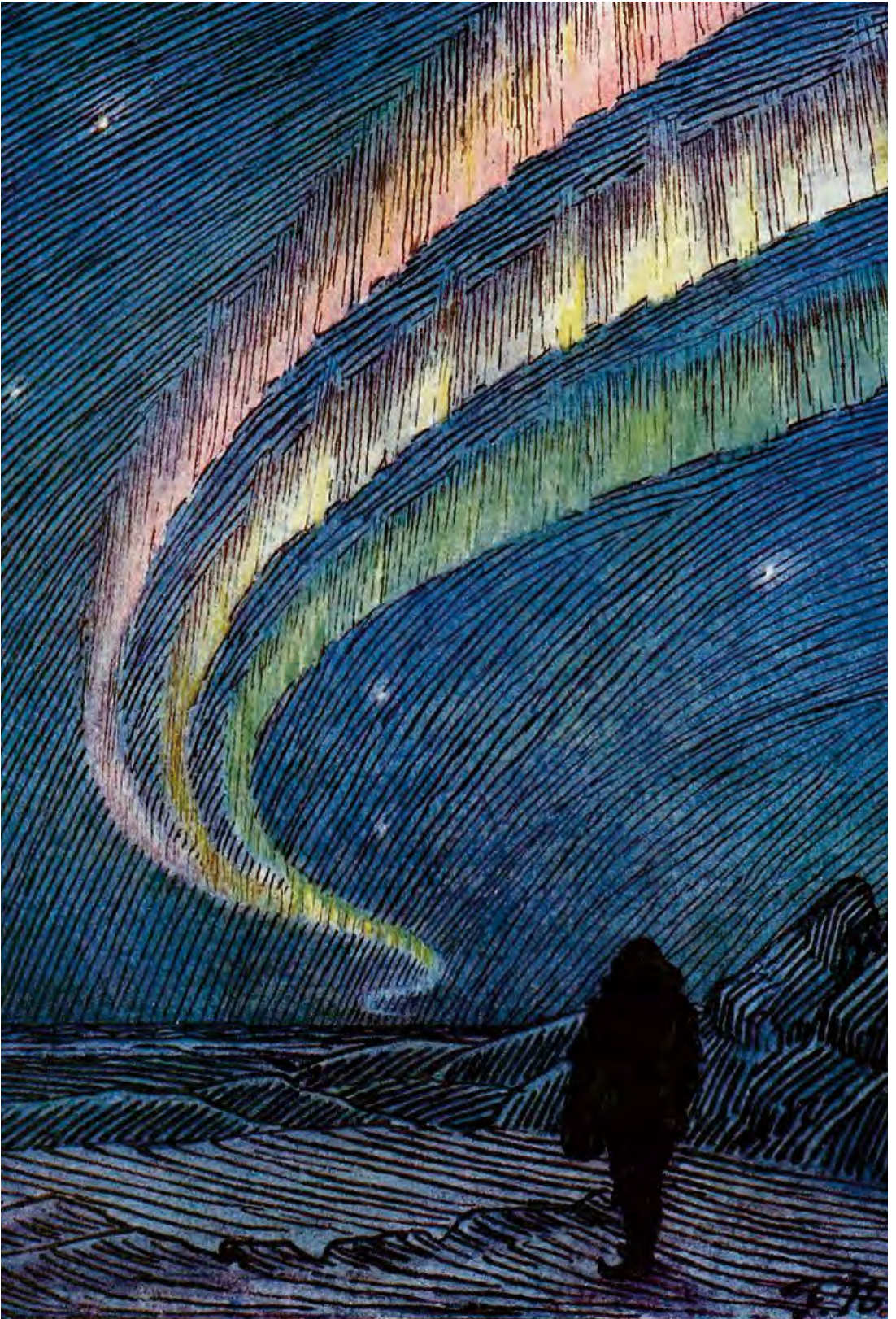
### Arven etter Nansen, Bjerknes og Helland-Hansen

Bergen er et naturlig sentrum for forskning på vær, hav og klima<sup>1</sup>. Bergenserne, byen og levegrunnlaget er basert på vann, og vi er nok mer opptatt av værforhold, regn og værmeldingen enn folk flest. Byen og Norges vestkyst ligger umiddelbart «nedstrøms» både for det fuktige vestavindsbeltet og Golfstrømmens forlengelse mot Arktis. Dette gir et nedbørsrikt og relativt mildt klima, og havtemperaturen er 5–10 grader varmere her enn andre steder på samme breddegrad. Følgelig er hele Norskehavet og store deler av Barentshavet isfritt selv midtvinters. Dette er en forståelse som går tilbake til de to norske pionerene innen moderne havforskning, Bjørn Helland-Hansen og Fridtjof Nansen, og deres klassiske verk *The Norwegian Sea*<sup>2</sup> fra 1909. Her ble de grunnleggende oseanografiske trekk i Norskehavet og omliggende havområder beskrevet med nesten forbløffende nøyaktighet, og mange av deres tolkninger fra den gang har vist seg i stor grad å være gyldige den dag i dag.

Fridtjof Nansen (1861–1930) er selve symbolet på norsk utforskning og internasjonalt lederskap i de nordlige hav. Nansen begynte å studere zoologi ved Universitet i Oslo i 1880. I 1882, da Fridtjof Nansen var 21 år, ble han ansatt som konservator ved Bergens Museum. Forskingen ved Bergens Museum ledet til en avhandling som han forsvarte i april 1888, før han fire dager senere dro på sin første ekspedisjon til Grønland. Nansen konstruerte senere polarskipet *Fram* i samarbeid med Colin Archer med det formål å fryse fartøy og mannskap inne i isen. *Fram*-ekspedisjonen (1893–1896) avslørte derved havets sirkulasjon og isens drift i Barentshavet og Polhavet. Etter *Fram*-ferden ble Nansen professor i Oslo, og viet forskningen sin til oseanografi.

Nansen og hans samarbeidspartnere var arktiske pionerer, foregangsmenn i felt og utviklere av grensesprengende måleteknologi. Nansen var blant annet med på å utvikle «Nansenflasken», som gjorde det mulig å hente vannprøver fra dyphavet, og revolusjonerte med det datainnsamling fra havet. Nansen dokumenterte sine ekspedisjoner i både fag- og populærlitteratur, i stor grad illustrert med egne tegninger og litografier. Han ble slik både en av det unge Norges nasjonsbyggere, og en av grunnleggerne av moderne hav- og polarforskning.

Fig. 2 | Hva skjuler seg bak den arktiske horisonten?  
Illustrasjon: Fridtjof Nansen (1911).



Bjørn Helland-Hansen (1877–1957) regnes internasjonalt som en av grunnleggerne av fagdisiplinen fysisk oseanografi. Helland-Hansen begynte å studere havforskning i København etter å ha møtt Johan Hjort. I årene 1900–1905 deltok Helland-Hansen på flere tokt i Norskehavet og dannet et nært samarbeid med Fridtjof Nansen. Da den biologiske stasjonen ved Bergens Museum trengte en ny leder i 1906, foreslo Nansen sin gode venn Helland-Hansen til stillingen. Helland-Hansen tok i 1917 initiativ til opprettelsen av Det Geofysiske Institutt (nå Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen). Han var også professor i oseanografi ved Bergens Museum mellom 1914 og 1946.

Det var også til Bergens Museum og Geofysisk institutt Wilhelm Bjerknes (1862–1951) ble kallet som professor i 1917 for å virkeliggjøre meteorologi og værvarsling både som en vitenskap basert på fysiske lover og som en utadrettet virksomhet til praktisk nytte for samfunnet. Bjerknes regnes derfor som den moderne værvarslingens far. Fagfeltet numerisk værvarsling, som Bjerknes stod i spissen for, står også sentralt i dagens utvikling av klimavarsler og klimavarslingsmodeller. Arven etter Bjerknes er i dag levende gjennom Bjerknessenteret for klimaforskning, som ble stiftet i Bergen i 2000.

### **En tidlig visjon om et forutsigbart klima**

Helland-Hansen og Nansen målte hver vår fra 1901 til 1905 temperaturen i Den norske atlantehavsstrømmen, Golfstrømmens gren inn i Norskehavet. Ved å studere hvordan temperaturen i Atlanterhavsstrømmen endret seg fra et år til det neste, fant Helland-Hansen og Nansen ut at både lufttemperaturen og torskefangstene svingte i takt med Atlanterhavsstrømmens endringer under lofotfisket den påfølgende vinteren. De knyttet videre endringene i Norskehavet til forutsigbar endring i isdekket i Barentshavet; i en varm tilstand fulgte relativt isfrie forhold to år etter, for kalde forhold var det motsatt. *The Norwegian Sea* fra 1909 representerer dermed en tidlig visjon om en bedre ressursforvaltning gjennom klimavarsling.

### **Klimavarsling – 100 år senere**

Mer enn 100 år etter Nansens ekspedisjoner er igjen alles oppmerksomhet rettet mot Arktis og iskanten. Porten til det ukjente er i ferd med å åpnes i forbindelse med pågående klimaendringer. Overgangen fra sjøis til åpent hav utgjør et skarpt skille mellom klimaregimer. Dette påvirker dyreliv og økosystemer i betydelig grad. Observasjoner viser allerede tendenser til at arter trekker lenger nord etter hvert som

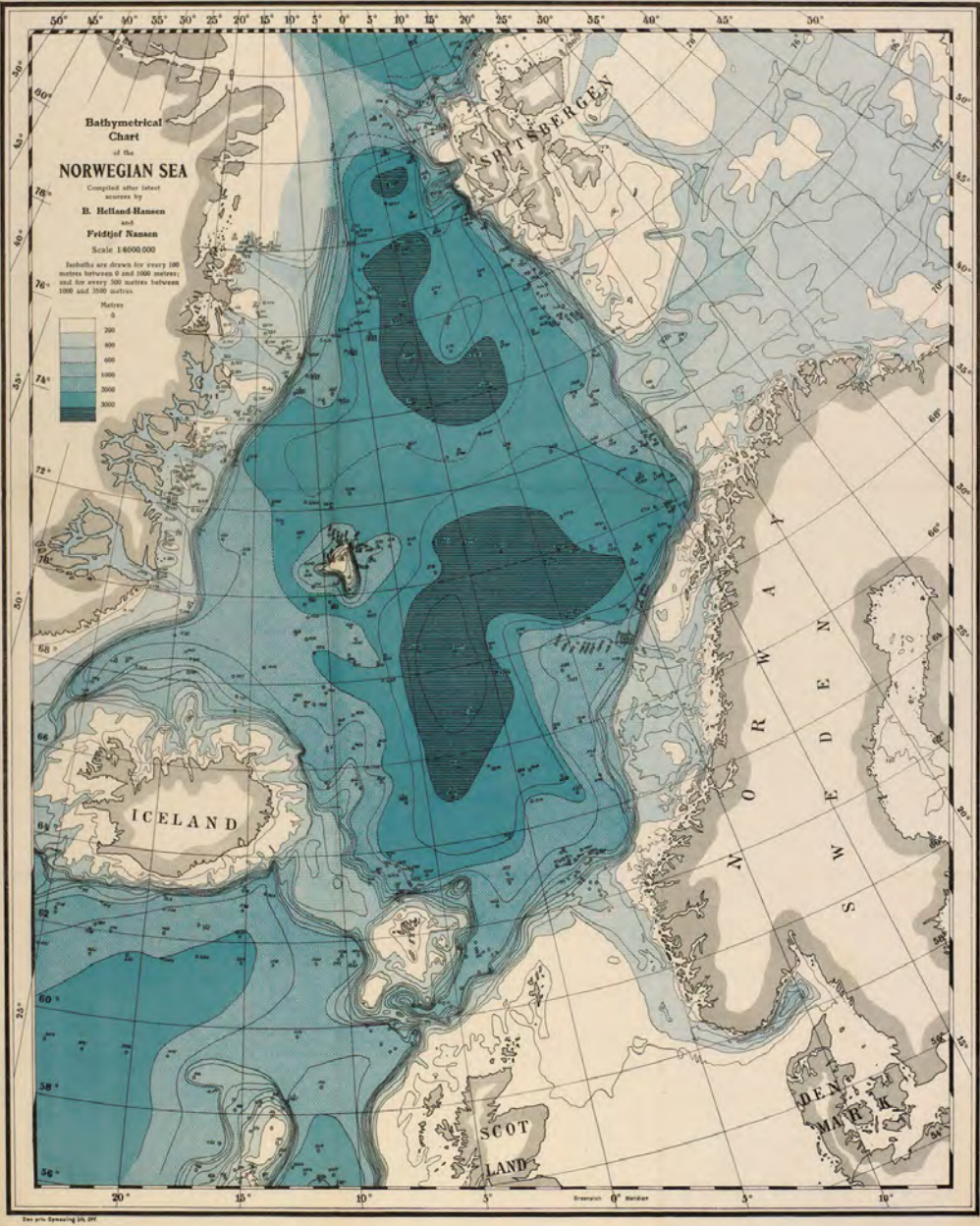
havet blir varmere og større havområder blir isfrie.<sup>3</sup> Med isens tilbaketrekning blir polområdene og tilhørende naturressurser også stadig mer tilgjengelige. Ved porten står industri og næringsliv, samt aktører med motiver som spenner fra geopolitikk til miljøvern. Et varmere Arktis medfører muligheter og utfordringer som Nansen og hans samtidige umulig kan ha sett for seg. Hvorvidt endringer i sjøisutbredelsen i Arktis er noe som kan forutsies for eksempel fra et år til det neste, er dermed et forskningsspørsmål med stor samfunnsrelevans, også 100 år etter Helland-Hansen og Nansen.

På samme måte som dagens værvarsel med stor presisjon beskriver været time for time i hver bygd og by, er det et sterkt behov for tilsvarende realistiske klimavarslingsmodeller som kan varsle lokal klimautvikling måneder til år fram i tid. Med andre ord trenger vi modeller som kan gjenskape forutsigbare og praktisk viktige sammenhenger i det virkelige klimasystemet i tråd med Helland-Hansen og Nansens visjon for mer enn 100 år siden.

Utviklingen av operasjonelle og treffsikre klimavarslingsmodeller forutsetter at en fra observasjoner og teori i størst mulig grad kjenner hvilke klimasammenhenger som faktisk er forutsigbare. Dette innebærer at man forstår sammenhenger mellom et havområde og et annet, mellom hav og atmosfære innenfor et visst tidsforløp. I *The Norwegian Sea* postulerte Helland-Hansen og Nansen at isdekket i Barentshavet er et slikt eksempel. De fant, som tidligere nevnt, at når temperaturen i Atlanterhavsstrømmen var høy, ble det mindre is i Barentshavet de påfølgende årene.

Hundre år senere er vi omsider i den heldige situasjonen at denne viktige innsikten kan etterprøves og tallfestes basert på nøyaktige observasjoner over relativt lang tid. Kolleger ved Havforskningsinstituttet i Bergen har målt styrken og varmen til den grenen av Atlanterhavsstrømmen som går inn i Barentshavet mellom Svalbard og Norge siden 1997. Isutbredelsen er kjent i detalj fra satellittovervåking siden 1979. Ved hjelp av disse observasjonene kan vi nå påvise og tallfeste hvordan innstrømningen av atlantisk varme styrer framtidig isdekke.<sup>4</sup>

Det er store energimengder som er i sving. En typisk observert mellomårlig økning i varmeinnstrømning fører til at ytterligere fem prosent av Barentshavet forblir isfritt påfølgende år. Den tilførte varmeenergien svarer til 10 TW, som er mer enn 400 ganger energiforbruket i Norge. Totalt finner vi at innstrømningen av atlantisk varme til Barentshavet er styrket med 30 TW siden tiden rundt 1970, da isutbredelsen



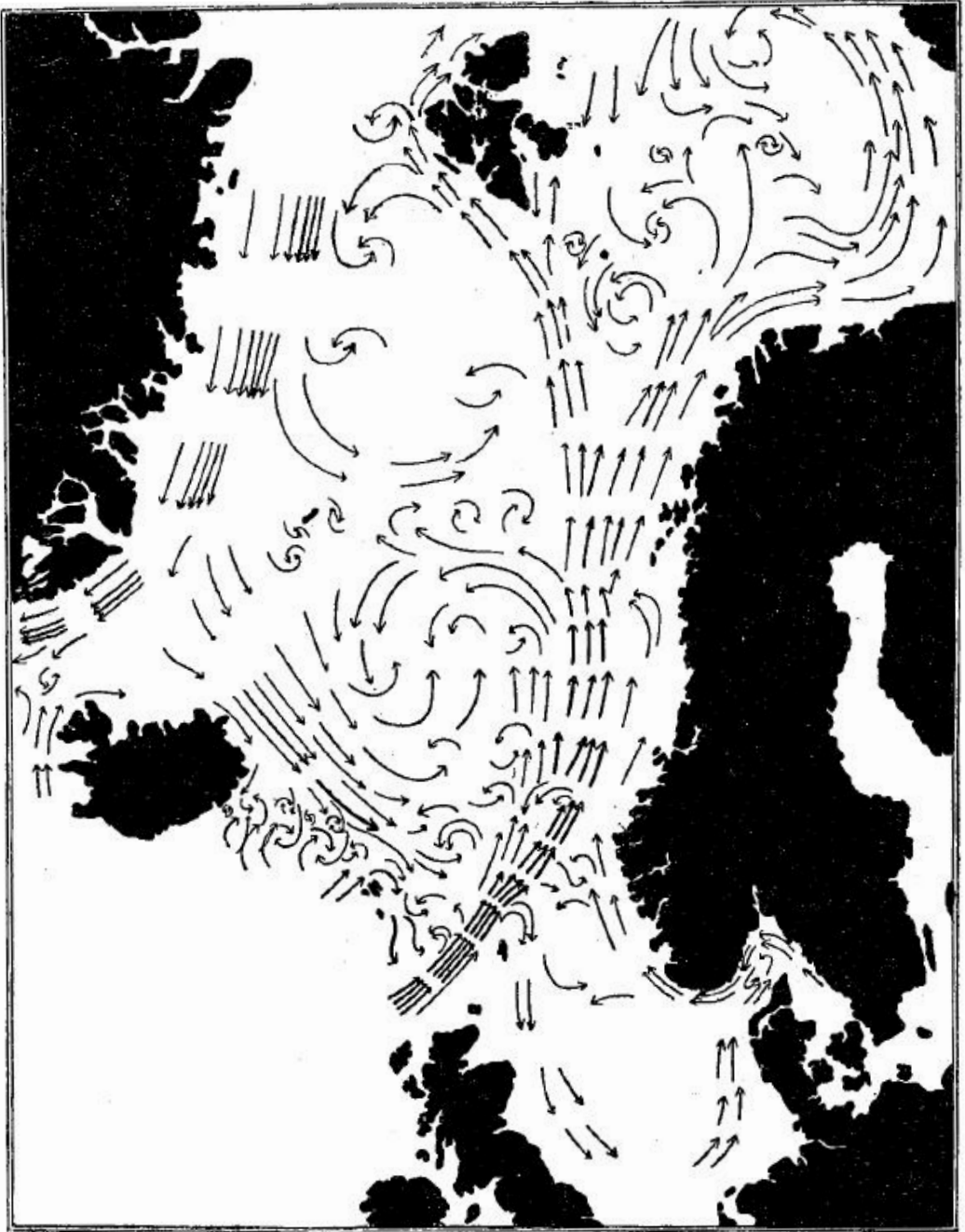


Fig. 3 og 4 | Kart over Norskehavet og dets havstrømmer. Den norske atlantehavsstrømmen strømmer nordover langs norskekysten mot Arktis. Illustrasjoner: Helland-Hansen og Nansen (1909).



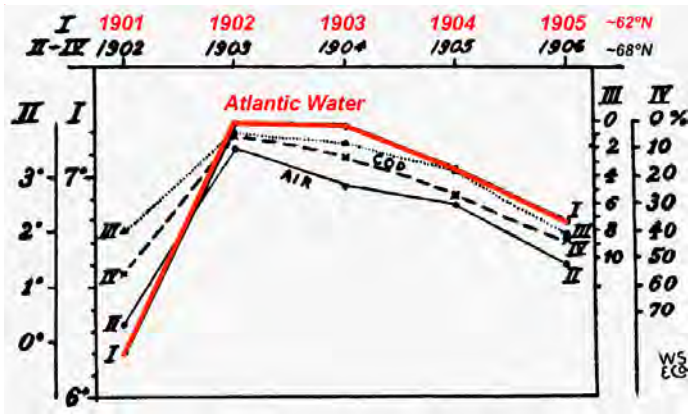


Fig. 5 | En tidlig visjon om klimavarsling og bedre ressursutnyttelse. Figuren viser temperaturen til Atlanterhavsstrømmen for årene 1901–1905 (Atlantic Water, kurve «I»), og lufttemperatur (AIR, «II») og to mål for torskefangst (COD, «III» og «IV») under Lofotfisket den påfølgende vinter. Illustrasjon: Helland-Hansen og Nansen (1909).

ser ut til å ha vært størst. Hvis en legger overstående til grunn også for en fremtidig utvikling, vil en ytterligere 30 TW styrking av den atlantiske innstrømningen i praksis bety et isfritt Barentshav. Tilsvarende kan en eventuell svekkelse på 30 TW føre Barentshavet tilbake til et isdekke som det man hadde på 1970-tallet. Dette vil medføre at for eksempel Korpjell, som ligger 400 km nord for Finnmarkskysten og er den nordligste letebrønneren som noensinne er tildelt på norsk sokkel, vil være dekket av is vinterstid. Eksisterende og fremtidig aktivitet i Barentshavet må derfor ta hensyn til betydelige variasjoner i isdekket fra år til år, og fra tiår til tiår.

### En varslet økning

Atlanterhavsstrømmen har de siste tiårene generelt blitt varmere. Noe av denne oppvarmingen av havet skyldes den generelle globale oppvarmingen, men mye skyldes også naturlige variasjoner. Naturlige svingninger i havet og effekten av global oppvarming har spilt på lag, noe som har ført til betydelig mer varme i Atlanterhavsstrømmen og et sterkt redusert isdekke i Barentshavet. Norskehavet er for eksempel blitt omtrent 1 grad varmere de siste 40 årene, og det er en betydelig oppvarming. Samtidig svinger (hav)klimaet naturlig rundt denne langsiktige utviklingen. Typisk følges en relativt varm femårs periode av en kald, og da igjen med en temperaturforskjell på omtrent én grad.<sup>5</sup>

På samme måte som temperaturen på kloden stiger jevnt og trutt selv om noen år er kaldere eller varmere, varierer også sjøisutbredelsen i Arktis mye fra år til år til tross for at isen i det store bildet minker. En kan i Barentshavet ha en økning fra et år til det neste som i et jafs tilsynelatende kompenserer for et tiårs samlede istap. Dette betyr med andre ord at Barentshavet kan ha rekordlite is en vinter, men at iskanten

kan trekke seg mange kilometer lenger sør neste vinter. Dette ønsker vi som Helland-Hansen og Nansen å varsle.

Som et konkret eksempel på de store endringene fra år til år som kan finne sted, var plutselig isdekket vinteren 2019 nesten tilbake til det som var normalen på 80- og 90-tallet. I det vestlige Barentshavet strakk iskanten seg helt ned til Bjørnøya. Det kan umiddelbart høres overraskende ut at sjøisdekket har økt de siste årene til tross for en stadig varmere verden, men det er det ikke når en er klar over de sterke mellomårlige svingningene i systemet i tillegg til den tette koplingen til Atlanterhavsstrømmen, som de siste årene har vært i en relativt kald fase.

Vår forskning har vist at det er en tidsforsinkelse mellom endringer i Atlanterhavsstrømmen og isen i Barentshavet. Varme og kalde tilstander i havet forplantes nordover langs Golfstrømmen – fra USAs østkyst til Norges vestkyst med en tidsramme på opp mot ti år.<sup>6</sup> Det er dermed mulig å komme med en spådom – et klimavarsel – om fremtidige endringer i isdekket basert på havets tilstand i dag. Basert på en svakere og kaldere Atlanterhavsstrøm de siste årene var dermed vårt varsel i 2015<sup>7</sup> at det ville bli mer is i Barentshavet de neste vintrene. Dette er et varsel som altså har vist seg å være korrekt.

### **En forutsigbar torskebestand?**

Ettersom Atlanterhavsstrømmen frakter store mengder varmt og næringsrikt vann fra sørlige breddegrader, bidrar den til at det sørlige Barentshavet er isfritt og et av våre mest produktive fiskeriområder. Den viktigste fiskebestanden er den nordøstarktiske torsken (*Gadus Morhua*). Noen år er det mye torsk i Barentshavet og gode forhold for fiske, mens andre år er det mindre fisk å få. Hvorfor torskebestanden (og andre fiskebestander) varierer så mye fra år til år, er et spørsmål som har blitt grublet og forsket på i over 100 år.

Det er litt over 100 år siden et av de mest kjente arbeidene om dette emnet ble publisert av Johan Hjort (1869–1948): *Fluctuations in the Great Fisheries of Northern Europe*.<sup>8</sup> I dette arbeidet argumenterte Hjort – regnet av mange som den moderne fiskeriforskningens far – at tilgang til mat (plankton) i starten av livet var den avgjørende faktoren for endringer i fiskebestand. Dersom tilgangen til mat var god et år, ville mange fiskelarver overleve, og bestanden i denne årsklassen ville bli stor. Senere forskning har vist at flere faktorer er viktige for torskebestanden, inkludert tilgang på mat, forekomsten av rovfisk og sjøpattedyr, og miljø- og klimamessige endringer. I tillegg påvirker vi mennesker bestanden gjennom fiske.

Av de nevnte faktorene som påvirker torskbestanden, er det endringer i havtemperatur vi har størst forutsetning for å forutsi noen år på forhånd. Endringer i havtemperatur påvirker blant annet vekstforhold, næringsstoffer og størrelsen på matfattet i det isfrie området. Når Atlanterhavsstrømmen skifter mellom varmere og kaldere tilstander, trekker torskbestanden seg henholdsvis nordover og sørover.<sup>3</sup> Spørsmålet er da om vi ved å varsle miljø- og klimamessige endringer i vesentlig grad kan forutsi endringer i torskbestanden.

Mens tidligere studier, som for eksempel *The Norwegian Sea*, baserte seg på lite data, har vi nå, 100 år senere, flere tiår med regelmessige observasjoner av torskbestanden i Barentshavet. De dokumenterer hvordan temperaturen i Norskehavet og Barentshavet har endret seg fra år til år. Våre undersøkelser<sup>9</sup> viser, som Helland-Hansen og Nansen bemerket for Lofottorsken, at det er en sterk sammenheng mellom temperaturen i havet og torskbestanden i Barentshavet de siste 60 årene. Det viser seg at vi ved å måle havtemperatur lengst sør i Norskehavet kan forutsi en stor del av endringene i torskbestanden flere år på forhånd.

En bedre forståelse av fremtidig utvikling av fiskebestander er viktig for en kunnskapsbasert forvaltning. For fiskeri- og miljøforvaltningen vil dermed klimavarsler som kan oversettes til endringer i fiskeribestander på en tidsskala fra en sesong til noen år, være av stor interesse.



Fig. 6 | Arven etter Nansen: Daværende stipendiat (nå ph.d.) Ingrid H. Onarheim og veileder prof. Lars Henrik Smedsrud (UiB) måler havstrømmer i Arktis i 2015. Bilde: Ingrid H. Onarheim.

## Barentshavet frem mot år 2100

Mer enn hundre år etter Nansens ekspedisjoner er Arktis i radikal endring, og et av de mest tydelige tegnene er isen som forsvinner. Svalbard er for eksempel bokstavelig talt kommet ut av isen og har siden 1971 opplevd en oppvarming på vintren på syv grader.<sup>10</sup> Så hva kan vi si om isdekket i Arktis de neste 100 årene?

I en enda varmere fremtid er det ventet at havsirkulasjonen i Nord-Atlanteren svekkes. Dette var utgangspunktet for katastrofefilmen *The Day After Tomorrow* (2004), der urealistisk hurtige endringer i havsirkulasjonen fører verden øyeblikkelig inn i en ny istid. Vi har analysert 40 ulike klimamodellsimuleringer, og finner i henhold til forventningen at havsirkulasjonen i Nord-Atlanteren svekkes frem mot år 2100. Men samtidig, og mer overraskende, styrkes den norske Atlanterhavsstrømmen og andre varme strømmer nordover mot Arktis.<sup>11</sup> Ettersom atmosfæren også gradvis varmes opp ved økte CO<sub>2</sub>-utslipp, fører dette til at sjøisen i Barentshavet sakte, men sikkert også vil forsvinne vinterstid. Våre resultater viser at Barentshavet sannsynligvis vil være isfritt en gang mellom 2061 og 2088<sup>12</sup> dersom framtidig menneskeskapte klimagassutslipp fortsetter å øke i dagens tempo. Hvis vi derimot klarer å redusere klimagassutslippene (mer eller mindre i tråd med målene i Parisavtalen), kan isen i Barentshavet overleve også de neste 100 årene.

Den store spredningen i estimatet for når Barentshavet blir isfritt, skyldes naturlige variasjoner i isdekket, forårsaket av blant annet endringer i Atlanterhavsstrømmen. Viktigheten av naturlige variasjoner betyr at selv om isdekket i Barentshavet sakte, men sikkert forsvinner, vil det også i fremtiden være mulig å ha tiårsperioder med økende isdekke. Slike perioder med økt isdekke og en mer sørlig iskant vil ha konsekvenser for ressursutvinning og annen marin aktivitet i Barentshavet, og er dermed viktige å kunne varsle. Våre resultater viser at det forutsigbare forholdet mellom Atlanterhavsstrømmen og isdekket i Barentshavet ikke endrer seg i fremtiden. Vi kan dermed forvente at endringer i isdekket også kan varsles i fremtiden.

## Bergen som klimavarslingshovedstad

Klimavarsling er et forskningsfelt som har vokst fram både i Norge og internasjonalt de senere årene. På Geofysisk institutt og Bjerknessenteret forsker vi i dag med stor innsats for å realisere en norsk varslingsmodell for viktige og praktisk nyttige klimasammenhenger. Slik en i dag varsler været en uke frem i tid, er målet i fremtiden å varsle hvordan det for eksempel blir neste

skisesong, hvor mye vann det vil komme i kraftverkens reservoarer, og hvor mye fisk det vil være i Barentshavet i årene som kommer. Målet er å videreføre dagens bergenske forskningsmiljø – sterkt inspirert av pionerer som Bjerknes, Helland-Hansen og Nansen – som verdensledende innen klimavarsling, og da spesielt for våre nærmeste land- og havområder.

Mye gjenstår før yr.no kan publisere et varsel for de neste års ferietemperaturer. I jakten på fremtidige klimavarsler spiller havet – nå som for 100 år siden – en hovedrolle. Vi håper vi vil lykkes med å utvikle klimavarsling gjennom det neste tiåret, og derved etter beste evne bidra til det akademiske bygget Fridtjof Nansen, Bjørn Helland-Hansen og Vilhelm Bjerknes la ned grunnsteinene for.

Deler av teksten er tidligere publisert i: *Eldevik, T. og M. Årthun. Nansen fikk rett – Dagens Næringsliv 25.08.2012. Eldevik, T. En kort historie om klima – De nordlige hav fra siste istid til global oppvarming. Nansen Minneforelesning. Det Norske Videnskaps-Akademi. 10.10.2014. Onarheim I.H. og M. Årthun. Mot et isfritt Barentshav – Aftenposten Viten 07.09.2017. Årthun, M. Sjøisen i Arktis kan vokse selv om verden blir varmere – Aftenposten Viten 23.04.2019.*

1. Vollset, Ellingsen, Hornnes (2018). Calculating the World. The history of Geophysics as seen from Bergen. Fagbokforlaget.
2. Helland-Hansen og Nansen (1909). Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations. Vol 2, no 2. Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt.
3. Fosshem et al. (2015). Nature Climate Change. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2647>
4. Årthun et al. (2012). Journal of Climate. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00466.1>
5. Eldevik et al. (2014). Quaternary Science Reviews. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.028>
6. Årthun et al. (2017). Nature Communications. <https://doi.org/10.1038/ncomms15875>
7. Onarheim et al. (2015). Geophysical Research Letters. <https://doi.org/10.1002/2015GL064359>
8. Hjort (1914). Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe viewed in the light of biological research. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions. ICES.
9. Årthun et al. (2018). Plos One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206319>
10. Hanssen-Bauer et al. (2019). Climate in Svalbard 2100 – a knowledge base for climate adaptation. Report, Norwegian Environment Agency.
11. Årthun et al. (2019). Journal of Climate. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0750.1>
12. Onarheim og Årthun (2017). Geophysical Research Letters. <https://doi.org/10.1002/2017GL074304>

## Kvalane under taket

- Arkivet etter Bergens Museum*, Naturhistorisk avdeling, Statsarkivet i Bergen
- Arkivet etter D.C. Danielsen*, Universitetsbiblioteket i Bergen. Bergen Museums årbøker, 1885–1948
- Brunchorst, J., Bergens Museum 1825–1900, J. Griegs Forlagspedition, 1900
- International Whaling Commission, [www.iwc.int](http://www.iwc.int)
- Johnsen, Arne Odd, Finnmarksfangstens historie 1864–1905, Aschehoug, 1959
- Museologia Scientifica* Memorie, N. 12/2014. <http://www.anms.it/>
- Kalland, Arne, Hval og Hvalfangst på Vestlandet 1600–1910, Novus Forlag, 2014
- Kalland, Arne og Thereza Kuldova, Et hvalskjeletts biograf, Havstrilen, 2011
- Katalog over Dyresamlingen ved Bergens museum, J.D. Beyers Boktrykkeri, 1875
- Tidsskriftet *Naturen*, 1887–1919

## Dagens klima- og breforskning

- Andreassen, L.M. og Winsvold, S.H. (2012): *Inventory of Norwegian Glaciers*. Norwegian Water Resources and Energy Directorate 2012. 235 sider.
- Box, J.E. m.fl. (2019): Key indicators of Arctic climate change: 1971–2017. *Environmental Research Letters*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1988/1748-9326/aafc1b>.
- Farinotti, D., Huss, M., Fürst, J.J., Landmann, J., Machguth, H., Maussion, F. og Pandit, A. (2019): A consensus estimate for the ice thickness distribution of all glaciers on Earth. *Nature Geoscience* 12, 168–173.
- Foslie, S. (1935): Statsgeolog John. B. Rekstad Nekrolog og bibliografi. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 14, 200–209.
- Hestmark, G. (2017): *Istidens oppdager. Jens Esmark, pioneren i Norges fjellverden*. Kagge Forlag. 687 sider.
- Hestmark, G. (2018): Jens Esmark's mountain glacier traverse 1823 – the key to his discovery of Ice Ages. *Boreas* 47, 1–10.
- Kjøllmoen, B. (red.), Andreassen, L.M., Elvehøy, H og Jackson, M. (2018): *Glaciological investigations in Norway 2017. Report no. 82/2018*. 84 sider.
- Orheim, O. (2017): Kapittel 4 – Glasiologi. I: Gullikstad Johnsen, M. (red.): *Norsk Geofysisk Forening 100 år. En samling artikler i anledning foreningens 100-årsjubileum i 2017*, 81–102.
- Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., Barandun, M., Machguth, H., Nussbaumer, S.U., Gärtner-Roer, I., Thomson, L., Paul, F., Maussion, F., Kutuzov, S. and J.G. Cogley (2019): Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>.

### Internettadresser:

- [arvenetternansen.com](http://arvenetternansen.com)
- [bjerknes.uib.no](http://bjerknes.uib.no)
- [ice2ice.w.uib.no/overview/about/](http://ice2ice.w.uib.no/overview/about/)
- [klimaservicesenter.no/faces/desktop/portal/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klima-i-norge-2100](http://klimaservicesenter.no/faces/desktop/portal/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klima-i-norge-2100)
- [nve.no/hydrologi/bre/](http://nve.no/hydrologi/bre/)

## Naturmangfold

- Bakka, E., Kaland, P.E. 1971. Early farming in Hordaland, Western Norway. Problems and approaches in archaeology and pollen analysis. *Norwegian Archaeological Review* 4, 1–35.
- Fægri, K. 1940. Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen. II. Zur spätquartären Geschichte Jærens. *Bergens Museums Årbok* 1939–40. Naturvitenskapelig rekke 7, 1–201.
- Fægri, K. 1943. Studies on the Pleistocene of Western Norway. III Bømlo. *Bergens Museums Årbok* 1943. Naturvitenskapelig rekke Nr. 8, 1–100.
- Fægri, K. 1954. On age and origin of the beech forest (*Fagus sylvatica* L) at Lygrefjorden, near Bergen (Norway). *Danmarks Geologiske Undersøkelse II* række 80, 230–249.
- Fægri, K. 1956. Om den pollenanalytiske utforskning av Norge. NAVF's melding for budsjettåret 1954–55. Norges almenvitenskapelige forskningsråd, Oslo.
- Hjelle, K.L., Kaland, S., Kvamme, M., Lødøen, T.K., Natlandsmyr, B. 2012. Ecology and long-term land-use, palaeoecology and archaeology – the usefulness of interdisciplinary studies for knowledge-based conservation and management of cultural landscapes. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 8, 321–337.
- Hjelle, K.L., Halvorsen, L.S., Prosch-Danielsen, L., Sugita, S., Paus, A., Kaland, P.E., Mehl, I.K., Overland, A., Danielsen, R., Høeg, H.L., Midtbø, I. 2018. Long-term changes in regional vegetation cover along the west coast of southern Norway: The importance of human impact. *Journal of Vegetation Science* 29, 404–415.
- Hombøe, J. 1903. Planterester i Norske torvmyrer. Et bidrag til den norske vegetations historie efter den sidste istid. Viten-skapsselskapet i Kristiania. Kristiania: Jacob Dybwad
- Holmboe, J. 1908. Bøgeskogen ved Lygrefjord i Nord-Hordland. *Bergens Museums Aarbo* 13: 3–22.
- Holmboe, J. 1919. Den botaniske ekskursjon i Bergens skjær-gaard efter det 16de skandinaviske naturforsker møte 17de og 18de juli 1916. *Bergens Museums Aarbo* 1917 – 1918, Naturvitenskabelig række 16, 1–31.
- Holmboe, J. 1921. Nytteplanter og ugras i Osebergfunnet. I: A.W. Brøgger & H. Smetelig (red.) 1927. *Osebergfundet* 5, 1–78. (Særtrykk 1921).
- Holmboe, J. 1923. En plommesten fra en norsk vikingegrav. *Naturen*, 71–77.

## Løsfunn fra steinalder

- Holmboe, J. 1929. Funnforholdene botanisk undersøkt. Kvalsundfundet og andre norske myrfund av fartoier. *Bergens Museums Skrifter II*, 2, 1–7.
- Holmboe, J. 1931. Plantekost i Norge i gammel tid. Selskapet Havedyrkingens Venners Medlemskrift, hefte 4, 1–18.
- Indrelid, S., Hjelle, K.L., Stene, K. (Eds.) Exploitation of outfield resources – Joint Research at the University Museums of Norway. Universitetsmuseet i Bergen skrifter nr. 32. <http://hdl.handle.net/1956/10072>
- Jessen, K. 1929. Nelden (*Urtica dioica* L.) i Kvalsundfundet. Kvalsundfundet og andre norske myrfund av fartoier. *Bergens Museums Skrifter II*, 2, 17–23.
- Jørgensen, P.M. (red.) Botanikkens historie i Norge. Fagbokforlaget. 2007
- Kaland, P.E. 2014. Heathlands – land-use, ecology and vegetation history as a source for archaeological interpretations. PNM, Publications from the National Museum, Studies in Archaeology & History 22, 19–47.
- Krzywinski, K., Fjellidal, S., Soltvedt, E.-C. 1983. Recent palaeoethnobotanical work at the medieval excavations at Bryggen, Bergen, Norway. In: B. Proudfoot (ed.) Site, Environment and Economy. BAR Series 173, 145–169.
- Kvamme, M., Berge, J., Kaland, P.E. 1992. Vegetasjonshistoriske undersøkelser i Nyset-Steggievassdragene. Arkeologiske Rapporter 17. Historisk Museum, Universitetet i Bergen.
- Myking, T., Yakovlev, I., Erslund, G.A. 2011. Nuclear genetic markers indicate Danish origin of the Norwegian beech (*Fagus sylvatica* L.) populations established in 500–1000 AD. *Tree Genetics and Genomes* 7, 587–596.

## Lofothesten

- Foreslått lesing
- Gro Bjørnstad, Elin Gunby, Knut. H. Røed (2001): Genetic structure of Norwegian horse breeds. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. Blackwell Verlag GmbH (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1439-0388.2000.00264.x>)
- Gro Bjørnstad, N.Ø. Nilsen, Knut. H. Røed (2003): Genetic relationship between Mongolian and Norwegian horses? i *Animal Genetics*. Stichting International Foundation for Animal Genetics. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2052.2003.00922.x>)
- Trine Boysen (1996): Nordlandshesten. Gunnarshaug AS. Stavanger. (<https://www.nb.no/nbsok/nb/c641bc09b5f4c22a6cc8805c089be207?index=17#0>)
- Laura Bunse (2010): Kun et trekkdyr i jordbruket? Hestens betydning i nordnorsk yngre jernalder. Masteroppgave UiT, Tromsø. Open Access. (<https://munin.uit.no/handle/10037/2519>)
- Birgit Dorothea Nielsen (2011): Lyngshesten – en Nordkalott-hest? i *Fra fossiler til oljekrangel Tromsø: Tromsø museum – Universitetsmuseet. Tromsø*. (<https://uit.no/Content/463253/Lyngshesten.pdf>)
- L.P. Nilssen (1897): Lofothesten. *Norsk Landmandsblad* nr. 16, 1897.
- Per-Kyrre Reimert (1975): Når kom hesten til Nord-Norge? *Gløtt fra Tromsø museum*. 31. Om funn og fornminne i Nord-Norge. Tromsø: (<https://www.nb.no/nbsok/nb/d80172f2fc4a64c6bf773c05c24df0a5?index=1#21>)
- Dag Sorli (1976): Øyfolket: bygdebok for Værøy. Værøy bygdeboknemd. Værøy. (<https://www.nb.no/nbsok/nb/c16feef8dcaf02853d492bf31857704?index=1#11>)
- Hans Tilreim (1947): Minner fra Nordland. i tidsskriftet «Våre hester».
- Elling Vatne (2006): Lyngshesten: Historie og kultur i nord. Eget forlag, Samuelsenberg. (<https://www.nb.no/nbsok/nb/9efc31f74c62919f5664fbd0e6a8d2e?index=1#0>)

- Trinnøks: Bf\_DiA\_000962: Svein Skare
- Skaftulløks: Bf\_Bn\_000876-1: UM ukjent fotograf
- Kølle: Bf\_Bn\_002919: Ann-Mari Olsen
- Flintdol: Bf\_DiA\_003811: Svein Skare
- Skiveøks: Bf\_Bn\_005519: Ann-Mari Olsen
- Vestlandsøks: Bf\_DpA\_000083: Svein Skare
- Vespestadøks: Bf\_DiA\_003739 Svein Skare

## Hovlandshagen på Bømlo

- Alsaker, Sigmund 1987 Bømlo – *Steinalderens råstoffsentrum på Sorvestlandet*. Arkeologiske avhandlinger 4, Historisk museum, Universitetet i Bergen.
- Bjørn, Anathon 1921 *Træk av Søndmørs steinalder*. Bergens Museum Aarbok 1919–20. Hist. – antikv. række nr. 4.
- Brogger, Anton W. 1907 *Norges Vestlands steinalder. Typologiske studier*. Bergens museums Aarbok, 1907, no.1.
- Brogger, Waldemar C. 1907 Om de sennglaciale og postglaciale nivaaførandringer i Kristianiafeltet. *Norges geologiske undersøkelse*, 31.
- Ellingsen, Ellen G. & Breivik, Heidi M. 2012 Anders Nummedal: fra «quasi-nerd» til steinaldernerd. *Primitive tider* nr. 14. s. 47–58.
- Forland, Astrid & Haaland, Anders 1996 *Universitetet i Bergens historie* bind 1, Universitetet i Bergen.
- Fægri, Knut 1944 Studies on the Pleistocene of Western Norway. III Bømlo, *Bergens museums årbok* 1943, naturvitenskaplig rekke, nr. 8. s. 7–100.
- Gjessing, Helge 1920 *Rogalands steinalder*, Stavanger museum, Stavanger.
- Hovland, Kari S. 1994 *Haakon Shetelig. Arkeologen og mennesket*. Alma Mater, Bergen.
- Kaland, Peter Emil 1984 Holocene shore displacement and shorlines in Hordaland, Western Norway. *Boreas*, vol. 13, s. 203–242.
- Kleppe, Else J. 1974 Udgravning af steinalders boplads ved Storemynen. Innberetning i topografisk arkiv, Universitetsmuseet i Bergen.
- Lohne, Øystein 2006 SeaCurve\_v1 – Teoretisk berekning av strandforskyvningskurver i Hordaland frå UTM koordinater (excel-ark)
- Nyland, Astrid J. 2016 Bergartsbrudd frå steinalderen. I Berg, Bjørn Ivar (red.) *Bergverv i Norge. Kulturminner og historie*. Fagbokforlaget, Bergen. s. 359–362.
- Shetelig, Haakon 1901 Et bosted frå steinalderen paa Bømmeløen. *Bergens Museums aarbog*, no. 5.
- Shetelig, Haakon 1920 En landsenkning under yngre steinalder. *Naturen*, jan.–feb. 1920. s. 28–42.
- Shetelig, Haakon 1922a Gravingen paa Uratangen i Hovlandshagen, Hovland, Bømlo 1921–1922. Innberetning i top. Ark., Universitetsmuseet i Bergen.
- Shetelig, Haakon 1922b *Primitive tider i Norge*. John Griegs forlag, Bergen.
- Vasskog, K. 2006: *Holosen strandforskyvning på sørlige Bømlo*. Masteroppgåve, Geologisk institutt, Universitetet i Bergen.

## Inn i Naturen

Byrkjedal, I. og Willassen, E. (2010). «Hundre år siden Michael Sars-Ekspedisjonen». <https://www.uib.no/fg/fse/68566/hundre-%C3%A5-siden-michael-sars-ekspedisjonen>

Garnes, Kari og Søndena, Ola (2009). Prosjektrapport Faghistorisk dokumentasjonsprosjekt. Bergen: UiB

Naturen. Illustrert månedsskrift for populær naturvitenskap. 1877–2019.

UiB. Kunnskap som former samfunnet. Hav, liv, samfunn/Strategi 2019–2022. Bergen: UiB.