

NR. —
03
DEC.
·2021·

geo viden



Ocean Decade

FELTDAGBOG FRA
FORSKNINGSTOGT I
NORDATLANTEN

ÆNDRER SIBIRISKE
FLODER ARKTISKE
HAVSTRØMME?

ET TRAVLT, MEN VIGTIGT HAV-ÅRTI

2020'erne er fulde af vigtige hensigtserklæringer. Herunder FN's Ocean Decade, som sætter fokus på vores brug af og viden om havet. Geoviden kigger nærmere på, hvordan man forsker i havet og hvorfor.

Nu er vi snart to år inde i årtiet 2020'erne, selvom man kan føle, at det nærmest var i forgårs, at det kalenderblad blev vendt, og at 2020 i øvrigt ikke rigtig talte med. I et tilbageblik kan man måske sige, at 2010'erne i stor udstrækning gik med at blive enige om, at det med klimaforandringer og CO₂ faktisk var reelt nok, og at det nok var en idé at gøre noget ved det. Dermed er 2020'erne blevet det årti, hvor der virkelig skal gøres noget. Et årti af deadlines. Store CO₂-nedsættelser skal være fundet og ført ud i livet, inden vi når 2030, med en række delmål på vejen. Også de 17 verdensmål arbejder med tidshorisonten 2030, idet verdensmålene "frem til 2030 (skal) sætte os på kurs mod en mere bæredygtig udvikling for både mennesker og planeten, vi bor på". Nu sættes endnu en hest på banen, idet årtiet 2020'erne af FN er blevet navngivet Havets Årti, eller Ocean Decade, med det formål at sætte fokus på bæredygtig udvikling og udnyttelse af havet og dets ressourcer.

Nu kan man måske tænke: "Har vi ikke nok at gøre med klimaforandringerne lige nu? Kan havet ikke vente til 2030'erne?" Men hvis man tænker videre over det, hænger havet og vores viden om havet uløseligt sammen med klimaforandringer, CO₂-niveauer osv. Både i forhold til konsekvenser og løsningsmuligheder. Havet er for eksempel en meget vigtig komponent i CO₂-cyklussen, idet det optager kolosal mængde CO₂ fra atmosfæren, men også under visse omstændigheder kan frigive en del af det igen. Denne mekanisme giver god mening at forstå til bunds. Det samme gælder havstrømmene, som blandt andet bringer varme med til koldere egne. Eksempelvis Golfstrømmen, som gør Nordeuropa markant mere mildt i klimaet end områder på samme breddegrad i Canada. Der flyder mere og mere fersk smeltvand ud fra is og permafrost i Arktis, og hvad betyder det egentlig for Golfstrømmens funktion? Det ville være rart at få styr på. Når vi snakker konsekvenser af klimaforandringerne, er det stigende havniveau centralt. Havet vil stige, og gør det allerede, på grund af smeltende

iskapper ved polerne og udvidelse af vandets masse på grund af højere temperaturer. Her taler forskere om, at havet kan være steget omkring en meter frem mod år 2100, hvilket vil have betydning for milliarder (!!) af mennesker, som bor ved kysten. Hvordan man bedst kan forudsige dette og lave den bedste klimasikring er også en vigtig del af både klimakamp, verdensmål og den senest tilkomne Ocean Decade. Som professor og leder af Center for Dansk Havforskning Colin Stedmon siger på **side 9**, så er Ocean Decade på en måde bare verdensmålene oversat til 'hav'. Noget, der kan give verdenssamfundet et fokuseret sigte i forhold til, hvor det giver bedst mening at sætte ind med forskning, innovation, lovgivning og regulering i havspørgsmål i dette årti.

I dette Geoviden-tema kigger vi på en række eksempler på denne højaktuelle havforskning, både kortlægning, havstrømmenes dynamikker, og hvordan man kan bruge havbunden til at forstå klimaforandringerne. Blandt andet. Som altid ligger der også temavideo, -podcast og andet godt på hjemmesiden geoviden.dk. Og lige for tiden ligger der også et spørgeskema, hvor du kan give svar på, hvad der skal være mere eller mindre af fremover i Geoviden. Vi håber, du vil hjælpe os med at gøre magasinet endnu bedre og brugbart.

God læselyst, god jul og godt nytår!



JOHANNE UHRENHOLT KUSNITZOFF

REDAKTØR OG SKRIBENT



4 HVAD DU MÅSKE IKKE VIDSTE OM HAVET

"DET, DER SKER I HAVET, BLIVER IKKE I HAVET"

12

SIBIRISK FLODVAND KAN ÆNDRE DE ARKTISKE HAVSTRØMME



FELTDAGBOG FRA NORDATLANTEN

16



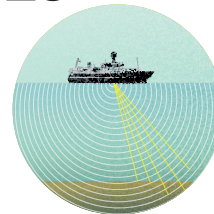
24

FRA HAVET TIL LABORATORIET: KERNERNES VIDERE FÆRD

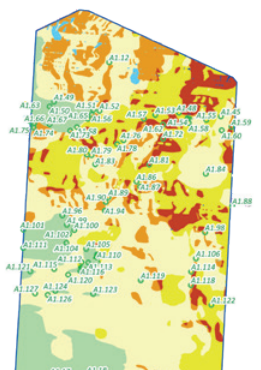
EKSPERTNIVEAU: SÅDAN SER DU GENNEM HAVBUNDEN

26

28



METODER TIL VANDS, TIL BUNDS OG I LUFTEN



30 NORDSØENS HAVBUND ER FULD AF VARIATION

PÅ VORES HJEMMESIDE FINDER DU:

PODCASTS OG VIDEOER

- Hør det nyeste afsnit af podcasten Geoland om, hvordan man måler på – og i – havbunden
- Se videoen fra et felttogt i Nordvest-grønland, der kiggede på fortidens klima og økosystemer via havbunds-kerner

QUIZZER

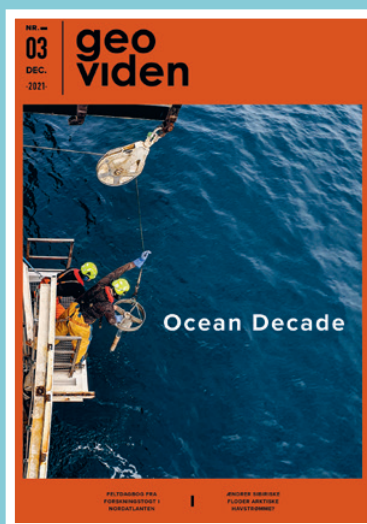
- Test din viden om nøglebegreber om havet og havforskning, eller prøv kræfter med quizen om pollen, Månen m.m.

MERE GEOVIDEN

- Liste med hav-nøglebegreber
- Hele bladet som magasin og enkelt-artikler, herunder illustrationer og links til videre læsning
- Alle figurer til download
- Alle de foregående temaer

Find det hele på:

geoviden.dk/oceandecade



FRA FORSIDEN

En såkaldt Rumohr-kerne fra havbunden ud for Island hejses ombord på det islandske forskningsskib Árni Fridriksson, så de øverste lag af havbunden og vandet lige ovenover kan studeres.

LÆS FELTDAGBOG FRA TOGTET PÅ SIDE 16–23.

EKSPERTER DU MØDER I DETTE NUMMER

COLIN STEDMON

Professor i kemisk oceanografi, Leder af Dansk Center for Havforskning, DTU Aqua

LASSE TÉSIK PRINS

Postdoc i maringeologi, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

VERNER B. ERNSTSEN

Seniorforsker i maringeologi, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

PAUL KNUTZ

Professor i maringeologi, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

REBECCA JACKSON

Postdoc i palæoceanografi, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

HVOR ANDET IKKE ER ANFØRT, ER TEKSTERNE SKREVET AF JOHANNE UHRENHOLT KUSNITZOFF, REDAKTØR/SKRIBENT.

LÆSERUNDERSØGELSE

HAR DU ØNSKER TIL GEOVIDEN? FORTÆL OS DEM!

VÆR MED TIL AT GØRE GEOVIDEN ENDNU BEDRE

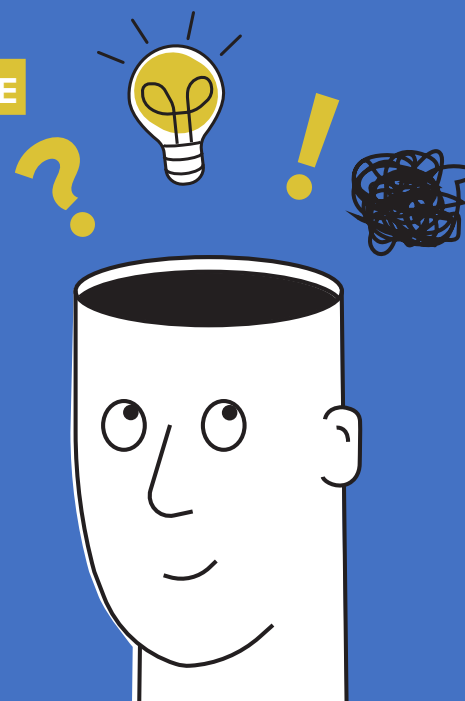
Vi vil meget gerne høre, hvad du mener om Geoviden – både det trykte blad og geoviden.dk – så vi kan gøre det endnu bedre. Vi håber derfor, at du vil svare på vores spørgeskema, som du finder på:

geoviden.dk/din-mening.

Geoviden bliver lavet med undervisning på gymnasieniveau i tankerne, og vi vil meget gerne høre fra både elever, undervisere og andre læsere. Spørgsmålene handler bl.a.

om, hvad du gerne vil have mere af, hvad du synes om specifikke temaer, hvorvidt du bruger bladet i undervisning, og hvilket ekstrap materiale du eventuelt dykker ned i på hjemmesiden. Undersøgelsen tager mellem 7 og 10 minutter at besvare.

Læserundersøgelsen kan besvares indtil februar. Derudover er du som altid velkommen til at sende os forslag, ønsker, ris eller ros på geoviden@geus.dk



DET HØJESTE VANDFALD PÅ

JORDEN LIGGER I HAVET

I Danmark Strædet mellem Grønland og Island findes et fald i havbunden på mere end 3,5 km, kaldet Grønlandspumpen, på engelsk Denmark Strait Cataract. Her møder Grønlandshavets kolde vand det varmere vand fra Irmingerhavet, og da koldt vand har højere densitet end varmt, synker det kolde vand til bunds. Højdeforskellen kombineret med mængderne af afkølet vand fra nord resulterer i, at der vælter omkring 3,5 mio. m³ vand ned mod bunden pr. sekund. Niagara Falls transporterer 9000 m³ pr. sekund. Læs mere om effekten på side 12-15.

FIGUR 1

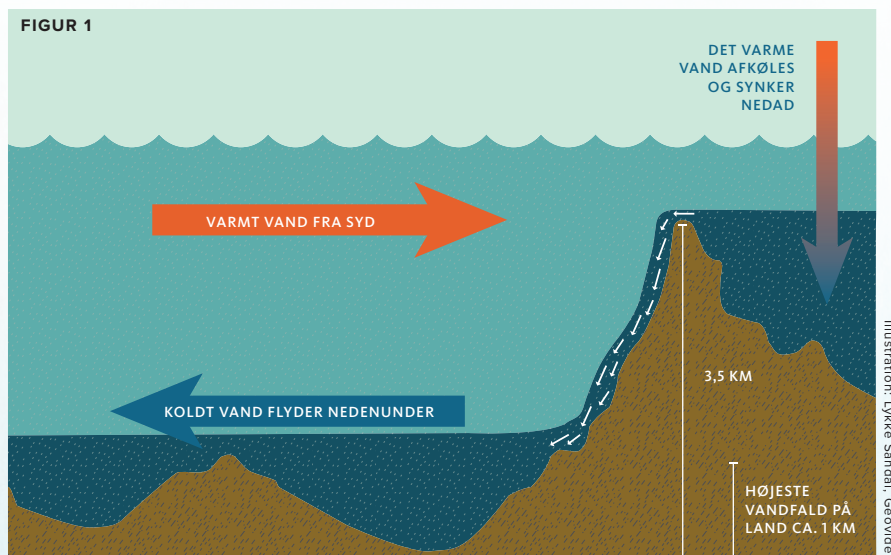


Illustration: Lykke Sandal, Geovidien

HVAD DU MÅSKE IKKE VIDSTE OM

HAVET

Vi kender stadig Månens overflade bedre end vores egne have, selvom der for tiden er øget fokus på den blå verden. Ligesom med Månen føler vi, at vi kender havet, men ved du egentlig, hvor havet kommer fra, eller hvorfor det er salt?

HAVET KOMMER FRA RUMMET

Jorden blev højst sandsynligt ikke skabt med flydende vand. Altså der var ikke nogen have på den unge Jord, som blev skabt i et miljø med temperaturer så høje, at hydrogen og oxygen ikke kunne sætte sig sammen til vandmolekyler. Faktisk ved vi stadig ikke, hvor alt det vand kommer fra, hvilket er ret vildt, når nu vand faktisk er afgørende for liv her på planeten. Teorien lige nu går dog på, at det kan være blevet bragt hertil af asteroider og kometer, som ofte indeholder en

relativt stor del vand i form af is. I Jordens tidlige liv var der væsentligt flere asteroider og kometer i solsystemet, og man ved, at Jorden blev udsat for hyppige og voldsomme meteornedslag. Hvis mange af de nedslag udløste en mængde vanddamp i atmosfæren, passer det med, at det efterhånden kondenserede til have, i takt med at Jorden også fik en tykkere atmosfære, der holdt på vandet.

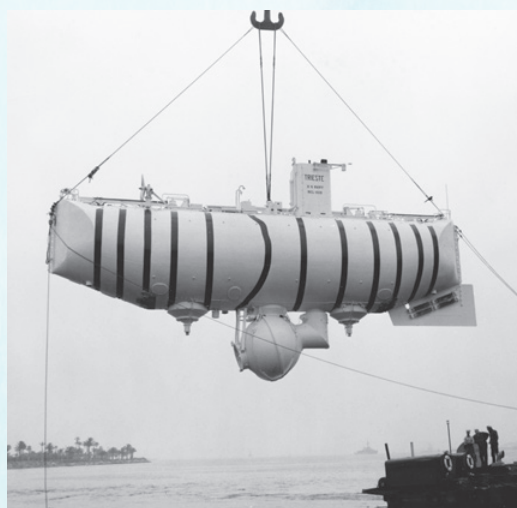
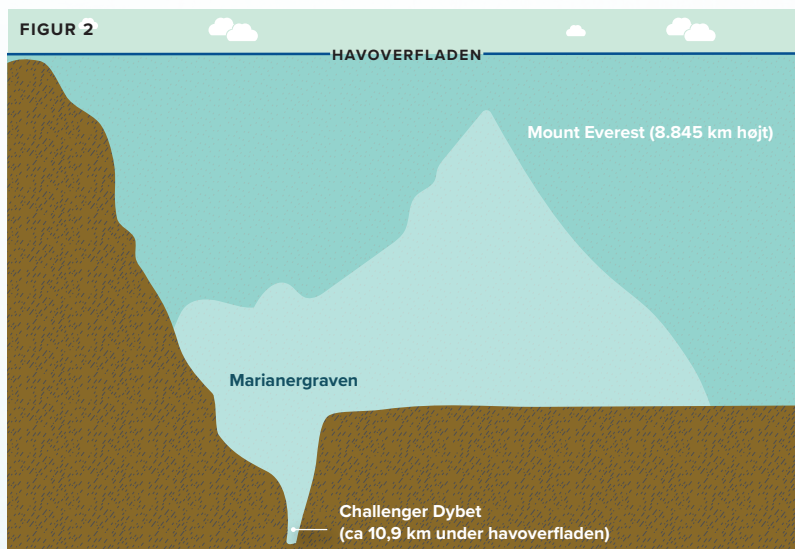
Dette er dog stadig en hypotese, og der forskes i emnet på livet løs.



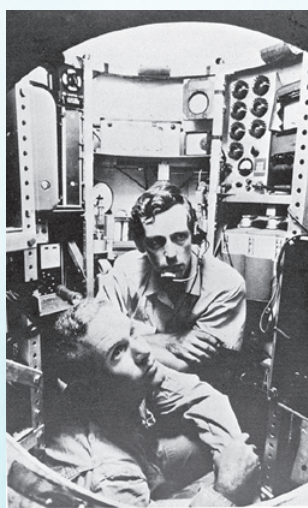
Illustrationer: Lykke Sandal, Geovidien

HAVET ER GENNEMSNITLIGT FIRE KM DYBT

Det er alligevel ret meget. Men når man tænker over det, er det jo kun en lille del af havet, der udgør de lavvandede områder, som vi mennesker er mest i berøring med. De dybe oceaner er der mest af rent arealmæssigt. Det er også i kanterne af oceanerne, man finder de ekstremt dybe grave, skabt af kontinentalplader, der skubbes ned under andre. Den dybeste er Marianergraven, der strækker sig i havet mellem Japan og Papua Ny Guinea og er ca. 10,9 km (!!) dyb på det dybeste sted (kaldet Challengerdybet).



Fotos: Naval History and Heritage Command og NOAA Ship Collection, Wikimedia Commons



I ØVRIGT:

Mennesket nåede dette Jordens dybeste punkt, før vi satte fod på Månen. Nemlig i 1960, da den amerikanske flådeofficer Don Walsh og den belgiske oceanograf Jaque Piccard nåede bunden af Challengerdybet i ubåden Trieste (se foto t.v.). Turen ned tog næsten fem timer, og de var der i omkring 20 minutter, før de steg op – en tur på lidt over tre timer. Walsh og Piccard noterede flere typer fisk, rejer m.m. dernede. Det var en stor overraskelse, at noget kunne leve under så ekstreme forhold.

MINEDRIFT I DYBHAVET



Verden oplever et stigende behov for mineralske råstoffer, men der er betydelig bekymring omkring at sikre forsyning af mineraler og metaller, som er kritiske for den grønne omstilling. Muligvis kan dybhavet være en kilde til (nogle af) disse, for foreløbige undersøgelser tyder på et stort uudnyttet potentiale. Men hvem ejer dybhavet? Ingen og alle, da havet 200 sømil (370 km) ud fra kysten anses for fælles. Disse farvande administreres af FN-organisationen International Seabed Authority (ISA). I øjeblikket er det ikke tilladt at drive minedrift i dybhavet, men organisationen er i gang

med at udarbejde love for decideret minedrift. En udfordring er, hvordan de meget følsomme økosystemer i dybhavet påvirkes af minedrift, hvilket er et område, som stadig er dårligt undersøgt. Flere store firmaer, som Google og BMW, har derfor sagt, at de ikke vil bruge råstoffer udvundet fra dybhavet, før miljøpåvirkningen er bedre belyst. I øjeblikket er en række selskaber og lande i gang med at foretage mineral efterforskning på bunden af dybhavet forskellige steder i verden, så tiden må vise, hvilken rolle dybhavets mineraler kommer til at spille.

FIGUR 3

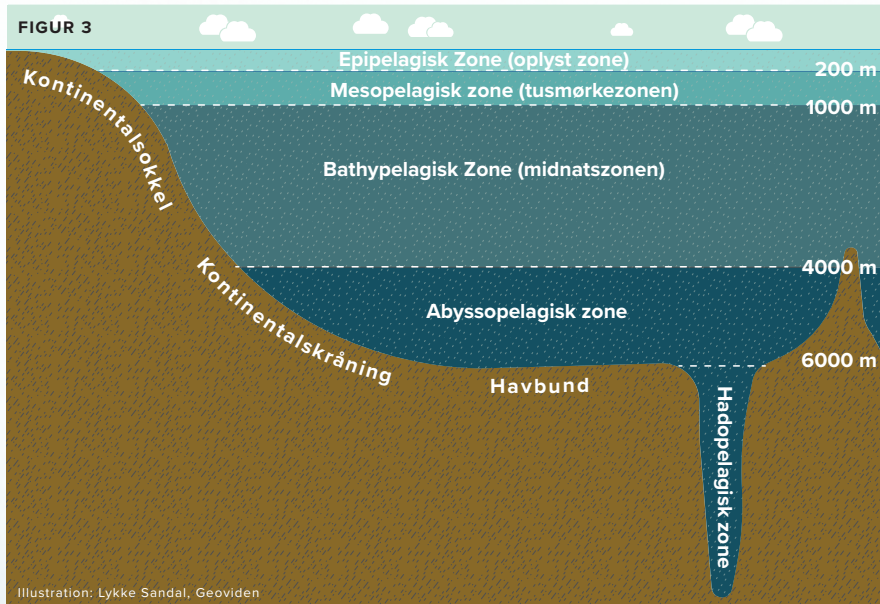


Illustration: Lykke Sandal, Geoviden

HAVET ER MEST MØRKT OG ØDE

Lyset fra Solen trænger kun ca. 200 meter ned gennem vandet, og her går skillelinjen mellem hav og dybhav. Mellem 200 og 1000 meter er der svage reflesjoner fra overfladen, men derfra og nedefter er der fuldstændig mørkt. Der er liv hernede, men mere spredt end højere oppe og højt specialiseret til livet i totalt mørke. Økosystemet i disse mørke zoner afhænger næsten udelukkende af 'nedfaldne', døde dyr og planter fra de solrige og aktive overfladelag. Langt størstedelen af havets dyre- og planteliv findes i de øverste 200 meter af havet, og resten er relativt øde.

DET DANSKE HAV ER IKKE ET HAV

Havet rundt om en stor del af Danmark er faktisk ikke rigtigt et hav ud fra den rent kemiske hav-definition, nemlig at havvand har et saltindhold på mellem 30 og 50 promille (‰). Størstedelen af det danske havvand ligger mellem 8 og 20 promille og hører derfor under kategorien 'brakvand' – en mellemting mellem havvand og ferskvand på mellem 5 og 30 promille salt. Vand med saltindhold lavere end 5 promille er ferskvand, og grunden til, at vores hav er så lidt salt, er da også, at der kommer en masse ferskvand ud i Østersøen fra floder og åer, hvilket fortynder saltvandet fra Atlanterhavet og Nordsøen. Vandet i Vesterhavet er derfor også mest salt og kommer faktisk op og er rigtigt havvand på ca. 33 promille salt.

VESTERHAVET

30 - 36 ‰

KATTEGAT

20 - 30 ‰

ØSTERSØEN

8 - 10 ‰

FIGUR 4

VANDTYPER

FRISK	0-5 ‰
BRAK	5-30 ‰
SALT	30-50 ‰

Illustration: Lykke Sandal, Geoviden



Foto: Wikimedia Commons

I ØVRIGT: HVOR KOMMER SALTET FRA?

Jordens skorpe består af mineraler, som af regnvand kan opløses til salte. De salte følger med regnvandet ud i floder og når på et tidspunkt ud i havet. Her ophobes saltet over tid, fordi det ikke følger med op, når der fordampes vand fra havoverfladen igen (som kan danne ny regn, der danner nyt salt, som også ender i havet). Saltindholdet i flodvand og søvand er ret lavt, fordi det hele tiden udskiftes af nyt regnvand og derfor ikke udsættes for samme ophobning, som sker i havet.

Havet bliver dog ikke bare mere og mere salt. Gennem Jordens historie er der løbende opstået afsnøringer af havet, hvor vandet langsomt fordampes helt. Saltet efterlades på jordoverfladen som et hvidt lag. Det kan blandt andet ses i den bolivianske Salar de Uyuni (foto t.v.), der er verdens største saltslette med et areal større end Sjælland og Lolland-Falster. De koncentrerede saltlag bliver over millioner af år begravet under nye jordlag, så saltet blandes ind i jordskorpen igen, og kan tage en ny tur i kredsløbet.

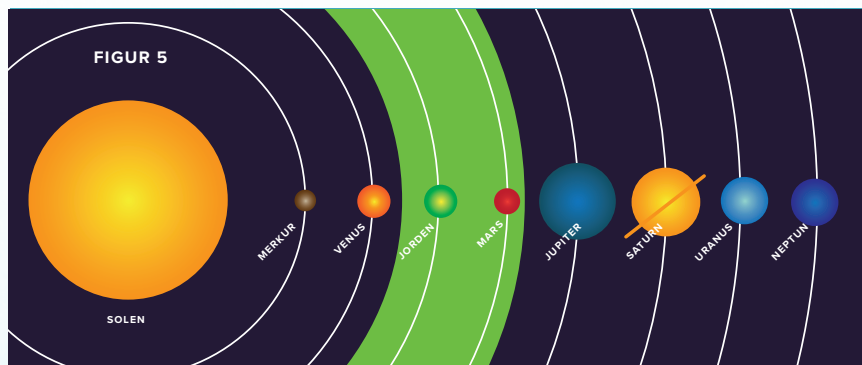


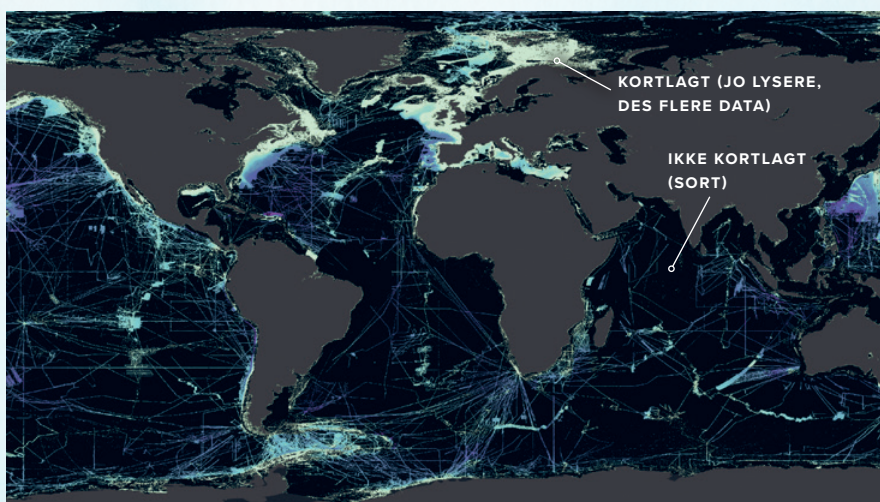
Illustration: Lykke Sandal, Geoviden

HAVE ER SJÆLDNE

Jorden er den eneste kendte planet med flydende vand. Det skyldes formentlig, at vi ligger i den såkaldte Guldlok-zone, hvor der lige præcis er varmt nok til, at vandet er flydende, men koldt nok til, at det ikke fordamper. Der har været flydende vand på Mars, men det menes at være fordampet, til dels pga. Mars' tynde atmosfære.

STØRSTEDELEN AF HAVBUNDEN MANGLER STADIG KORTLÆGNING

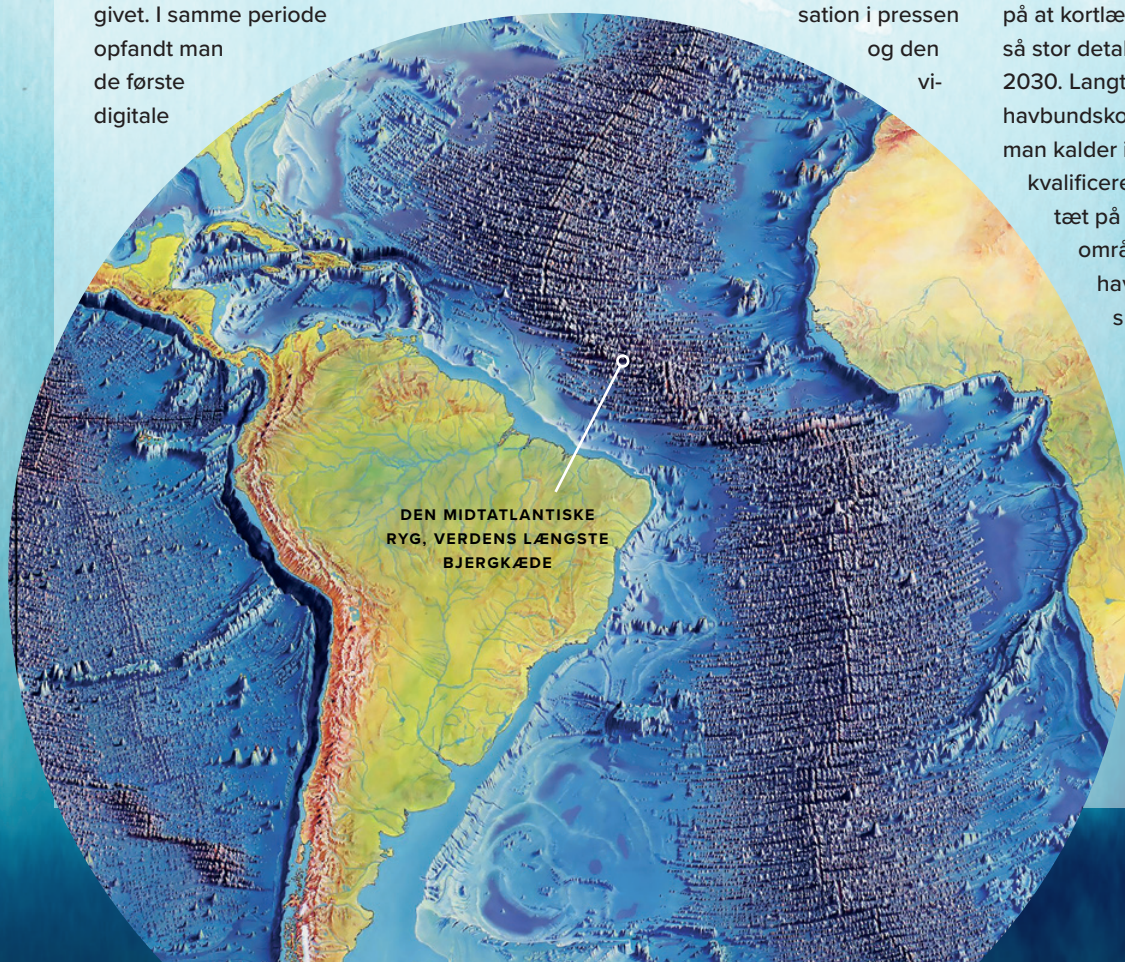
Op til 1918 foregik målinger af vanddybder med lange pinde og sten bundet på snore, som så blev firet ned, indtil man ramte bunden. Under 1. verdenskrig opfandt to fysikere ansat i den engelske flåde så sonaren som et anti-ubåds våben. Det gav mulighed for at 'se i mørket' via lydbølger, som sendes ud, og hvis ekko giver en aftegning af havbunden. I 1952 begyndte den amerikanske oceanograf og geolog Marie Tharp at sætte sonar-data sammen fra Atlanten, så man kunne få et samlet havbundskort. Her opdagede Marie Tharp eksistensen af den Midtatlantiske Ryg, der løber ned langs midten af oceanet. Det blev det første af de afgørende 'beviser' for den dengang meget kontroversielle kontinentaldriftsteori om kontinenternes bevægelse, som vi i dag tager for givet. I samme periode opfandt man de første digitale



computere, som kunne håndtere langt større mængder data både hurtigere og bedre. Nu tog kortlægningen rigtig fart, og baseret på prøver og data fra hele kloden udgav Tharpe og kollegaen Heezen i 1977 under stor sensation i pressen og den vi-

denskabelige verden det første kort over den globale havbund (se udsnit herunder) malet af landskabsmaleren Heinrich Berann. Et af de nyeste skud på stammen er projektet 'Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030', som arbejder på at kortlægge hele havbunden i lige så stor detalje som landjorden inden 2030. Langt størstedelen af arealet på havbundskortene er nemlig lige nu det, man kalder interpoleret, hvilket vil sige kvalificerede gæt baseret på målinger tæt på de ikke-målte

områder. I 2020 var 19 procent af havbunden kortlagt med faktiske data, hvilket vil sige, at det så er 81 procent, der er interpoleret (se kortet herover). Da GEBCO-projektet gik i gang i 2017, var kun seks procent kortlagt, så det går fremad. EU har et lignende projekt med fokus på europæiske have, kaldet European Marine Observation and Data Network (EMODnet).



LEDER AF DANSK CENTER FOR HAVFORSKNING:

“DET, DER SKER I HAVET, BLIVER IKKE I HAVET”

Årtiet 2020'erne er af FN erklæret som Ocean Decade med fokus på havets tilstand og bæredygtig udnyttelse og beskyttelse af dets skabninger. Men hvor galt står det egentlig til, og hvordan kan man gøre noget ved det ved at give et årti et temanavn? Professor i kemisk oceanografi ved DTU Colin Stedmon forsøger at give svar.

Howdan har havet det egentlig?

”Altså, det har det ikke decideret godt, men det er også et svært spørgsmål, fordi svaret afhænger af, hvem du spørger. Forskere, der beskæftiger sig med det kystnære hav, vil kunne sige, at det faktisk går bedre, end det før har gjort. I 1980'erne var havet tæt på land stærkt forurenet med næringsstoffer fra landbrug og spildevand, og det er blevet væsentligt bedre siden da her i Danmark. Selvom det ganske vist er blevet lidt værre igen, men dog langt fra 80'er-niveauerne.

Jeg arbejder mest med det åbne hav, som er de store åbne oceaner, hvor man typisk ikke kan se land. Her vil jeg ikke nødvendigvis sige, at det går dårligt, men det er i hvert fald 'under udvikling'. Forstået på den måde, at vi er i gang med at ændre forholdene på det åbne hav, selvom så få af os rent faktisk har befundet os derude. Men den globale opvarmning hæver temperaturen, øget CO₂-niveau sænker pH-værdien, og selve havniveauet stiger; både på grund af, at det varmere vand udvider sig, og fordi så meget vand smelter fra iskapperne ved polerne. Dette smeltevand er ferskvand, som er med til at påvirke havstrømmene, der især drives af forskelle på vandets saltindhold og temperatur (læs mere side 12–15). Det er forhold, der naturligt kan svinge lidt, men naturligt kun på en meget, meget lang tidsskala, tusinder til millioner af år. Nu, med menneskers 'hjælp', er det sket på ca. 150 år. Den seneste IPCC-rapport fra 2021 siger det også meget fint, nemlig at det er helt tydeligt, at vi mennesker er i gang med

at ændre rigtig mange af de faktorer, der i sidste ende styrer processerne ude i havet. Både de fysiske og kemiske forhold som nævnt herover, men det påvirker så igen de biologiske forhold. Økosystemerne er følsomme og afhængige af de fysiske-kemiske forhold, som vi for eksempel ser ved, at koralerne bliver blegede af det varmere vand, og fiskearter, der før kun levede sydpå, nu kan migrere op og leve langt mod nord. Derfor siger jeg, at havet er 'under udvikling', for en del af det er ændringer, som primært er et problem for os mennesker, ikke så meget for havet selv. Havet er sådan set ligeglad.”

Hvorfor er det vigtigt at vide noget om havets tilstand? Hvis man nu f.eks. bor i et land langt fra havet?

”Kort sagt er det, fordi det, der sker i havet, ikke bliver i havet. Vi er afhængige af havet på mange måder, og hvis det ændrer sig, ændrer det også vores samfund. For eksempel er havet afgørende for:

- Vejr og klima, navnlig i områder tæt ved kysterne.
- Biologiske ressourcer i form af fisk, skaldyr, tang osv.

“Havet
er under
udvikling”

- Råstoffer som grus, sand, sten og metaller til byggeri af bygninger, veje, havne og teknologi.
- Energi i form af eksempelvis havvindmøller og energioer.
- En masse sommerhusområder, herunder rekreativ værdi for os selv og turister.
- Byer, der er bygget ud til havet, hvilket f.eks. er de fleste storbyer i verden.
- Handel via skibe (sejlruter osv.)

Når vi bedre forstår, hvordan dynamikkerne i havet virker, kan vi bedre forstå og forudsige og forhåbentlig forebygge negative påvirkninger på de punkter, jeg lige nævnte.”

FN har erklæret 2020'erne som havets årti, hvor vi skal have fokus på at fremme bæredygtig udnyttelse, viden om og beskyttelse af havet. Der følger dog ikke penge til forskning med, så hvad kan vi konkret bruge den erklæring til?

”FN's Ocean Decade kan godt vise sig at være vigtig, fordi det giver alle et fælles mål at rette kræfterne mod. Vi har fået en stor målskive at sigte efter, nemlig syv relativt konkrete mål (se næste side), som alle FN's medlemslande har været med til at vælge, i stedet for, at alle bare står og skyder lidt tilfældigt i alle retninger. Så hvis man kigger tilbage på 2020'erne i 2030 og spørger, hvad vi egentlig fik ud af det, tror jeg, svaret er, at det gav en oplevelse af en fælles retning i forskning, politik og samfund. Alle er jo glade for verdensmålene, som giver en oplevelse af, at vi er enige om, at de her 17 ting arbejder vi hen imod. På en måde er Ocean Decade

en udgave af verdensmålene, bare oversat til 'hav'. Kogt helt ned kan man sige, at meningen er, at vi skal forstå havet bedre for at kunne udnytte det mere bæredygtigt og forebygge mulige farer fra de forandringer, der er på vej. Samtidig tror jeg, at det er et godt tidspunkt nu, for der er en vis klimaparathed i samfundet sammenlignet med for bare få år siden. Så måske kan det få mere effekt nu, hvor de fleste gerne vil hjælpe med at opnå en mere bæredygtig verden.” •



MØD EKSPERTEN

COLIN STEDMON

Centerleder for Dansk Center for Havforskning, som har stået i spidsen for FN's Ocean Decades Arktiske Handlingsplan. Han er desuden professor i kemisk oceanografi ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU).

UDDANNELSE/KARRIERE

•Bach.scient. i oceanografi fra Center for Oceanografi ved Southampton Universitet, Storbritannien

•Ph.d. fra Københavns Universitet

•Forsker ved Danmarks Miljøundersøgelser

•Seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser

•Lektor ved DTU Aqua

•Professor ved DTU Aqua

ARBEJDER MED

Havets kemi og kortlægning af havstrømme via fysiske og kemiske målinger, herunder udvikling af nye målemetoder.

HVORFOR VALGTE DU NETOP DEN KARRIEREVEJ?

”Jeg kan godt lide at finde og forstå mønstre. Dem er der rigtig mange af i havforskning, og det blev her, jeg endte. Desuden kan jeg også godt lide havet og kan godt lide at sejle.”



**2021
2030** United Nations Decade
of Ocean Science
for Sustainable Development

**OCEAN DECADE VIL I DETTE ÅRTI
SÆTTE FOKUS PÅ AT OPNÅ:**

1. Et rent hav, hvor forureningskilder er identificeret, reduceret eller fjernet.
2. Et sundt og modstandsdygtigt hav, hvor man forstår marine økosystemer, tager vare på dem og forvalter dem.
3. Et produktivt ocean, der understøtter en bæredygtig fødevareforsyning og en bæredygtig blå økonomi.
4. Et forudsigeligt ocean, som samfundet forstår, og som samfundet kan reagere på under ændrede vilkår.
5. Et sikkert ocean, hvor liv og livsgrundlag beskyttes mod katastrofer fra havet.
6. Et tilgængeligt ocean, med åben og lige adgang til data, information, teknologi og innovation.
7. Et inspirerende og engagerende ocean, hvor samfundene forstår og værdsætter de værdier, havet har for menneskets velbefindende og bæredygtige udvikling. Samt den kulturelle integritet, som de oprindelige folk, som er afhængige af oceaner og have, har.

“Ocean Decade
må ikke glemme hav-
bunden og dens
geodiversitet, der danner
basis for dyrelivet både
på havbunden og i
vandsøjlen”

MARINGEOLOG: “VI MÅ IKKE GLEMME THE BROWN OCEAN”

Paul Knutz er professor i maringeologi ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og har været med til at organisere det arktiske ben af Ocean Decade. Her fortæller han, hvorfor man ikke må glemme havbunden i hav-snakken.

“Der er stigende interesse for at skaffe mineralske råstoffer fra havbunden. Blandt andet fordi den grønne omstilling kræver enormt store mængder af eksempelvis kobolt, silicium og sjældne jordartsmetaller. For eksempel er der flere, der kigger på mulighederne i



MØD EKSPERTEN

PAUL KNUZ

Professor i maringeologi ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). Har deltaget i udviklingsarbejdet af FN's Ocean Decades Arktiske Handlingsplan.

UDDANNELSE/KARRIERE

- Cand.scient. i geologi-geoscience ved Aarhus Universitet
- Ph.d. i geologi ved Cardiff University, Storbritannien
- Postdoc ved Cardiff University og University College London
- Adjunkt ved Københavns Universitet
- Seniorforsker ved GEUS
- Forskningsprofessor i maringeologi ved GEUS

ARBEJDER MED

Maringeologi, palæoceanografi, klima og geohazards (geofarer, red.)

HVORFOR VALGTE DU NETOP DEN KARRIEREVEJ?

"Jeg har altid været tiltrukket af naturen. Jeg blev inspireret til at studere geologi under en rejse fra Danmark til Østafrika (vi kørte hele vejen i en Landrover)."

Arktis, som er det område, jeg arbejder med. Hvis der skal laves minedrift i havet, eller rettere på havbunden, er det især vigtigt, at man starter med at forstå havbundsmiljøet som et system. Det vil sige forstå de fysiske, kemiske og biologiske processer, der gør sig gældende. Ellers kan man ikke vide, hvordan en mulig udvinding af råstoffer vil påvirke økosystemet, som har betydning for biodiversiteten, og ikke mindst fiskeri-erhvervet. Det skal selvfølgelig også undersøges, hvorvidt en udvinding af mineralske ressourcer overhovedet er rentabel. Derfor er grundlæggende kortlægning af de arktiske habitater, altså levesteder, uhyre vigtig (**læs om et eksempel på habitatkortlægning på side 30-35**).

Det kræver simpelthen, at vi kortlægger havbunden med de nyeste teknologiske redskaber og analysemetoder, før man på nogen måde kan forsøge at stable en bæredygtig udvinding på benene. Det samme gør sig gældende med tidens omtalte energiover og havvindmølleparker, der skal drive den grønne omstilling i Danmark. For at optimere arealanvendelsen i havet omkring Danmark, også kendt som det Blå Danmark, og tilgodese alle interesser er det særdeles vigtigt, at vi kender til havbundens egenskaber. I udarbejdelsen af rammerne for FN Ocean Decade har jeg derfor været med til at bidrage til den maringeologiske vinkel. Nogle kalder dette for 'the brown ocean', hvilket kan lyde misvisende, da marine

sedimenter også kan være oliven-grønne, beige eller endda røde. Ocean Decade må ikke glemme havbunden og dens geodiversitet, der danner basis for dyrelivet både på havbunden og i vandsøjlen, altså den mere kendte biodiversitet. Går vi under havbunden og ser på hele sekvensen af geologiske lag, kan vi desuden opnå indsigt i Jordens klimahistorie. Det kan være ændringer i temperaturer, CO₂-indhold, biologisk omsætning, havstrømme og smeltevand fra iskapper, som tilsammen danner et billede af oceanerne set i et geologisk tidsperspektiv. Det kaldes palæoceanografi og beskæftiger sig med at kigge ned under havbunden ved hjælp af kerneboringer og geofysiske målinger.

Ocean Decade opfordrer os til at se fremad, men for at kunne gøre det på en oplyst måde må vi faktisk også kigge tilbage. Oceanerne dækker 71 % af Jordens overflade og har en grundlæggende betydning for vores klima, men på grund af deres kæmpestore masse reagerer oceanerne langsomt på klimaopvarmning. Hvis vi kan se, hvordan havmiljøet har ændret sig i forhistorisk tid og på lange tidsskalaer, altså igennem hundredetusindevis af år, kan vi måske bedre forstå verdenshavens dynamik. Derudfra kan vi også udlede mulige fremtidsscenarier i et varmere globalt klima og agere derefter." •

REGIONAL OCEAN DECADE

Ocean Decade-indsatsen er delt op i regioner, så der kan dannes samarbejder på lidt mere afgrænsede områder. F.eks. en arktisk handlingsplan, som Danmark indgår i. Her har over 300 deltagere fra bl.a. erhvervslivet, universiteter, regeringer, NGO'er og oprindelige folk været involveret i at udforme handlingsplanen, som tager udgangspunkt i de syv fokuspunkter på modstående side, men i arktisk regi.

Læs mere på oceandecade.dk

SIBIRISK FLODVAND KAN ÆNDRE DE ARKTISKE HAVSTRØMME

”Alt vand har 'fingeraftryk', der peger på, hvor det kommer fra”, fortæller en oceanograf her i artiklen, og det udnytter han til at kortlægge havvandets rejse-dagbog på tværs af oceanerne. Særligt med fokus på Arktis og Golfstrømmen, som netop nu udsættes for ændringer fra blandt andet den smeltende permafrost.

Forestil dig, at vandet i Stillehavet er grøn te, floderne i Sibirien er Earl Grey-te, smeltevand fra havisen er kvædet, og Atlanterhavet er kamillete. Hælder du det hele sammen i én kop, er det stadig te, men nu med nogle andre egenskaber, end de enkelte kopper te havde hver især. De molekyler, der gjorde hver te særlig, findes dog stadig i samme forhold, som da de var i hver sin kop. Tankeeksperimentets ophavsmand er professor i kemisk oceanografi ved DTU Aqua Colin Stedmon, og det beskriver mere eller mindre, hvad han laver til hverdag. Han arbejder nemlig med at kortlægge og forstå dynamikkerne, blandingsforholdene og oprindelsen af det vand, der udgør Det Arktiske Ocean. Det er nemlig en vigtig brik i at forstå det kæmpestore transportbånd af vand i oceanerne, der fordeler varmt og koldt vand og dets medfølgende klima mellem verdensdelene. Og det haster med at forstå det, for hele systemet er under udvikling, som han siger.

”Der er jo en teori om, at flere af de foregående istider skyldtes, at der på kort tid kom store mængder ferskvand ind i havet, som så ændrede havstrømmene og dermed klima-systemet. Prøver fra havbunden rundt omkring i verden viser efterhånden ret tydeligt, at det nok er sådan, det hænger sammen,” siger han og forklarer, at der lige nu kommer meget store mængder ferskvand ud i havet i Nordatlanten og Arktis. Både fra Grønlands Indlandsis og havis og stigende mængder fra den smeltende permafrost rundt om i hele den Arktiske Tundra.

”Ferskvandstilførslen vil sandsynligvis have en effekt på havstrømmene, men præcis hvordan og hvornår det vil påvirke, ved vi ikke. Vi ved bare, at systemet er i gang med at blive ændret, og vi vil gerne finde ud af hvordan.”

ARKTIS OG GOLFSTRØMMEN

Havstrømmene i verdenshavene drives primært af forskelle i vandets massefylde skabt af forskelligt saltindhold og temperatur. Saltvand er tungere end mindre salt vand, og derfor vil meget salt vand synke nedad, og mindre salt vand flyde opad. Sammen med forskelle i temperatur sætter det vandmasserne i bevægelse. Derfor kan en øget tilførsel af ferskvand ændre havstrømmene eller endda standse dem. Siden havstrømmene også transporterer varme med sig fra varme egne til

koldere områder, vil en standsning af en havstrøm betyde, at varmetransporten også stopper, så de kolde områder bliver endnu koldere. For eksempel vil det gælde for Nordeuropa, hvis Golfstrømmen stopper. Den henter nemlig varme med fra Caribien, strømmer forbi Europa op i Arktis, køles af, synker nedad, strømmer tilbage sydpå og så videre (se fig. 7). Man kan se denne formildende effekt af Golfstrømmen ved at sammenligne temperaturer for samme breddegrad i Europa og Nordamerika. I Danmark er vores middeltemperatur for eksempel 6 til 12 grader, mens den i Winnipeg i Canada er minus 16 til plus 20 grader. Golfstrømmen giver os nord-europæere en mild og mere stabil temperatur, og uden den vil især vinteren være meget koldere. Denne proces afhænger i stor udstrækning af, at der oppe i Arktis tilføres ferskvand til det salte havvand fra Atlanten, fortæller Colin Stedmon. Sådan har det fungeret i mange tusind år (se fig. 6).

”Den tiltagende optøning af Arktis (herunder permafrosten, red.) er en relativt ny ting, som bidrager yderligere til fortynning af havvandet i både Arktis og Nordatlanten, og hvad det præcis vil betyde for systemet af havstrømme, ved man ikke. Udover at det først vil ændre forholdene i Arktis og derfra formentlig kunne forplante sig videre til Golfstrømmen,” siger han.

VAND HAR 'FINGERAFTRYK'

Ud over bare at forstå ændringen bedre nu og her vil Colin Stedmon og kollegerne gerne indsamle så meget viden, at de kan lave forudsigelser for, hvordan ændringerne påvirker andre systemer. Også mange år ud i fremtiden.

”Hvis vi forstår de fysiske og kemiske aspekter af den her stigende fortynding, kan man bedre opstille en model for, hvad det betyder for resten af havet, herunder det biologiske system – som vi selv er en del af,” siger Colin Stedmon.

Derfor er forskerne blandt andet i gang med at undersøge, hvordan vandet fra forskellige ferskvandskilder fordeler sig rundt i det kolde ocean. For vand er ikke bare vand, og da slet ikke i havstrømsanalyser, fortæller Colin Stedmon. For når permafrosten tør, og vandet løber ud i en flod og ud i Det Arktiske Ocean, kommer der en hel masse opløst organisk materiale med, forkortet DOM for dissolved organic matter. >

FIGUR 6 – DE ARKTISKE STRØMME

I Arktis er der flere kilder til ferskvand (se kort), der fortynder det meget salte atlantehavsvand (røde pile) og ændrer dets densitet på dets rejse rundt i Arktis. Det kommer fra floder (lyseblå), smeltende is og faktisk også havvand fra Stillehavet (orange), der er mindre salt end havvandet fra Atlanten. Oppe under havisen ved polen cirkulerer vandet (sort), blandes delvist og løber sydpå igen (blå). Enten vest eller øst om Grønland og sydpå, hvor det varmes op igen og tager en tur til: tilbage over Atlanten og mod nord. Det tager typisk vandet 1.500 år at tage én rundtur i Golfstrømmen.

VANDDYNAMIKKER I ARKTIS

●	Havvand, Atlanten, meget salt	Sæsonmæssig smelt og frys af havis foregår over størstedelen af Arktis.
●	Havvand, Stillehavet, mindre salt	
●	Ferskvand fra floder	
●	Outflow til Atlanten, opblandet	
●	Havstrømmene i Det Arktiske Ocean	

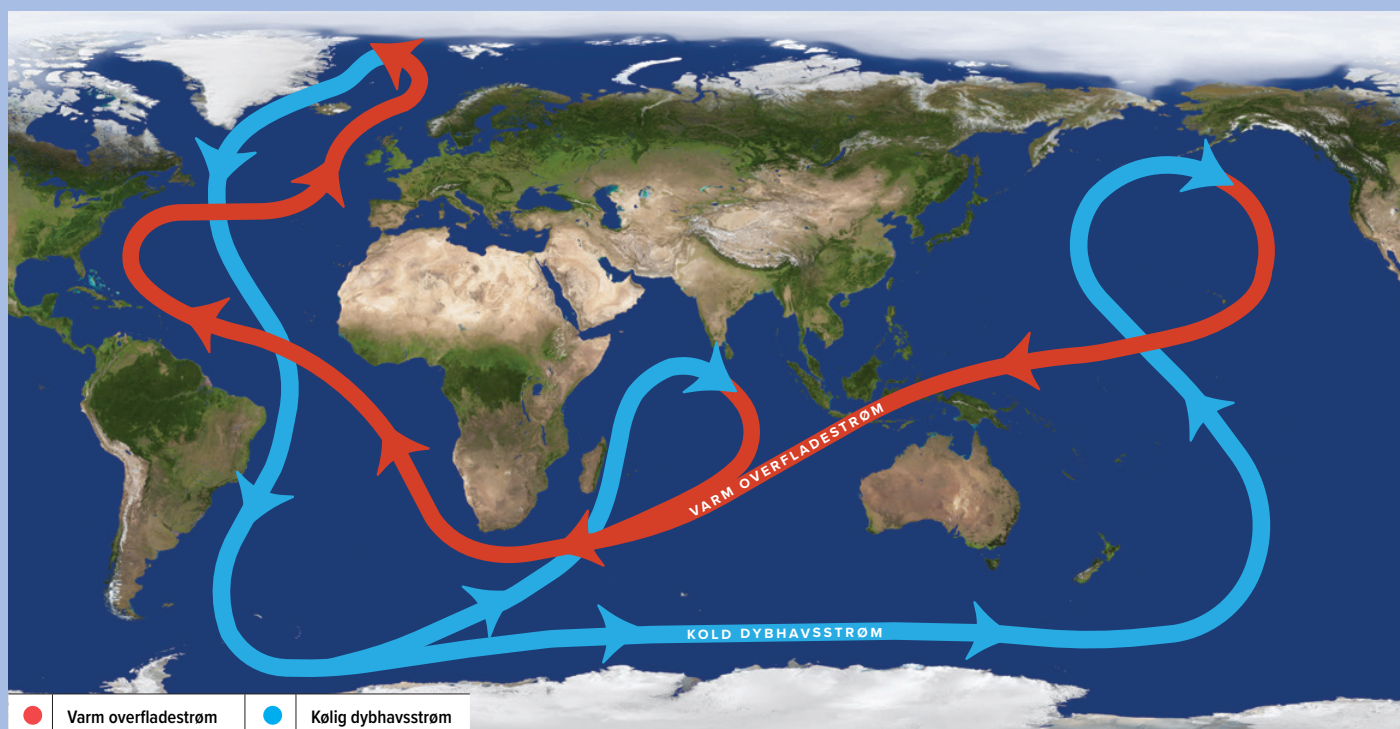
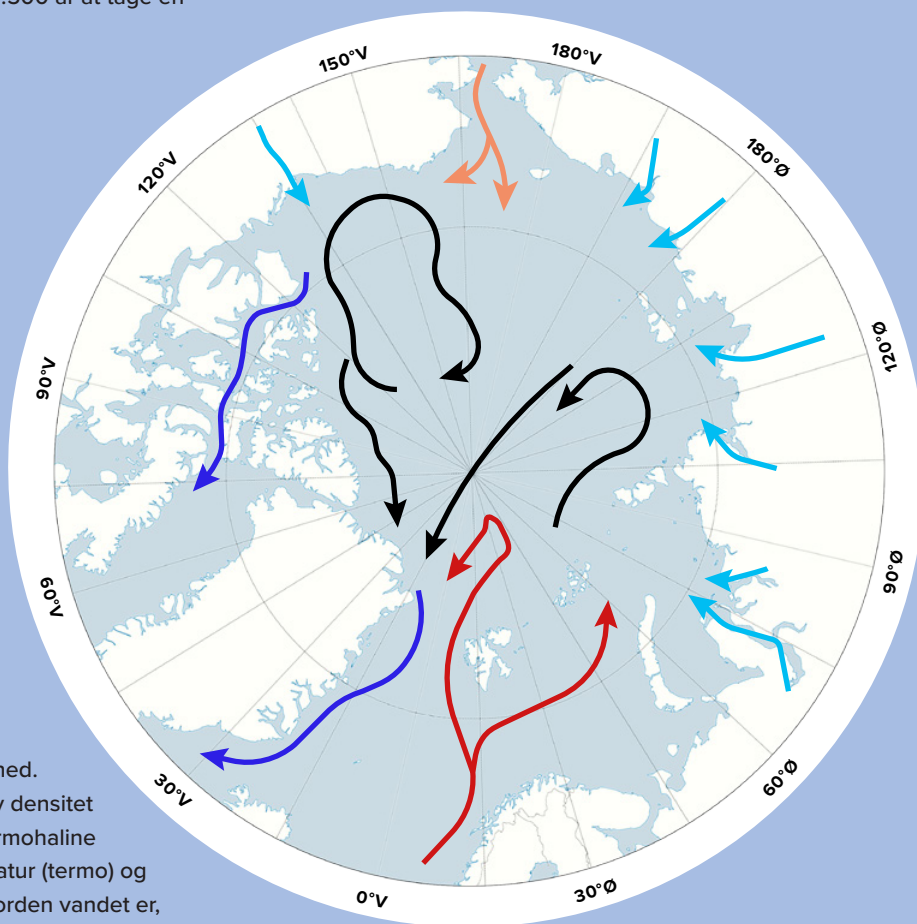
“Den tiltagende optøning af Arktis er en relativt ny ting, der bidrager med fortynding”

COLIN STEDMON

PROFESSOR, KEMISK OCEANOGRAPHI, DTU

FIGUR 7 FIGUR 6**FIGUR 7 – DE GLOBALE HAVSTRØMME**

Havstrømmene styres især af, at vand, der er meget koldt og/eller meget salt, har høj densitet og synker ned. Vand, der er mindre koldt og/eller mindre salt, har lav densitet og stiger op. Derfor kaldes havstrømme også den termohaline cirkulation, fordi drivkraften bag dem især er temperatur (termo) og saltindhold (halin). Temperaturen styres af, hvor på Jorden vandet er, og saltindholdet især af inputtet af ferskvand fra floder.



●	Varm overfladestrøm	●	Kølig dybavsstrøm
---	---------------------	---	-------------------

Illustration: (øverst) Lykke Sandal, Geovidien, redigeret efter Stedmon et al. 2021: 'Insights into water mass origins in the central Arctic Ocean...', Journal of Geophysical Research: Oceans, 126, e2021JC017407

“Hvad er der sket med vandet, for at det endte der, hvor jeg fandt det?”

COLIN STEDMON

PROFESSOR, KEMISK OCEANOGRAPHI, DTU

Altså bittesmå rester af for længst døde planter, dyr og mikrober. En god del af det vil være helt opløst i smeltevandet, ligesom organisk materiale opløses fra teblade og bliver til te.

”Alt vand har et ’fingeraftryk’, der peger på, hvor det kommer fra. Når det løber fra floderne ud i havet, opløses det med en masse andet vand fra andre områder, men vi kan faktisk stadig måle rester af det kemiske fingeraftryk, vandet fik med i starten af sin rejse. Sommetider kan vi bestemme det helt ned til den enkelte flod baseret på de opløste rester af planter og andre organismer, vi finder.”

På samme måde optræder der også forskellige blandinger af organisk materiale i vand fra havet, hvor der lever en anden type organismer end på land.

KILDER TIL ORGANISK MATERIALE

Colin Stedmon og kollegerne kan på den måde hive en liter vand op fra flere hundrede meters dybde midt ude på havet i det koldeste nord og stadig se, hvor stor en del af vandet der kommer fra de sibiriske floder mange hundrede kilometer væk. På samme måde kan de faktisk genkende vand fra hver af de fire hovedkilder, der fører vand ind i Det Arktiske Ocean (se fig. 6 s. 13):

- **ATLANTERHAVET:**
Lav DOM-koncentration (konc.) fra plankton
- **STILLEHAVET:**
Middel DOM-konc. fra plankton
- **FLODER:**
Høj DOM-konc. fra landplanter/permafrost
- **SMELTEVAND FRA HAVISEN:**
Meget lav DOM-konc. fra mikroorganismer og luften

Hver slags vand kan simpelthen kendes på sit fingeraftryk af organisk materiale, som stadig kan spores, selvom alt vandet er blevet blandet sammen. Ligesom med teen.

GOLFSTRØMMENS INDRE

Ændringen i vandets indhold af opløst organisk materiale på sin tur rundt i oceanet kan tydeligt måles. Colin Stedmon viser på sin computer en farverig graf, som forestiller et tværsnit af havet i det såkaldte Fram Stræde mellem Svalbard og Nordøstgrønland – den nordligste del af Golfstrømmen. Der er kolde blå farver i øverste vestlige hjørne og varme røde farver i nederste østlige hjørne (se fig. 8).

”Her kan du se det varme, men alligevel tunge saltvand i Golfstrømmen, der er på vej mod nord i den østlige side af strædet. Her er indholdet af organisk materiale meget lavt. Det løber forbi det afkølede, mindre salte vand, der er på vej den anden vej i den vestlige side af strædet, hvor indholdet er markant højere,” forklarer han.

Præcis hvor dette indhold af organisk materiale stammer fra oprindeligt, er det, han og kollegerne prøver at forstå for at kunne lave førnævnte ’model for det hele’. Eller, som Colin Stedmon indimellem selv ser det, optrævlingen af en kriminalgåde!

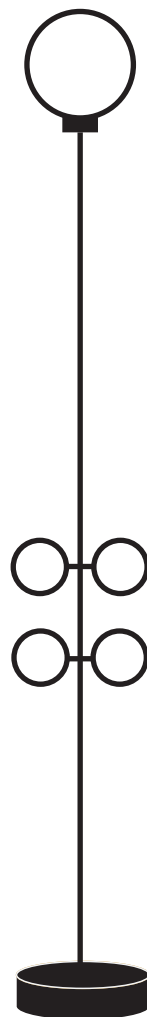
”Det hele er lidt som i de der CSI-serier. Vi har en masse vandprøver og informationer om fysiske og kemiske forhold og egenskaber, og så er det min opgave at finde ud af, hvad der er i de prøver, og hvad der er sket med dem, inden jeg fik dem. Er vandet fra floder i Sibirien? Fra havisen? Eller fra Stillehavet? Måske alle tre? Hvad er der sket med vandet, for at det endte der, hvor jeg fandt det?”

TVÆRSNIT AF ARKTIS

For at kunne løse kriminalgåden har Colin Stedmon og holdet derfor indsamlet opblandings-, temperatur- og DOM-data for intet mindre end hele Det Arktiske Ocean. I ti nøje udvalgte (og kæmpestore) områder indsamlede små undervandssensorer data til forskerne fra 2011 til 2021. Dertil kom to større felttogter med store forskningskibe. Her kunne de se, at indhold og sammensætning af opløst organisk materiale varierede ganske meget i takt med, at vandet bevægede sig rundt og blev blandet sammen med input fra de forskellige ’ferskvandskilder’. Med de mange automatiske undervandssensorer kunne forskerne også måle indholdets variation i dybden, så de også kunne følge blandingen ned til 800 meters dybde. Vandet bevæger sig nemlig også op og ned på sin rejse, og det blev ekstra tydeligt med målingerne af organisk materiale.

”Vores studie viser tydeligt, at måling af indhold og fordeling af forskellige slags opløst organisk materiale giver en langt større indsigt i vandets rejse og opblanding end kun salt og temperatur, som man typisk bruger til at undersøge havstrømme med. Flere steder kan man ikke se forskel på

En simplificeret udgave af de lange undervandsbøjer, der har indsamlet data mellem Svalbard og Østgrønland, bl.a. til tværsnitte på fig. 8. De er fastgjort til bunden og har måleinstrumenter hængende i vandet over.



vandet ud fra saltindhold og temperatur, men DOM-indholdet viser stadig forskellig oprindelse,” siger Colin Stedmon.

ÆNDRERE ØKOSYSTEMER

Det var dermed første svømmetag af mange mod den samlede model over ferskvandets fordeling i Arktis via havstrømmene, samt dets mulige påvirkning på de havstrømme i fremtiden. For ud over at en masse ferskvand potentielt kan få havstrømme som Golfstrømmen til at ændre sig eller standse, kan der også være andre effekter, som man ikke bare sådan lige kan forudse. For eksempel i selve økosystemet i havet, som i høj grad er baseret på det organiske materiale, der findes i vandet.

”En del af det organiske materiale spises af bakterier og plankton, som selv spises af større dyr. Måske der er nogle arter, der er bedre end andre til at udnytte denne nye tilførsel af organisk materiale fra permafrosten? De bliver måske pludselig langt mere udbredte end før, måske på bekostning af andre arter? Det ved vi ikke endnu,” siger Colin Stedmon.

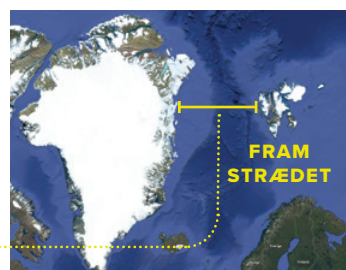
UDEN GOLFSTRØM, INGEN HAVIS?

Et andet eksempel på afledte effekter er selve dannelsen af havisen, som er afhængig af tilførslen af koldt ferskvand, som er med til at lægge et koldt låg på den relativt varme

Atlantehavsstrøm. Uden de kolde floder var havisens udbredelse måske langt mindre, simpelthen fordi overfladevandet ville være for varmt til at fryse. Men omvendt kan man ifølge Colin Stedmon ikke bare konkludere, at der må komme mere havis, når der kommer mere ferskvand.

”Det afhænger af mange andre faktorer, men jo mere data vi får indsamlet på vandmassernes bevægelser, des bedre vil vi kunne svare på det,” siger han og fortæller, at han og holdet netop nu er i gang med at udvikle nye, automatiske undervandssensorer, der kan ’sejle’ ind under havisen og indsamle data derfra året rundt.

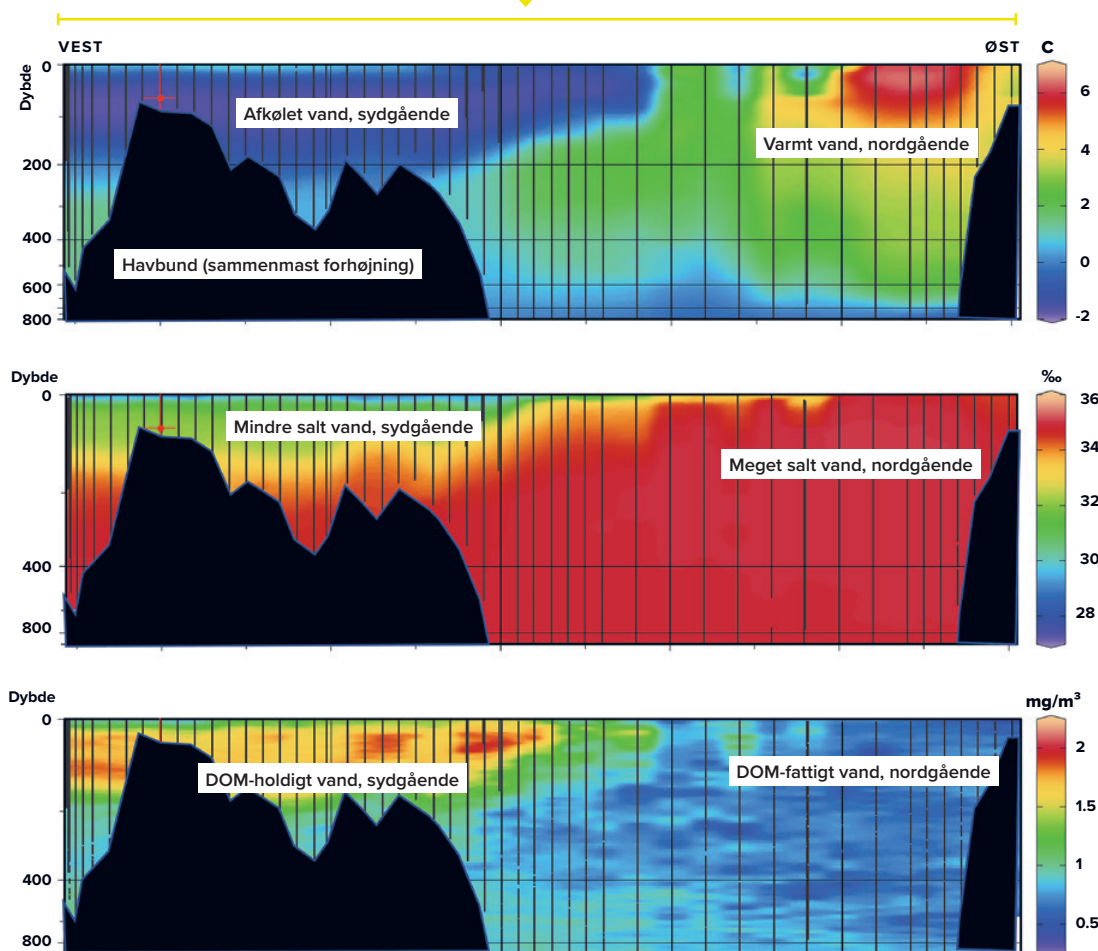
”De vil kunne give os data fra de steder, vi på grund af havisen ikke har kunnet måle før. Det bliver et vigtigt fremskridt.” •



Tværsnit

Golfstrømmens vej gennem Fram Strædet mellem Grønland og Svalbard, hvor en række af undervandsbøjer måler året rundt. Ca. halvdelen af vandet, der forlader Arktis, løber igennem denne passage.

FIGUR 8



Temperatur

Temperaturforskellen i den vestlige og østlige del af Fram Strædet viser tydeligt det varme vand (østlig side) fra Golfstrømmen løbe forbi det kolde vand fra Arktis, der flyder sydpå i vest.

Saltindhold

Meget salt atlantisk vand ses løbe nordpå i østsiden af strædet. Efter opblanding i Arktis med diverse ferskvandskilder er det sydgående vand mindre salt (vestsiden, øverst).

Organisk materiale

Opløst organisk materiale (DOM) ses i højere koncentrationer i vandet, der har fået tilført ferskvand i Arktis (vestlig side), f.eks. fra permafrosten. Atlanterhavsvandet har kun lavt DOM-indhold (østsiden).

FELTDAGBOG FRA

JAGTEN PÅ HAVBUNDEN FRA SENESTE MELLEMITID

Maringeolog Lasse Tésik Prins var på felttogt i sommeren 2021 for at tage havbundsprøver, der skulle være så gamle som muligt for at undersøge økosystemets og havets udvikling omkring Island. Læs nedslagspunkter i feltdagbogen fra togtet, hvor ikke alt gik helt efter planen.

TEKST: Lasse Tésik Prins · FOTOS: GRØN – Fonden For Bæredygtig Udvikling,
Lasse Tésik Prins og Paul Knutz · REDIGERING: Johanne Uhrenholt Kusnitzoff



NORDATLANTEN



Research Centre on Ocean, Climate and Society (ROCS) er et dansk-islandsk initiativ, der skal undersøge Nordatlanten og dens økosystemers samspil med resten af miljøet, herunder os mennesker og vores kultur nu og i fortiden. Første felttog fandt sted i juni 2021.

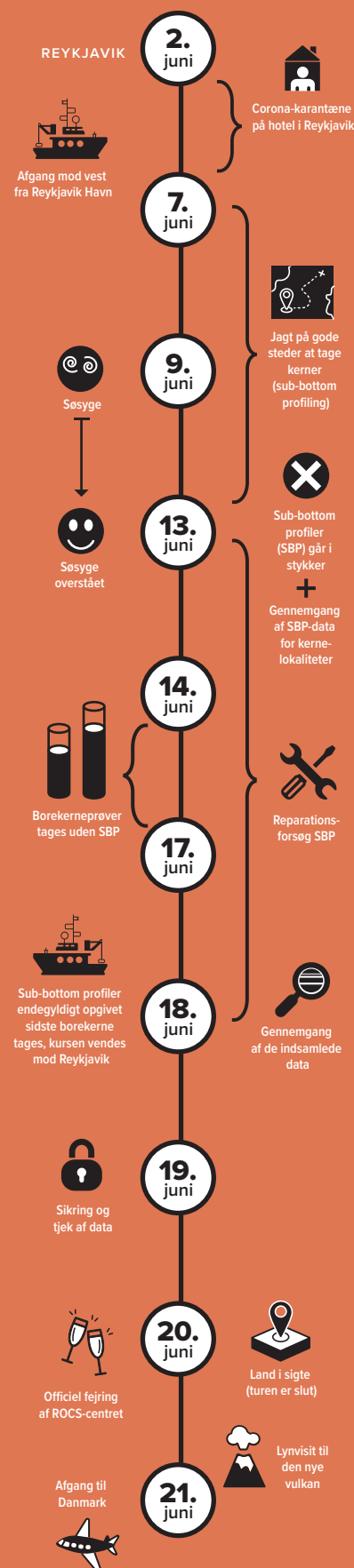


LØRDAG 12. JUNI 2021
Jeg stod op om formiddagen, endelig ovre den værste søsyge, som jeg var plaget af fra 9. til 11. juni. Jeg fandt senere ud af, at det plaster, jeg havde brugt mod søsyge, var en væsentlig bidragsyder til min utilpashed. Ak, ja. Det er mit første længere togt til søs, og jeg har set meget frem til turen. Jeg har hovedsageligt lavet mere kommercielle geofysiske undersøgelser, som forundersøgelser til den måske kommende Kattegatbro og vindmølleprojekter i indre danske farvande. Derfor bliver det specielt at komme med på mit første 'rigtige' forskningstogt. Det første af mange forhåbentlig.

Vi startede dog hele turen med fem dages karantæne på et hotel i Reykjavik på grund af corona-restriktioner. Her var vi alle isoleret på hver vores værelse. Det var et udmærket hotel, men det blev noget trivielt i længden. Der blev leveret mad i papboks tre gange dagligt, og ellers var al menneskelig kontakt virtuel. Vi fik lov til at gå to ture á en times varighed i løbet af karantænen. Resten af tiden gik med at arbejde, glo på store skibe i bugten, se film, sove og være på Facetime med familien, når internetforbindelsen tillod det. Da vi endelig blev 'løsladt' fra isolation, tog vi

direkte ud til det islandske forsknings-skib Árni Fridriksson, som bliver brugt til at kortlægge havbunden omkring Island samt til at forske i fiskeri og oceanografi. En stor trawler med rigtig god plads ombord. Vi nåede at spise rigtig mad på en restaurant i nærheden af skibet inden afgang. Det var virkelig en fornøjelse efter fem dage med lunken, middelmådig kantinemad (se foto af glad mand herunder).

Formålet med ROCS-togtet er at indsamle sedimentkerner fra shelfkanten og dybhavet omkring Island. Shelfkanten er den del af en kontinentalplade, der ligger under vand ned til cirka 200 meters dybde og derfra går over i det,





LASSE TÉSIK PRINS

MARINGEOLOG, GEUS

“De islandske fiskere siger alle sammen, at der ikke er dårligt vejr i juni”

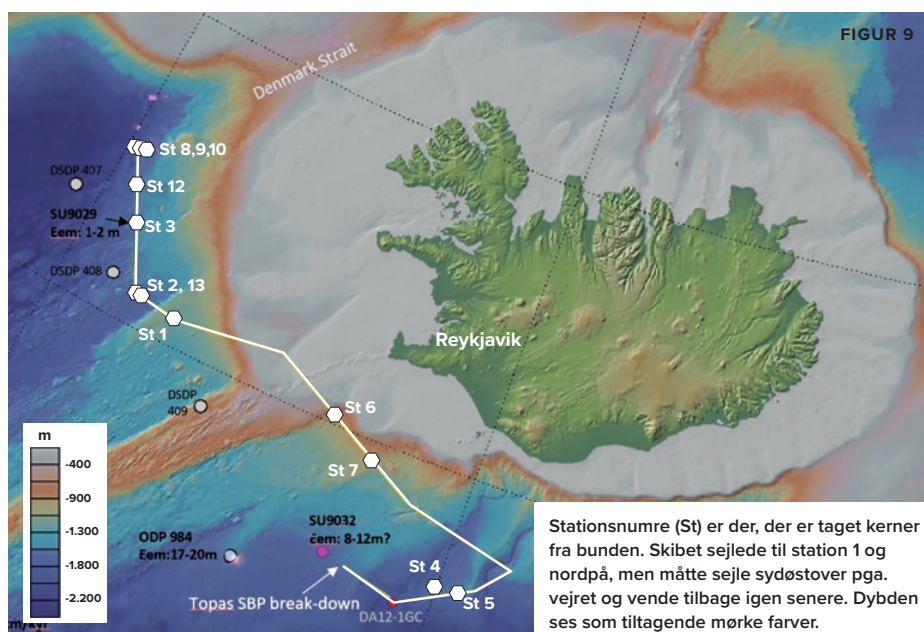
vi kalder dybhavet. Kernerne skal så dateres, og der skal tages prøver til at lede efter såkaldt eDNA (environmental DNA), som kan bruges til at beskrive miljøet tilbage i tiden. Vi er især ude efter en specifik periode kaldet Eem, som er den seneste mellemistid, der ligger mellem 130.000 og 115.000 år tilbage. Her skete nemlig en hurtig opvarmning, som måske kan minde om den situation, vi er på vej ind i med nutidens globale opvarmning. Denne del af ROCS-projektet skal prøve at finde ud af, hvordan økosystemet i havet så ud dengang og frem til nutiden. Ud fra hvilken sammensætning af eDNA vi finder, kan man potentielt modellere ændringer i datidens økosystem i ret stor detaljegråd.

Vi skal også udføre oceanografiske målinger som strømforhold, temperatur og dybde (CTD) samt turbulens. Der tages også vandprøver fra forskellig dybde for at beskrive indholdet af næringssalte og biologisk aktivitet samt førømtalte prøver til eDNA. På den måde kan miljøet beskrives i nutid og fortid, da prøverne fra vandsøjlen viser, hvad der foregår i nutiden, og eDNA fra borekernerne fortæller om forholdene i fortiden. Min opgave som geolog/geofysiker har været at hjælpe med at udpege de gode kerne-

lokaliteter, altså steder i havbunden egnede til at tage sedimentkerner. Det gøres ved brug af en sub-bottom profiler (SBP, se forklaring s. 26), som ved hjælp af lydbølger, der sendes ned i havbunden, giver et todimensionelt billede af de øverste jordlag under havbunden. Vores mål har hovedsageligt været konturit-aflejninger, som er meget store samlinger af sedimenter, der aflejres af kraftige bundstrømme i dybhavet. Her forventer vi at få de bedste kerner, som når længst tilbage i tiden. Konturitterne har nemlig ofte en mere tydelig lagdeling end andre steder i dybhavet, og de er typisk ret uforstyrrede. Bunden vil også typisk være blødere end den vulkanske basaltbund, der findes mange steder ved Island, hvilket er vigtigt for at kunne få kerner op derfra.

Mens vi gjorde klar til afgang, kom et tv-hold fra islandsk tv, som skulle lave

et indslag om togtet. Der har også været indslag i radioen tidligere på ugen, så vi har fået noget mediebevågenhed. Vi sejlede mod vest fra Reykjavik den 7. juni og sejlede hele natten, inden vi ankom til vores første kernelokalitet (**station 1, se fig. 9**). Vi havde fundet en konturit, som umiddelbart havde godt potentiale, men leret viste sig at være meget kompakt, så vores udstyr kunne ikke trænge ret langt ned i det. Vi fik således kun henholdsvis 0,5 og 1,5 meter kerne i de første to forsøg. Det begyndte nu at blæse op, og vi satte kursen mod nord, op i Danmarksstrædet. På vejen derop tog vi endnu en kerne et sted, hvor nogle franske forskere tidligere har taget en god kerne. Her havde vi bedre held og fik hevet knap 5 meter sedimentkerne op. Vi havde lidt problemer med at få sat vores system op, så de første data er ikke alle blevet lige gode, men efter lidt tid fik vi styr på det. De islandske fiskere siger alle sammen, at der ikke er dårligt vejr i juni, men jeg synes nu nok, at 4-5 meter høje bølger er højt nok til mig. Derfor måtte jeg også ned at ligge et par >



HVAD ER EN SEDIMENTKERNE?

Havbunden er bygget op af mange lag af havbund fra nutiden og tidligere tider. De yngste øverst og ældre nedefter. Ved at tage en prøve (kaldet en kerne) i et rør ned igennem lagene får man derfor et udsnit af havbunde fra en lang tidsperiode. Havbunden består af sand, ler, silt m.m., som kaldes sedimenter.

HVAD ER eDNA?

Environmental DNA, forkortet eDNA, er de DNA-fragmenter, som organismer efterlader sig i for eksempel vand og jord. Forskerne kan tage en vand- eller jordprøve og måle, hvilke slags DNA der er i, og sammenligne med et DNA-artsbibliotek. Det viser, hvilke dyr, planter m.m. der har opholdt sig i det område på det tidspunkt, prøven er fra.



gange, inden jeg fandt mine sø-ben. På vej ud over shelfen har vi flere gange set hvaler, men jeg har desværre ikke fået nogle billeder af dem. Det viste sig også, at der hver lørdag på alle island-ske skibe serveres saltfisk, en islandsk specialitet. Det er det mest salte, jeg nogensinde har spist. Heldigvis var der også almindelig kogt torsk, så jeg gik

ikke sulten fra bordet. Jeg lægger mig i sengen kl. 00.30 efter at have haft aftenvagten. Det har været en meget produktiv dag, og vi har taget CTD, turbulensmålinger, vandprøver og to 5,5 meter kerner. Det er svært at nå mere. Nu begynder et træls lavtryk at trække indover, så vi sejler mod øst for at slippe væk fra de høje bølger.

SØNDAG 13. JUNI

Vi er nu halvvejs, og jeg havde aften-vagten i går. Da jeg gik i seng, havde jeg en god mavefornemmelse. Vi havde gode data i kassen og masser af gode potentielle kernelokaliteter. Da jeg stod op til morgen, var der ingen i geofysik-laboratoriet, og sub-bottom profileren (SBP) var slukket. Det viste sig, at den >



En råkaldt Rumohr-kerne, der viser de allerøverste lag lige under havbunden inklusive vandet lige ovenfor.

TYNDE ELLER TYKKE LAG?

Havbundens lag af sedimenter fra tiltagende fjerne tider indeholder enormt meget viden, men det er forskelligt fra sted til sted, hvor langt én meter kerne når tilbage i tiden. I områder med meget strøm er de forskellige havbundslag ofte ret tynde, da strømmen ikke lader ret mange partikler bundfælde sig. Områder med svag strøm har derfor typisk tykkere lag. En kerne taget i et område med svag strøm vil derfor ikke altid gå lige så langt tilbage som en kerne fra et sted med stærk strøm. Lagene ved den svage strøm vil simpelthen være tykkere og derfor tage mere plads, så én meter kerne kan ikke indeholde havbund fra ret mange år.

Ud over analyser af dyre- og plantelivet kan man også kigge på:

- Sedimentsammensætning, der bl.a. kan fortælle om ændringer i landskaber, floder og strømforhold.
- Tilstedeværelse af sten fra gletsjere, der fortæller, hvor langt ud på havet der har været isdække.
- Datering af kulstof i mikroskopiske fossiler eller vulkan-askelag, som fastslår alderen på lagene ret præcist.

+ MERE PÅ GEOVIDEN.DK

VIDEO: FELTTOGT FRA NORDVESTGRØNLAND

Følg med blandt isbjergene i Nordvestgrønlands iskolde fjorde på ICAROS-togtet; et andet forskerhold, der også var afsted i 2021 for bl.a. at tage havbundskerner med samme metoder, som ROCS-holdet gjorde. Se den flotte video på

geoviden.dk/oceandecade



GYMNASIELÆRERE SOM OCEANOGRAFER

I sommeren 2021 stak et hold gymnasielærere i geografi og geoscience til søs med forskningsskibet Dana. Målet var at indsamle inspiration og materiale til at lave nyt undervisningsmateriale om havet i anledning af Ocean Decade. Det kom der også en feltdagbog m.m. ud af, som du finder på: geoviden.dk/oceandecade



UNDERGROUND
CHANNEL



Et kig på arbejdsskærmene på sådan et forskningstogt. Der er gang i mange ting på en gang. Længst tv. kører sub-bottom profiler-programmet (SBP) med en tolkning af havbunden under skibet (røde kurver). I midten er to forskellige geologiske kort/målinger over havbunden i området, og til højre er skibets position og kurs på GPS.

var gået i stykker i løbet af natten. Jasec, vores tekniker, har brugt hele dagen på at se, om han kunne løse problemet. Han har nærmest ikke siddet stille. Men da jeg lægger mig i sengen om aftenen, er det endnu ikke løst. Jeg frygter, at vi må klare resten af togtet med de data, vi allerede har samlet ind. Indtil videre er konklusionen, at det er et hardware-problem, og muligvis skal vi sejle ind til Reykjavik for at løse det på tirsdag, hvor det vist bliver ret dårligt vejr. Dagen har været rigtig flot, men vi har ikke kunnet tage kerner, da der har været nogle meget høje dønninger, som blev sendt mod os af et blæsevejr længere mod syd. Nogle dønninger var op til otte meter høje. Skibet har så ligget og vugget op og ned, uden at det føltes helt vildt. Men man ser virkelig, hvor store kræfter der er på spil i Nordatlanten.

TIRSDAG 15. JUNI

Det er morgen, og vi er på vej mod Nord. Vores SBP er stadig i stykker, så vi har taget kerner der, hvor vi hav-

de data over havbunden i forvejen. Jasec arbejder fortsat på højtryk og har fundet frem til, at problemet er strømforstærkeren. Han vil se, om han kan reparere den, men han er ikke så optimistisk, da han ikke har nogen reservedele med.

FREDAG 18. JUNI

SBP'en er nu endegyldigt dømt ude. Heldigvis betød det dårlige vejr i starten af turen, at vi ikke samlede kerner, men til gengæld fik en masse gode SBP-data, som vi har kunnet udpege lokaliteter på baggrund af. Vi har haft kanonflot vejr de seneste dage og har nu samlet i alt ti sedimentkerner. I går fik vi også taget en såkaldt Rumohrkerne, som bevarer havbundens struktur (se foto s. 21). Det er ret sjovt at se et lille stykke intakt havbund hevet op fra næsten to kilometer vand. Professor Paul Knutz fra GEUS og jeg har brugt en del tid på at kigge data igennem. Det er lidt besværligt med det software, som er ombord på skibet. Det bliver ikke lettere af, at

der på et tidspunkt blev introduceret en fejl på koordinaterne for vores geofysiske data. Det betyder, at vi skal finde positionerne på baggrund af, hvornår data er indsamlet, og så sammenligne med skibets GPS-spor. Men det holder da hjernecellerne i gang, at vi er nødt til at tænke kreativt. Jeg synes faktisk, vi har fået nogle rigtig gode kernelokaliteter på trods af vores udfordringer.

I går viste det sig, at der er taget lidt for få hætter med til at lukke sedimentkernerne, så der skulle tænkes kreativt for at få forsegle de sidste kerner. Heldigvis har havbiologerne taget for mange plastdunke med. De er så blevet skåret i stykker og lavet til hætter, som kan holde muddret inde i kernerøret. Mens jeg skriver dette, er besætningen i gang med at tage den sidste sedimentkerne på togtet. Vi kommer hjem med lidt mere end 55 meter sediment samlet set, så vi har mere end nået målet som var 40 meter. De sidste par dage vil så gå med at lave oceanografiske

målinger og tage vandprøver, som skal filtreres for eDNA for at kunne sammenligne med det, vi forhåbentlig finder i kernerne. I går fik jeg også lidt geologi under neglene, da vi kiggede på nogle prøver fra sedimentkernerne i mikroskop.

SØNDAG 20. JUNI

Jeg er stået op til land i sigte. Vi har sejlet mod Reykjavik, efter at vi den 18. tog vores sidste kerne og derefter har brugt resten af tiden på oceanografi. Jeg har således ikke haft så meget at gøre de seneste dage ud over at lave backup af data og sørge for at få al vores data ud af skibets computer og ind på et drev, så vi kan få det med hjem.

Vi har de seneste aftener mødtes, og så har folk, der er en del af centeret, på skift fortalt om, hvad deres forskning går ud på. Da ROCS er et meget interdisciplinært forskningscenter, har det også været emner, som jeg ikke har meget forstand på. Det var rigtig spændende at få både en kunstner og en historikers vinkel på togtet og projektet i sin helhed. Som afslutning på foredragene viste det filmhold, som er med på turen, klip, som de har optaget



undervejs. Det er virkelig flotte billeder, og jeg tror, de får lavet nogle rigtig flotte film ud af det.

Nu mangler vi bare at få ryddet op og pakket sammen, inden vi er i havn, og så skal vi til middag på den danske ambassade som afslutning på togtet. Jeg er træt og fyldt op, men det har været rigtig spændende at være afsted, og vi har fået rigtig meget data på trods af uheld undervejs. Men jeg glæder mig nu også til at komme hjem og sove uden lyden af en dieselgenerator fra etagen nedenunder.

SØNDAG AFTEN/NAT 20. JUNI

Til middag på den danske ambassade med deltagelse af Islands tidligere præsident Vigdís Finnbogadóttir (Europas første kvindelige præsident og verdens første demokratisk valgte kvindelige statsoverhoved), som sammen med H.M. Dronning Margrethe 2. modtog forskningscenteret ROCS som en gave fra Carlsbergfondet. Da arrangementet nærmede sig sin afslutning, kom en af togtdelegerne hen og spurgte, om jeg ville bytte min nattesøvn for en tur til Fagradalsfjall (der, hvor en ny vulkan gik i udbrud i starten af 2021). Hun havde lånt en bil og ville køre en lille flok ud for at se vulkanen i udbrud. Jeg takkede selvfølgelig ja og tilbragte den sidste nat med at hike op på et bjerg, så vi kunne se vulkanen. Det var en kæmpestor oplevelse og den perfekte afslutning på en oplevelsesrig tur. Det betød dog også, at jeg måtte nøjes med 1,5 times søvn, inden jeg skulle med taxi til lufthavnen mandag morgen.

HJEMME IGEN

Nu er jeg tilbage i Danmark og har en masse arbejde med at behandle alle de data, vi har indsamlet, og finde ud af, om kernerne, vi tog, rent faktisk er havbund tilbage fra Eem-perioden. •

Læs med på næste side, hvor en af kernerne bliver analyseret i laboratoriet!



MØD EKSPERTEN

NAVN

LASSE TÉSIK PRINS

STILLING

Postdoc i maringeologi ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS).

ARBEJDER MED

Hvordan olie- og gas-produktionen har påvirket de overfladenære sedimentlag, med fokus på metanudsivning. Derudover geofysisk kortlægning, f.eks. af marine råstoffer som sand og grus.

BERETTER OM ROCS-TOGTET,

som er det første felttog under det nystartede Research Centre on Ocean, Climate and Society (ROCS) – et dansk-islandsk initiativ, der skal undersøge Nordatlanten og dens økosystemers samspil med resten af miljøet, herunder os mennesker og vores kultur, nu og i fortiden. Centeret fokuserer på Island, da dette samspil har været særligt udtalt her. Centeret er en gave fra Carlsbergfondet og det islandske center for forskning, Ránnis, til H.M. Dronning Margrethe 2. og tidligere præsident for Island Vigdís Finnbogadóttir.

OPGAVER PÅ TOGTET

Kvalitetssikring og tolkning af sub-bottom profiler (SBP)-data til udpegning af gode kerne-lokaliteter.

FRA HAVET TIL LABORATORIET – KERNERNES VIDERE FÆRD

Fortsættelse af 'Feltdagbog fra Nordatlanten'



Sedimentets farve kategoriseres op gennem lagene med et dertil indrettet farvekort.

Med de mange kerner fra havbunden sikkert hjembragt fra det islandske hav kan forskerne nu gå i gang med at undersøge deres fangst. Fandt de faktisk laget fra den tidsperiode, de ledte efter? Og hvordan måler man egentlig det?

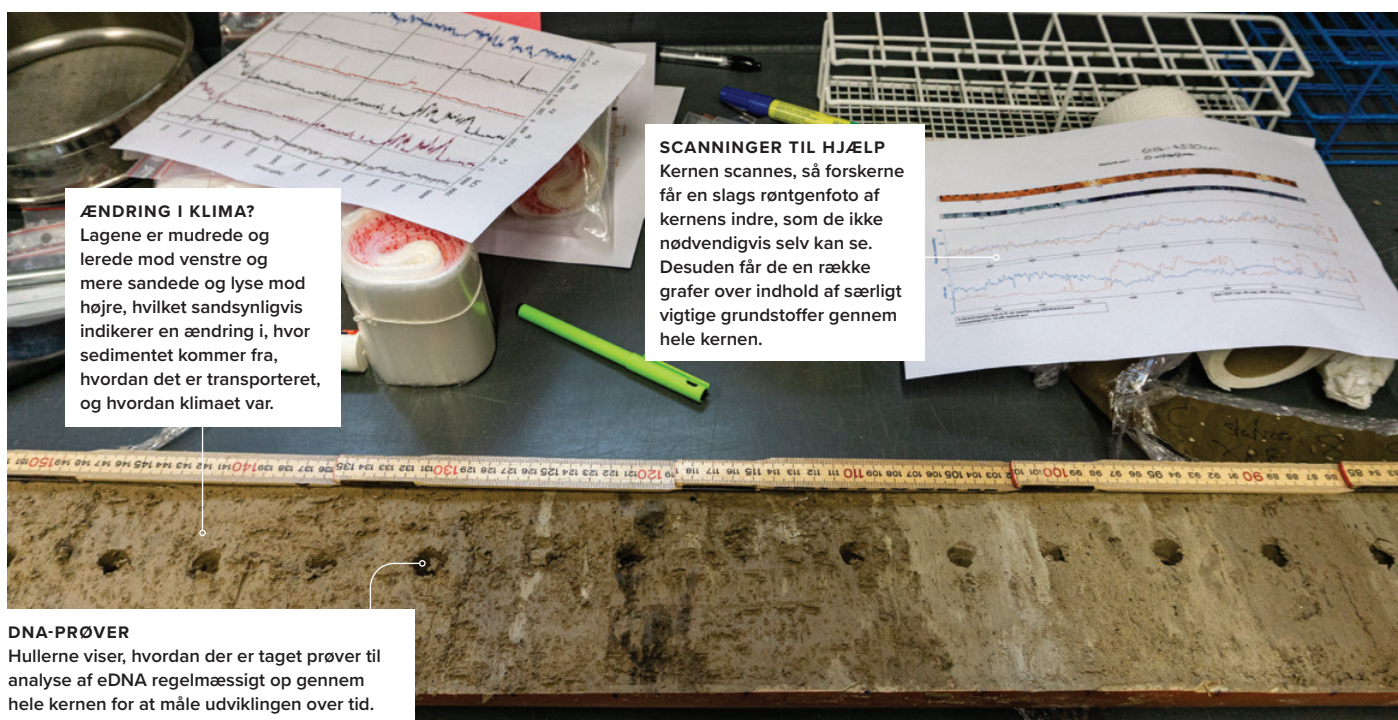
I alt 55 meter blev hevet op fra havbunden rundt om Island i løbet af 2021-togtet for Research Centre on Ocean, Climate and Society

(ROCS, læs mere s. 16-23). En formiddag i september befinder et par af de meter sig på et bord i et kælderlokale ved Statens Naturhistoriske Museum (førhen Geologisk Museum). Eller rettere: den ene halvdel, for kernen er skåret over på langs, så man kan se indholdet af sand, ler, sten osv., som er arrangeret i lag i hele kernens længde. Postdoc Rebecca Jackson fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) står for at få oversat denne kerne til viden om havets tilstand og økosystem før i tiden. Hun står ved arbejdsbordet sammen med

GEUS- professor Paul Knutz, som også er med på projektet og giver en hånd med analysen af de dyrebare kerner.

”Det er faktisk en rigtig flot kerne, den her, meget afvekslende lag,” siger hun og fortæller, at det er kernen fra station 8 på turen (nordvest for Island), og den er taget fra havbunden i 1900 meters dybde. Eller rettere: Røret på bordet er den nederste del af station 8-kernen, som er seks meter lang. Den er dog blevet skåret i mindre bidder for håndteringens skyld.

”Det vil sige, at nederste del af det her



ÆNDRING I KLIMA?

Lagene er mudrede og lerede mod venstre og mere sandede og lyse mod højre, hvilket sandsynligvis indikerer en ændring i, hvor sedimentet kommer fra, hvordan det er transporteret, og hvordan klimaet var.

SCANNINGER TIL HJÆLP

Kernen scannes, så forskerne får en slags røntgenfoto af kernens indre, som de ikke nødvendigvis selv kan se. Desuden får de en række grafer over indhold af særligt vigtige grundstoffer gennem hele kernen.

DNA-PRØVER

Hullerne viser, hvordan der er taget prøver til analyse af eDNA regelmæssigt op gennem hele kernen for at måle udviklingen over tid.

“Hver af de her kerner viser klima- og miljøforhold i de sidste mange tusind år”

PAUL KNUTZ

PROFESSOR I MARINGEOLOGI, GEUS

stykke er den ældste del,” siger Rebecca Jackson og peger på de gråbrune lag længst mod venstre. Den har hun målt til at være cirka 40.000 år gammel.

INGEN LAG FRA EEM

De 40.000 år er gammelt, men slet ikke nok til at være fra seneste mellemistid, Eem, der sluttede for 115.000 år siden. Faktisk ser det ikke ud til, at nogen af kernerne har ramt et Eem-lag, fortæller Rebecca Jackson. Dermed kan der ikke tages prøver fra de lag, der potentielt kunne bruges til at se, hvordan havmiljøet dengang reagerede på hurtige klimaskift fra istid til mellemistid. Et skifte, der på nogle punkter kan sammenlignes med de temperaturstigninger, vi også oplever i nutiden.

”Der er en af kernerne fra station 3, der måske kan vise sig at være deropad aldersmæssigt, men her skal jeg lave en ny datering, for den første hurtige datering med kulstof 14-metoden viste, at den var på grænsen af det, man kan måle med den metode, som er cirka 55.000 år. Derfor kan den godt vise sig at være ældre end det, når vi måler med en mere præcis metode.”

Paul Knutz tilføjer, at det dog ikke er en kæmpe overraskelse, at de ikke ramte Eem-lagene på turen.

”Ud fra de målinger af havbunden, andre har lavet i området før os, gik vi efter



Rebecca Jackson rådfører sig med en af kernemålingerne.

Fotos: Lykke Sandal, Geovidien

en række steder, hvor det måske kunne være muligt. På det bedste af dem skulle Eem-laget ligge en til to meter nede, så det kunne vi i princippet have nået med vores seks meter lange gravity corer, men her fik vi dårligt vejr og kunne ikke tage prøver,” fortæller han.

STADIG EN SUCCES

Det udeblevne Eem-lag er dog ikke årsag til sure miner hos hverken Rebecca Jackson eller Paul Knutz. Næste år er der planlagt et nyt togt med en endnu længere kernetager. Og i mellemtiden er der også masser af brugbar viden at hive ud af de kerner, de fik med hjem.

”Turen var stadig en succes, hvis du spørger mig. Hver af de her kerner viser klima- og miljøforhold i de seneste mange tusind år, som er mindst lige så vigtige at få med som Eem. De kan indeholde gode data om skift i klimaforhold og økosystemerne fra holocæn, altså de seneste ca. 12.000 år, som er her, vi kan begynde at koble det til udviklingen af menneskets kultur.”

Efteråret 2021 kommer dermed til at gå med at lave samme arbejde for alle 55 meter og stykke informationerne fra dem sammen til ét stort billede, som der kan bygges videre på med næste sommers togt. •

Følg ROCS-projektets videre færd og resultater på rocs.ku.dk

ANALYSE OG PRØVE-TAGNING TRIN FOR TRIN

I FELTEN

Kerne op

Kernen hentes op fra havbunden.

Cirka-alder

Der tages en prøve fra nederste del af kernen, som dateres for at få en nogenlunde idé om kernens alder.

Opdeling

Kernen skæres i mindre stykker, som forsegles, så de ikke bliver forurenede/påvirket under transporten og opbevaringen.

I LABORATORIET

Kernen åbnes

Kernen åbnes i laboratoriet under meget rene forhold og saves over på langs.

DNA

Så snart kernen åbnes, tages eDNA-prøver, da der ellers hurtigt kommer andet DNA ind fra omgivelserne. DNA'et i disse prøver sammenlignes med DNA-kataloger, som viser tilstedeværende arter.

Scanning

Røntgenscanning og fotografering af kernen, som viser indholdet af en lang række grundstoffer m.m., der kan fortælle om miljø, klima, vulkanudbrud etc.

Visuel analyse af kernen

Overgange mellem mudder, ler, sand, grus, sorte områder, farveskift, kornstørrelse, småsten fra bunden af smeltende gletsjere og isbjerge, kalkholdige lag osv. registreres. Strukturer vurderes med fingrene, farver med farvekort. Dette tegnes sammen til en grafisk fremstilling af kernen, kaldet en log.

Flere prøver

Minimum to prøver tages fra samme lag som hver eDNA-prøve. En bruges til at undersøge sammensætningen af mikroalger (foraminiferer), hvis arts-sammensætning viser klimaet i havet m.m. Den anden bruges til at måle alderen på selvsamme foraminiferer, hvilket kan vise alderen på laget.

VED SKRIVEBORDET

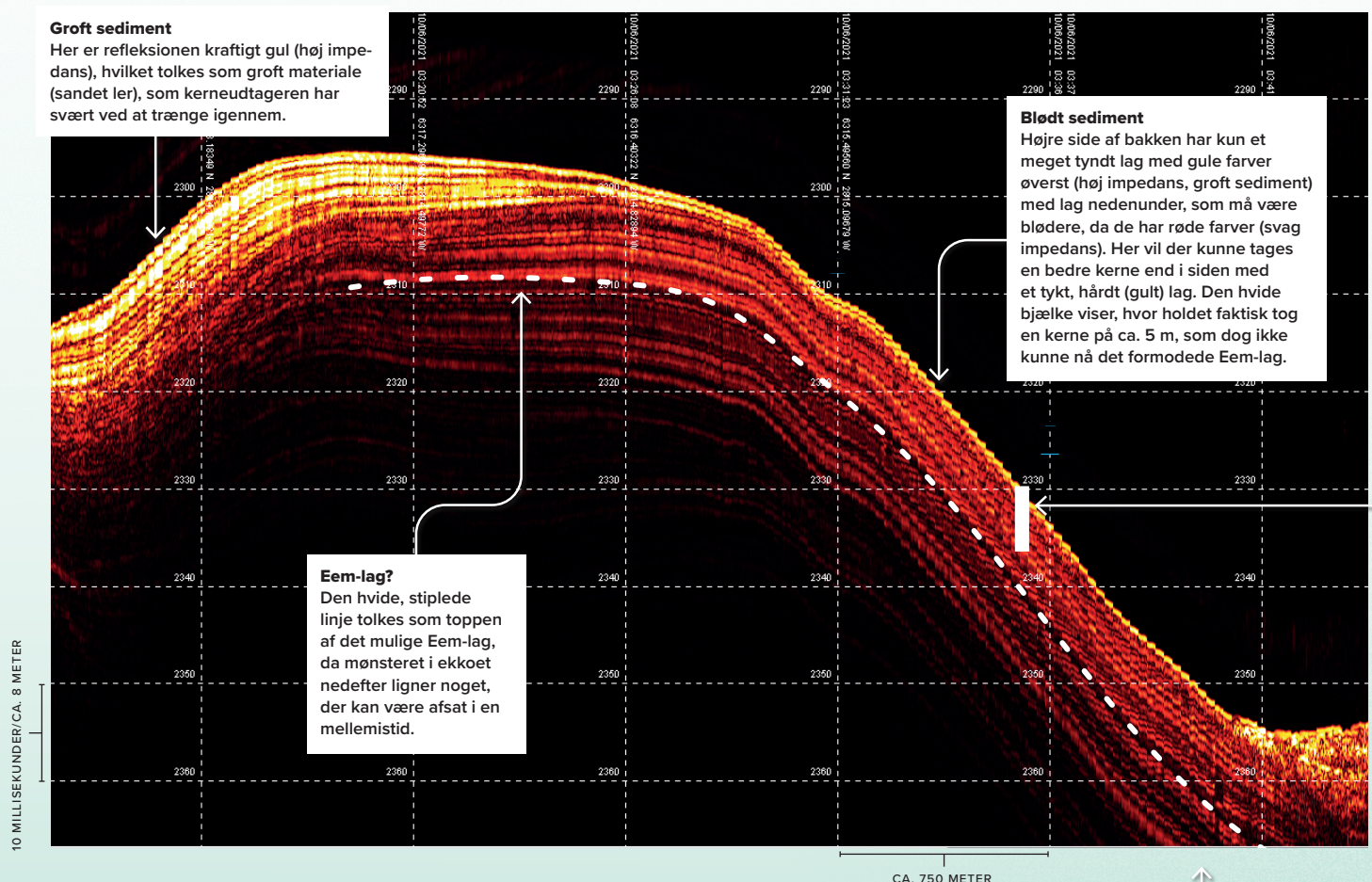
Gentagelse og sammenhæng

Når alle prøverne er undersøgt, kan der forhåbentlig dannes et billede af ændringer over tid i temperaturer, havstrømme, saltindhold, økosystemskift m.m. Når det er gjort for alle kernerne fra togtet, kan der tegnes en model af, hvordan det har været i havet sydvest for Island i de seneste mange tusind år. Måske kan man endda sige noget om, hvad det har betydet for (menneske)samfundene op gennem tiden.

SÅDAN SER DU GENNEM



Med en avanceret type ekkolokalisering kaldet sub-bottom profiling kan maringeologerne 'se' gennem havbunden og identificere lige præcis den del af havbundslagkagen, de skal bruge. Næste problem er så at få en borekerne op derfra, men også her kan metoden hjælpe.



Figur 10 – Sub-bottom profiling af havbunden ved Island

Eksempel på et tværsnit af havbunden lavet med en sub-bottom profiler ved hjælp af ekkolokalisering ved 'station 13' vest for Island (se kort s. 19). De forskelligt farvede lag viser overgange mellem geologiske lag, hvor lydbølgen møder en ændring i modstand, altså starten på nye lag. Jo dybere lyden trænger ned, des svagere et signal kastes tilbage, og derfor ses de nedre dele af billedet som gradvist mørkere og til sidst helt sort. Lagene fortsætter altså nedad, de kan bare ikke måles dybere end typisk 20-50 m under havbunden med denne type udstyr. Ternes lodrette felter er ekkosignalet målt i millisekunder med intervaller på ti, hvilket i dette tilfælde svarer til ca. 8 m. Dybden ved den hvide bjælke (en udtaget havbundskerne) er 1730 m. Ved hver lodret linje har skibet sejlet ca. 750 m, markeret med koordinater og tidspunkt. Forhøjningen i havbunden set på SBP'en som en markant bakke er derfor meget overdrevet, fordi det er nemmere for forskerne at aflæse, når landskabet mases sammen. Med det blotte øje vil denne bakkestruktur ikke kunne ses, da den desuden strækker sig over flere kilometer.

HAVBUNDEN

Forskerne på ROCS-togtet (s. 16-23) ledte efter områder vest for Island, hvor de kunne tage prøver af havbund helt tilbage til seneste mellemistid, kaldet Eem. Det var en varm periode, hvor der foregik store klimatiske ændringer over relativt kort tid. En situation, som kan minde lidt om den, vi har i dag, og som forskerne derfor er interesserede i at lære om. Havbunden fungerer mange steder som en lagkage, hvor de ældste lag ligger længst nede og med tiden er blevet dækket af tiltagende yngre lag sedimenter (ler, sand, silt m.m.). Det øverste lag i lagkagen er selve havbunden. Eem-mellemistiden startede for ca. 130.000 år siden og sluttede for ca. 115.000 år siden, da seneste istid begyndte. Det vil sige, at det, der dengang var havbunden, siden er blevet dækket af sand, grus og mudder. I nogle områder er det virkelig store mængder, andre steder ikke så meget, afhængigt af havstrømme, varierende havniveauer, placering af flodudmundinger m.m.

Men hvordan finder man lige ud af, hvor det rigtige lag er, når det er begravet af andre lag? Marinegeologerne på ROCS-togtet benyttede en smart anordning, kaldet en sub-bottom profiler (SBP), der kan 'fotografere' de øverste ca. 50 meter af havbunden via lydbølger. Den skaber billeder, hvorpå forskerne kan se, hvordan lagene fordeler

sig, om det passer på beskrivelsen af Eem-havbunden, og om lagene er bløde eller hårde. Hvilket også er vigtigt, da det kan være svært at få en god kerne taget på store havdybder, hvis bunden er meget hård. Selvom der ligger et flot, tydeligt Eem-lag dernede, kan det være bedre at sejle videre og finde et andet sted, hvis bunden er for hård. Det rør, der tages kerner med, er desuden ikke altid ret langt. På ROCS-togtet var det seks meter. Hvis de ønskede lag starter mere end seks meter nede, kan man ikke nå dem.

MÅLER LYDENS 'IMPEDANS'

Sub-bottom profileren (SBP'en) fungerer ved at sende en højfrekvent lydimpuls fra en særlig mikrofon ned gennem vandsøjlen. Lydbølgerne spreder sig 360 grader ud fra mikrofonen, men en lille del af dem kastes tilbage, når de rammer noget. For eksempel havbunden eller en stor stime fisk. Afhængigt af, hvad lydbølgerne rammer, kastes en større eller mindre del af lyden tilbage i retning af skibet, hvor SBP'en opfanger den. Den måler, hvor lang tid det tog for lyden at blive kastet tilbage, og hvor kraftigt det reflekterede signal er. Det laves om til et rumligt billede på skærmen, der viser overgangen mellem de forskellige lag, lyden mødte på vej ned gennem havbunden, samt deres relative hårdhed. Lysere farver er meget hårdt materiale,

STØJGENER?

Akkustikbårne kortlægningsmetoder i havet kan i nogle tilfælde komme til at genere dyrelivet i området. Især større pattedyr som hvaler kan potentielt blive generet, da de netop kommunikerer med højfrekvente signaler, og sommetider vil kunne høre dem, der bruges ved sub-bottom profiling. Studier beskriver dette som en årsag til, at dyrene flygter fra området, men ofte vender tilbage, når lyden er stoppet.

mørkere farver mindre hårdt. Det er en form for ekkolokalisering, som bygger på princippet om akustisk impedans, forstået som lyd hastighed i givet materiale gange materialets densitet (massefylde):

Akustisk impedans: $Z = v \cdot \rho$

Z = akustisk impedans

v = lydens hastighed i et materiale

ρ = materialets densitet

Når lyden bevæger sig gennem vand, er der én impedans, men når lyden rammer havbundens øverste lag, skifter densiteten på det materiale, lyden rejser igennem. Derfor ændres hastigheden, og dermed ændres impedansen. Jo større denne ændring er, des kraftigere en tilbagekastning af lyd sker der. Derfor vil overgangen fra et blødt sandlag til et hårdere lerlag give en stor ændring i impedans, som slår ud med et kraftigt signal på skærmen. Den overgang vil lyse mere op end mellem to sandlag. Alt dette foregår meget hurtigt (op til fem impulser i sekundet på ROCS-togtet), mens skibet sejler afsted. Alle disse signaler kombineres løbende og giver et samlet billede af havbunden, der hvor skibet har sejlet, som det kan ses på billedet t.v.

HØJFREKVENT SEISMIK

Helt overordnet kalder man også kortlægnings teknikker med brug af ekkosignaler for seismik. Her skelnes dog mellem brugen af høje og lave lydfrekvenser, og SBP hører til højfrekvens-delen. Den giver en høj detaljegrad i få meters dybde, hvorimod lavfrekvent seismik giver lavere detaljegrad, men i større dybder. •

KERNE UDTAGET PÅ ROCS-TOGTET

Der blev taget en fin sedimentkerne (hvid bjælke) på ca. 5 meter op fra denne lokalitet kaldet station 13, vest for Island. I bunden af kernen sidder en slags filter, der holder fast på kernen, kaldet en core catcher. Den indeholder materiale fra lige under kernens dybeste del, som forskerne typisk analyserer på stedet for at få en idé om, hvad de har 'fanget'.

Signalement af core catcher-materiale

- Rimelig højt sandindhold.
- Relativt mørkt, dvs. højt indhold af organisk materiale.

Kulstofdatering af core catcher-materiale

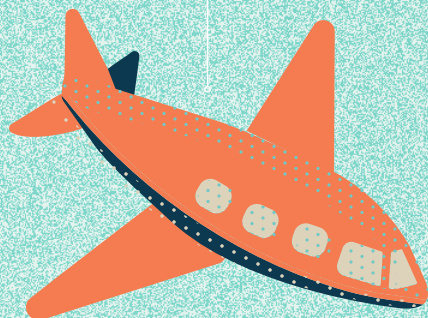
Mellem 35.000 og 40.000 år gammelt, altså ikke gammelt nok til at være Eem.

Analyse af selve kernen

Starter i midten af december 2021, hvor den gennemgår punkterne beskrevet på s. 24-25.

FLY

Fra fly kan man bl.a. lave laser-målinger af havbunden (kaldet lidar), som er lidt sværere at foretage fra satellitter (se th.), fordi nogle af bølgelængderne forstyrres på vej gennem atmosfæren.



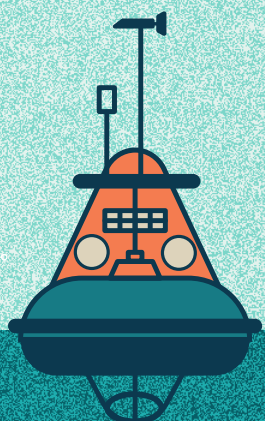
METODER

til vands, til bunds og i luften

Selvom havet ikke er menneskets element, har vi opfundet et væld af metoder, der gør os i stand til at måle, veje og kortlægge det. Her er et udvalg af populære målemetoder og -redskaber.

BØJER

Bøjer bruges til at måle forhold i havoverfladen som temperatur og bølgehøjder. Blev brugt meget før i tiden, men nu overtager automatiske sensorer som f.eks. argo floats (undervandsbøjer) mere og mere.



UNDERVANDSBØJER

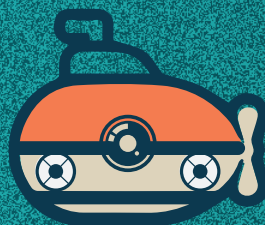
Automatiske undervandsbøjer, der konstant tager målinger og sender data tilbage til forskerne på land, bliver mere og mere udbredte. F.eks. er der siden start-2000'erne blevet sat ca. 4000 af dem ud i verdenshavene af et internationalt forskningsprojekt ved navn Argo (de kaldes argo floats). De mange bøjer samler data om temperatur, saltindhold, strømforhold m.m., som bruges vidt og bredt i oceanografi, klimatologi og meteorologi. De bevæger sig med faste mellemrum op og ned i vandsøjlen for at samle data fra forskellige dybder, typisk ned til flere kilometers dybde. Regelmæssigt stiger de til overfladen og sender data hjem.

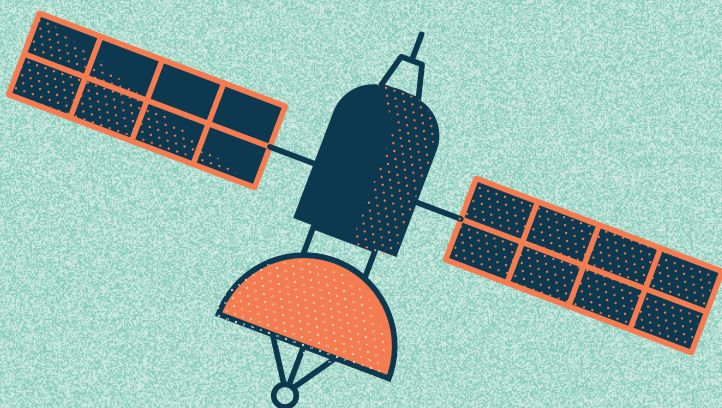
I ØVRIGT

Det er en af disse bøjer, Colin Stedmon (side 12-15) arbejder på at få til at kunne dykke ind under havisen ved Østgrønland, hvor der lige nu ikke er nogen stationeret, netop på grund af isen.

DRONER

I flere studier er man nødt til at kunne se, hvordan havbunden ser ud, og hvad der lever der. Eller måske skal man udføre en mekanisk opgave i stor dybde. Her bruges undervandsdroner af forskellig slags. Nogle kan filme, andre kan lave diverse målinger eller tage prøver.



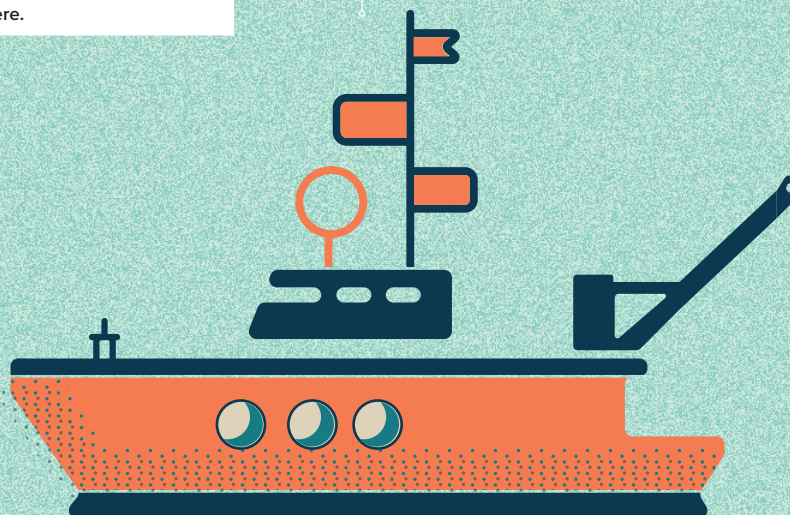


SATELLITTER

Som noget relativt nyt (siden 1970'erne) kan man måle havet fra rummet. Satellitter kan måle ændringer i saltindhold, temperatur, havstrømme, algeopblomstringer, havdybder og meget mere. Alt sammen i global skala. Enormt brugbart til at se det store billede, som målte data fra havet så kan kvalificere yderligere.

FORSKNINGSSKIBE

Skal man måle noget på havet, må man typisk derud. Selvom man har data fra argo floats (se Undervandsbøjer) m.m., vil man typisk også have prøver og data, man selv har målt. På den måde kan man f.eks. dobbelttjekke og supplere data fra de automatiske input. Kortlægning af havbunden gøres også bedst fra skib, da satellitterne ikke fanger små detaljer lige så godt.

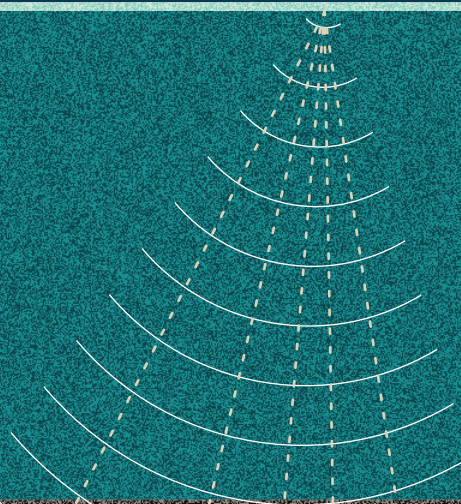


HAVBUNDSPRØVER

Havbunden indeholder spor fra tidligere tiders havforhold, f.eks. temperaturer, saltforhold, dyre- og planteliv. Ved at hente kerner op fra bunden kan man se, hvordan havet og havbunden har udviklet sig over tid, da hvert lag fortæller om en given tid. Der tilføres hele tiden nyt havbundsmateriale, så lagene begravnes dybere og dybere og derfor viser længere og længere tilbage i tiden. Vil man vide noget om sammensætningen i dag, skal man have prøver fra det øverste, nyeste lag.

EKKOLOKALISERING

Fra forskningsskibene kan man kortlægge havbunden under sig ved at sende lydbølger ud og måle på mellemrummene i ekkoet, der kommer tilbage (sonar). Man kan endda kortlægge lagene mange meter ned i havbunden på den måde. Sub-bottom profiling, som beskrives på de foregående sider, udnytter denne teknologi. Der findes mange udgaver af ekko-teknologien, hvor nogle også anvender kraftige trykbølger, kaldet seismik. Denne metode kan give ekko-billeder af lagene flere hundrede meter ned i havbunden. Eller landjorden, for den sags skyld.



KORTLÆGNING: NORDSØEN ER FULD AF VARIATION

Nordsøens havbund er mangfoldig og huser både koraller, hajer og søanemoner. Et hold forskere tog for nylig turen derud for at kortlægge havbunden og dens beboere, hvilket kan hjælpe med at optimere både benyttelse og beskyttelse af områderne.

Mange forestiller sig måske, at havbunden blot er flad og består af sand. Men mange steder er den faktisk meget varieret med stenrev, sandsletter, sandbanker, lavninger og forhøjninger. For eksempel i to områder i den danske del af Nordsøen, som et hold forskere færdiggjorde en omfattende kortlægning af i 2020. Her ønskede Miljøstyrelsen nemlig at få kortlagt de dele af havbunden, hvor der var sparsom viden, men hvor tidligere kortlægninger antydede, at der var en relativt høj diversitet af substrater (havbundstyper) og habitattyper (levesteder).

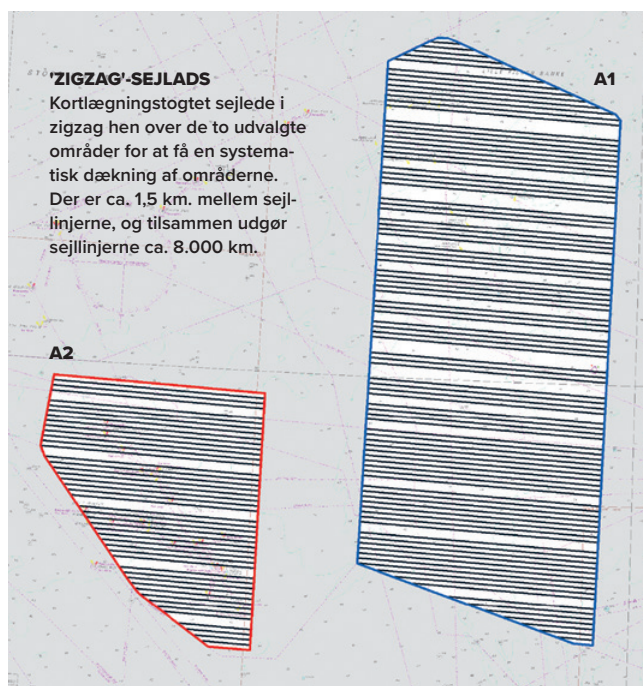
”Vi kortlagde derfor områderne i henhold til substrattyper og habitattyper sammen med beskrivelse og kortlægning af artssammensætningen og artsdiversiteten af plante- og dyreliv knyttet til de forskellige substrattyper.” Sådan fortæller projektleder Zyad Al-Hamdani fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), som stod for koordineringen af kortlægningen, hvor også konsulentfirmaet WSP deltog.

Kortlægningsholdet stævnedes ud i 2019 med opmålings-skibet Skoven og sejlede i løbet af sommeren zigzag-mønster hen over to enorme områder på havet kaldet henholdsvis Nordsøen Øst (A1) og Doggerbanke Tail End (A2, **se her- under**). Her scannede de havbunden med diverse måle-instrumenter for at kunne dele havbunden ind i en række prædefinerede substrattyper, samt hvor mange forskellige levesteder, der knytter sig til dem (**se tabeller for begge dele i ’Eksperterniveau’ s. 34-35**).

TYDELIGE TRAWLSPOR

Noget, der stak i øjnene undervejs i kortlægningen af de to områder, var de tydelige spor af menneskelig aktivitet, som eksempelvis bundtrawling, over store dele af havbunden (se eksempler næste side).

”Der var tydelige spor efter trawlaktivitet derude. Trawl-sporene stod klart frem på vores scanningsbilleder af havbunden, og vi fandt dem i store dele af begge områder,” siger



GEUS-naturgeograf Lars Ø. Hansen, som også var en del af kortlægningsholdet. Han pointerer dog, at han og holdet ikke kunne se på billederne eller målingerne, hvor gamle trawlsporene var. Derfor kunne de ikke sige, om sporene var fra en meget lang periode eller alle sammen lavet for nylig.

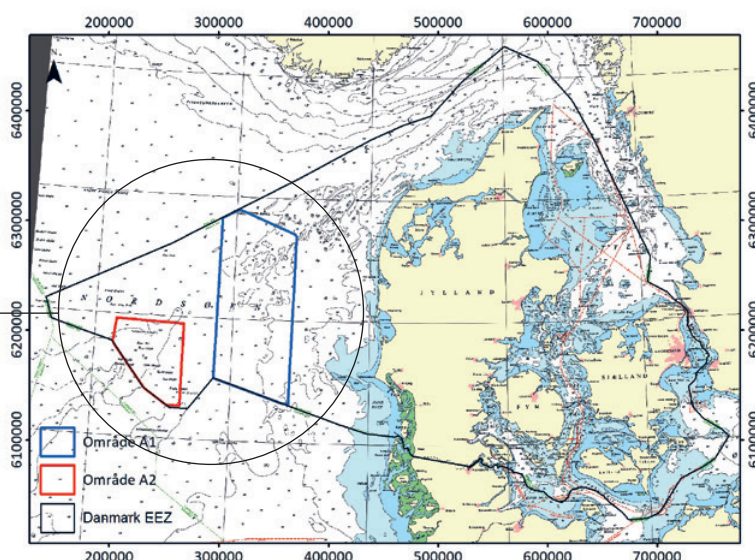
”Det ændrer dog ikke ved, at de er der, og at det er et eksempel på spredningen af menneskelige aktiviteter på havbunden,” siger Lars Ø. Hansen.

Forskerholdet foreslog derfor også i deres afsluttende rapport, at der bliver igangsat et nyt projekt, som undersøger trawlsporene nærmere. Der kan nemlig være effekter af trawling, som man endnu ikke kender til fulde.

”Blandt andet viser andre studier, at havbunden bliver dårligere til at optage kulstof, hvis den er blevet forstyrret af trawling; og derudover kan forstyrrelse af havbunden ved ➤

De kortlagte områder

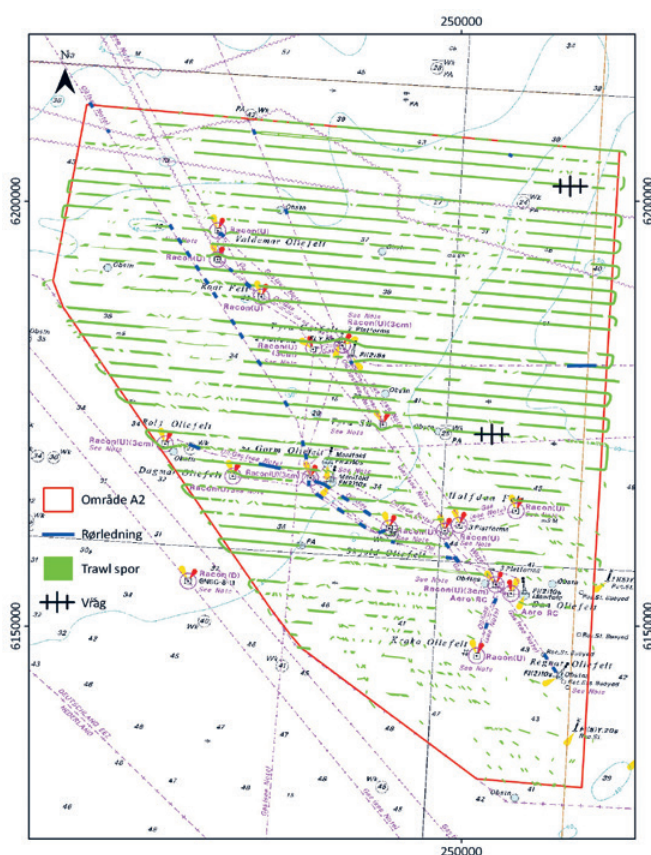
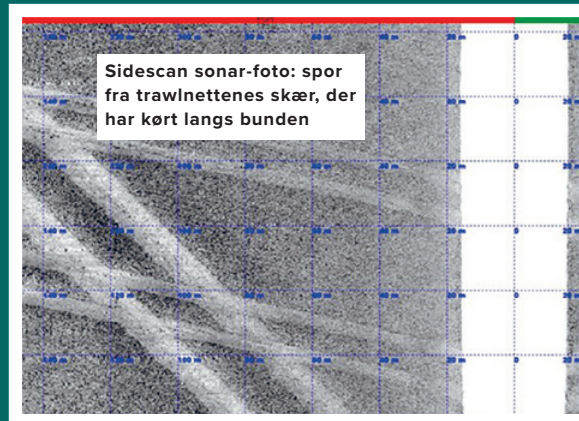
Danmarks territorium med de to kortlagte områder indtegnet. Nordsøen Øst til højre (A1) og Doggerbanke Tail End (A2) til venstre. Doggerbanke er en undersøisk sandbanke, som danner et relativt lavvandet område i Nordsøen, og dens østlige del kaldes Tail End.



KORT, FOTOS OG ILLUSTRATIONER:
Fra rapporten 'Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020. Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End', udgivet af Miljøstyrelsen, udarbejdet af GEUS og WSP.

SIDESCAN SONAR

En kortlægningsmetode på togtet var sidescan sonar, hvor en såkaldt fisk (se foto) slæbes efter skibet og udsender lydbølger ud til hver side i vandet. Deraf navnet sidescan. Ekkoet fra havbunden opfanges og tegnes om til et billede i en computer (se billedeksempel her th). Metoden giver et billede af havbunden nogle hundrede meter til hver side af 'fisken'.



Trawl på Doggerbanke Tail End

Under skibets zigzag-sejllads henover område A2 blev der registreret trawlspor mange steder (grøn). I områderne imellem sejllinjerne er der ikke taget målinger, så her er eventuelle trawlspor ikke kortlagt. Der blev også fundet trawlspor i store dele af område A1. Desuden kortlagde holdet to skibsvrag (sorte markeringer) og flere rørledninger (stiplet blå linje) på bunden her i A2-området.

trawling medføre frigivelse af kulstof fra havbunden. Det er vigtigt at undersøge, hvilken betydning det har i forskellige områder i Nordsøen,” siger GEUS-seniorforsker Verner B. Ernsten, der også deltog i kortlægningsopgaven.

SYV FORSKELLIGE TYPER HAVBUND

Ud over trawlspor, et par skibsvrag og nogle rørledninger fandt forskerne dog også det, de ledte efter: en masse forskelligartet havbund og levesteder. Syv forskellige typer af sub-

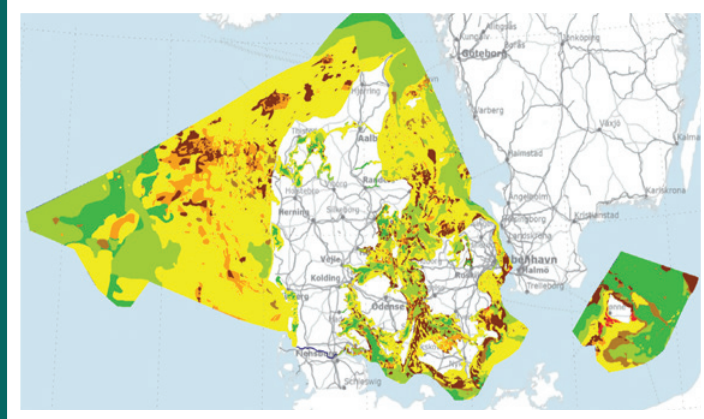
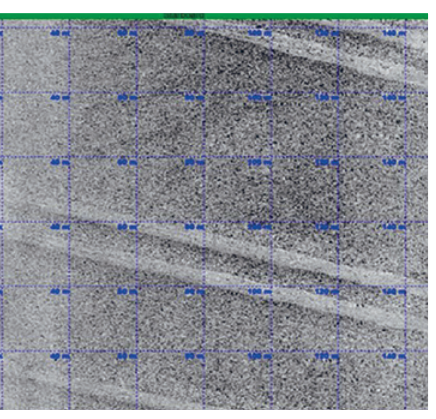
strater med op til otte forskellige habitater blev det til for de to områder til sammen. Hvilket var flere, end der blev fundet i den første kortlægning af områderne foretaget i 2011.

Denne gang sejlede holdet med afstande på 1,5 kilometer mellem sejllinjerne (se kort s. 31), hvor man i 2011-kortlægningen havde 15 kilometer mellem linjerne. Måleinstrumenterne kan kun måle nogle hundrede meter til hver side af den linje, så jo tættere linjerne er på hinanden, des mere kortlægges. Dermed er en langt større del af havbunden denne gang inkluderet med faktiske målinger, samtidig med at måleudstyr og metoder også er blevet bedre på de små ti år. Selvom der stadig er et stykke vej til en fuldt dækkende kortlægning, hvor der ikke er mellemrum mellem sejllinjerne, så er vores billede af havbunden i de to områder altså blevet meget bedre. Der er simpelthen kommet flere pixels, så detaljerne på havbunden kan ses.

Grunden til, at man deler kortlægningen op i forskellige bundtyper og levesteder, er, at der godt kan være forskellige levesteder på samme type bund, da bundtypen blandt andet kan findes i flere forskellige dybder. Dybderne er afgørende, da det har betydning for lysintensiteten, fordi lyset bliver svagere, jo dybere man kommer ned i vandet. Lysintensiteten har stor betydning for, hvilke planter der kan leve. Og om der overhovedet kan leve planter, eller om der mest er dyr. På bundtyper på dybt vand vil der for eksempel ikke kunne leve

KORTLÆGNING ER KRAV FRA EU

I 1992 indførte EU det såkaldte habitatdirektiv, som bl.a. gjorde det til et krav for medlemslandene at beskytte bestemte habitater i havet. Derfor er det vigtigt at kortlægge typen og udbredelsen af levesteder i havet. I Danmark er der foretaget habitatkortlægning siden 2011. Projektet beskrevet her er dog et led i Danmarks Havstrategi, som er implementeret som følge af EU's Havstrategidirektiv fra 2008, hvor habitatyper er blevet kortlagt i områder med hidtil begrænset kortlægning, og hvor der var en forventet diversitet.



+ MERE ONLINE

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har for Miljøstyrelsen samlet informationer om den danske havbund i en åben data-portal, Den Marine Råstof-database (MARTA). Find linket i onlineudgaven af denne artikel på geoviden.dk/oceandecade

“Hver gang vi kigger i større detaljegråd på havbunden, ser vi også de menneskeskabte påvirkninger i større detalje”

VERNER B. ERNSTSEN, GEUS

havplanter som søgræs og alger, men måske i stedet koldt-vandskoraller (se eksempel s. 35) sammen med forskellige dyrearter.

FRA HAVBUND TIL HABITAT

Ud over at sejle frem og tilbage med måleudstyret blev der taget prøver fra havbunden for at undersøge, hvilke bunddyr der knytter sig til de forskellige substrattyper og habitattyper. Prøverne fra havbunden blev siet, og alle de dyr, der levede i sedimentet, blev sorteret, talt og artsbestemt. En undervandsdrone blev også sat i vandet på en lang række udvalgte steder spredt ud over begge områder. Her optog den video af, hvad der levede på og lige oven over havbunden. Noget, holdet både brugte til rent faktisk at se, hvad der levede, men også til at dobbelttjekke og justere de geofysiske målinger af havbunden.

Resultatet af det hele blev, at Nordsøen Øst (A1) var mest forskelligartet, især den nordlige del. Her fandt holdet alle syv substrattyper på listen, selvom sand (kaldet 1b i tabel s. 35) var klart den dominerende. Doggerbanke Tail End var lidt mindre mangfoldig og havde fire substrattyper, også mest sand af typen 1b. Holdet kortlagde desuden otte forskellige habitattyper i Nordsøen Øst og seks i Doggerbanke Tail End. Et resultat, der ifølge forskerne selv faktisk lå indenfor det, de havde regnet med, og som med kortlægningen nu kan dokumenteres sort på hvidt.

”Overordnet har kortlægningen forbedret datagrundlaget og dermed skabt et grundlag (en 'baseline') for yderligere og mere detaljeret kortlægning med henblik på estimering og vurdering af havbundens naturlige dynamiske forhold, naturlige variabilitet og biologi. Kortlægningen er dermed også et første vigtigt skridt mod at kunne estimere og vurdere tab og forstyrrelse af havbundens substrattyper og dermed overordnede habitattyper,” siger Verner B. Ernstsen.

FLERE DETALJER VISER FLERE FORSTYRRELSE

Når man undersøger noget i større detaljegråd, som nu med denne kortlægning, var det forventeligt at finde flere detaljer. Altså en mere præcis rumlig fordeling af bundtyper og levesteder sammenlagt med de menneskelige påvirkninger som trawlfiskeri og rørledninger.

”Hver gang vi kigger i større detaljegråd på havbunden, ser vi også de menneskeskabte påvirkninger i større detalje,” slutter Verner B. Ernstsen. •



Hajer i Nordsøen

Undervandsdronen filmede bl.a. hajer i kortlægningsområderne, her en lille sortpletet rødhaj, som også er en art, man ville forvente at kunne støde på. I forgrunden ses en af de koldt-vandskoraller, der også blev noteret, kaldet dødningshåndskoral.

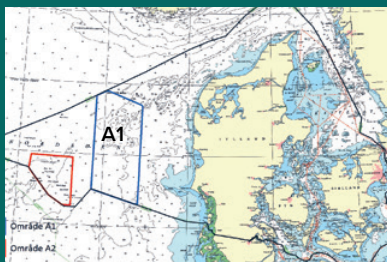


EKSPERT-
NIVEAU

NORDSØEN ØST (A1)

Af de to kortlagte områder omtalt på de foregående sider kigger vi her nærmere på Nordsøen Øst, kaldet A1. Her fandt forskerne flest forskellige 'substrat- og habitat-typer', altså hhv. forskellige bundtyper og levesteder. De mest udbredte substrattyper i Nordsøen Øst (A1) var blødere substrattyper (sand, mudder m.m.), og derfor var det heller ikke overraskende for forskerne, at størstedelen af det fundne dyreliv var arter knyttet til de omgivelser. Dominerende arter var slangestjerner, havbørsteorme, muslinger, sømus og krebs, som alle er afhængige af en blød havbund. Det samme gjaldt for det andet område (A2), som også havde mest af de bløde substrattyper. Ved stenrevne og på enlige sten voksede der dog også koldtvandskoraller, søanemoner og søpunge, og der blev observeret en del fisk, herunder rødhaj, ising, torsk, rødspætte og fløjfisk.

Herunder ser du to resultatkort over område A1. Kortet nederst til venstre viser fundne habitattyper, og til højre vises de forskellige substrattyper, som bruges til at definere habitattyperne ud fra. Der ses også fotoeksempler på udvalgte substrattyper taget med undervandsdrone. Flere af dem er fra ca. 40 meters dybde, derfor er der relativt mørkt.



HABITATTYPER

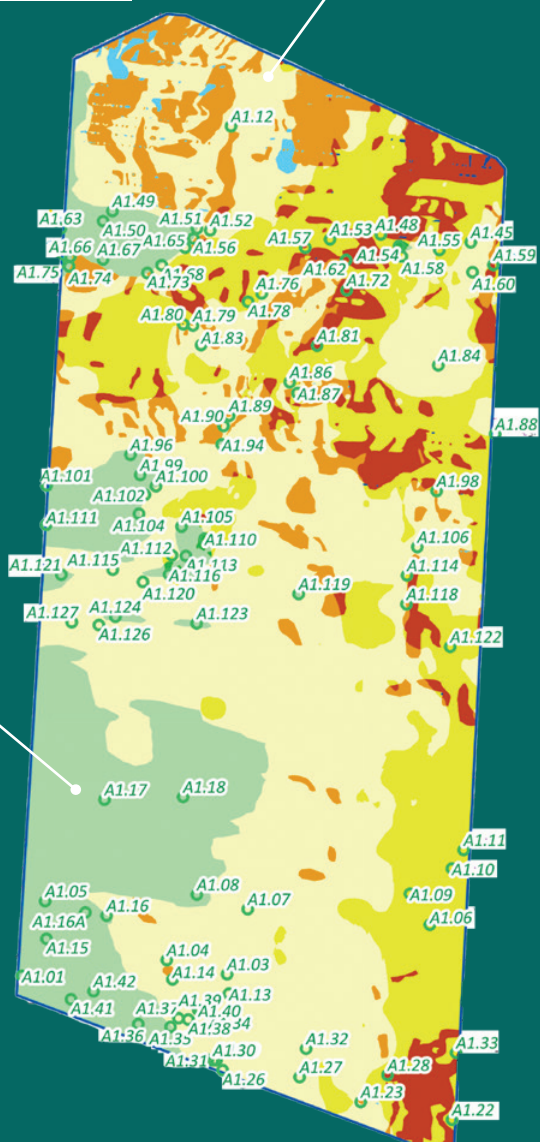
Levesteder bestemt af bl.a. substrattype, dybde og lysforhold.

Droneoptagelser

Koderne A1.12 osv. er forskellige steder, der er filmet med undervandsdrone på havbunden.

Mest special

Især habitattypen af dybereliggende mudder (OCM), her set som lys grøn, viste sig at have dyreliv meget forskelligt fra resten af habitatterne med helt særlige arter af bl.a. slangestjerner og muslinger. OCM var tredje mest udbredte habitattype i A1.



HABITATTYPER: CIRKA-HVAFFOR NOGET?!

Habitaterne i denne kortlægning er baseret på en række fast definerede EU-habitattyper for hav. En habitattype defineres ved en kombination af bl.a. typen af substrat, vanddybde og lysforhold, som har betydning for, hvad der kan leve der. Habitattyperne har mindre mundrette navne som f.eks. offshore cirkalittoralt mudder (se tabel herunder). Det skal man dog ikke lade sig skræmme af, for der er egentlig blot tale om fire forskellige typer sediment (mudder, sand, groft og blandet sediment) inddelt i to forskellige dybder (cirkalittoralt og offshore cirkalittoralt). 'Cirkalittoralt' betyder bare 'tæt på kysten' og er i denne forbindelse en dybdezone defineret ved, at der stadig lige akkurat er lys nok til, at der kan gro planter/alger, men kun ganske få. Et skridt dybere nede og derfor typisk også længere fra kysten, i offshore cirkalittoral-zonen, er der ikke lys nok til planter. Her finder man næsten kun dyr og spredte koldtvandskoraller m.m. (se f.eks. foto af substrat 4 th.). Derfor kan man også tænke de officielle navne i tabellen herunder som følgende, meget forsimplede kategorier:

MUDDER – hhv. semidybt og dybt

SAND – hhv. semidybt og dybt

GROFT SEDIMENT – hhv. semidybt og dybt

BLANDET SEDIMENT – hhv. semidybt og dybt

FUNDNE HABITATTYPER (% AF FULD T AREAL)	A1	A2
Cirkalittoralt mudder (CM)	< 1 %	< 1 %
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	17 %	41 %
Cirkalittoralt sand (CS)	21 %	36 %
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	47 %	22 %
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	6 %	< 1 %
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	8 %	< 1 %
Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)	< 1 %	-
Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)	< 1 %	-

FUNDNE SUBSTRATTYPER I BEGGE OMRÅDER (% AF FULDT AREAL)

	Kode	Navn	Beskrivelse	A1	A2
	1a	Blødbund	Ensartet bund af silt, dynd, sand eller en blanding – generelt finkornet	17 %	42 %
	1b	Sand	Ensartet, fast sandbund, dvs. kornstørrelser på 0,06 til 2 mm, og evt. med skaller, grus og silt	68 %	58 %
	1c	Ler	Sandet bund med blottede lerlag	<1 %	-
	2a	Sand + småsten	Sand, grus, småsten, dog mest sand	9 %	<1 %
	2b	Sand + sten	Sand, grus og småsten og under 10 % areal dækket af sten på over 10 cm	5 %	<1 %
	3	Sand + mange sten	Sand, grus og småsten samt 10 til 25 % areal dækket med sten over 10 cm	<1 %	-
	4	Sten	Områder med sand, grus og småsten, hvor sten på over 10 cm dækker over 25 %	<1 %	-

SUBSTRATTYPER

Forskellige typer bund inddelt efter overfladens sammensætning af ler, silt, sand og sten.

MEST ALMINDELIG
Substrattypen 'sand',
eller 1b, dækkede over
halvdelen af havbunden
i begge områder.

SUBSTRAT 1a:
BLØDBUND

Med 17 % af arealet i område A1 er blødbund ret almindeligt. Består af siltet sand eller dynd. Her ses en såkaldt guldms, der er en slags søpindsvin, og en eremitskreb, som begge er forbundet med bløde bundtyper.

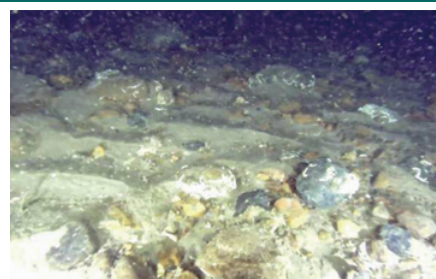


SUBSTRAT 4: STEN

Smukt eksempel på en af de sjældnere bundtyper, som her ses som et regulært stenrev fuldt af dødningskoraller og søpindsvin. Denne bundtype dækkede under 1 % i område A1 og blev slet ikke observeret i område A2.

SUBSTRAT 3:
SAND + MANGE STEN

Stadiet, inden der er tale om egentlig stenbund, ses her, hvor der er mange sten, der dog stadig dækker under 25 % af arealet. Denne type udgør under 1 % af bunden i A1.

SUBSTRAT 2b:
SAND + SMÅSTEN

Et sjældent syn i område A1, som udgør ca. 5 % af arealet. Karakteriseret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten samt spredte store sten. Her også med muslingeskaller og eremitskrebs.



SUBSTRAT 1b: SAND

Eksempel på den mest udbredte substrattypen i begge de kortlagte områder: 1b (sand). Her i A1 udgør den 68 % af havbunden. Den udgør også store områder med habitattype CS og OCS (se habitattabel s. 34). Der blev generelt fundet ret få arter på de forskellige typer sandbund, mest søstjerner, krabber og eremitskrebs, men det er også det typiske billede for den slags havbund, og derfor forventet. Her th. ses også bølgemønstre og en enlig søstjerne.





NÆSTE GEOVIDEN

Nu har vi kigget på vand, så næste gang bliver det ild. Forårets Geoviden handler nemlig om, hvordan man bruger ild til at forme landskabet. Både i nutiden og fortiden.

Foto: Naturskyelsen Thy



GEUS

DE NATIONALE GEOLOGISKE
UNDERSØGELSER FOR DANMARK
OG GRØNLAND (GEUS)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk



INSTITUT FOR GEOVIDENS KAB
OG NATURFORVALTNING (IGN)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: ign@ign.ku.dk

STATENS NATURHISTORISKE
MUSEUM (SNM)

Øster Voldgade 5-7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: snm@snm.ku.dk



AARHUS UNIVERSITET

INSTITUT FOR GEOSCIENCE (IG)
AARHUS UNIVERSITET
Høegh-Guldbergs Gade 2,
B.1670

8000 Aarhus C
Tlf: 89 42 94 00
E-mail: geologi@au.dk

geo viden

Udgiver: Geocenter Danmark

Ansvarshavende:
Mette Buck Jensen, GEUS

Redaktør og skribent:
Johanne Uhrenholt Kusnitzoff, GEUS

Design: Lykke Sandal, GEUS

Korrektur: Caroline Dea Rutter, GEUS

Tryk: Strandbygaard

Forsidefoto: Paul Knutz, GEUS

Eftertryk: Tilladt med kildeangivelse

Kontakt: geoviden@geus.dk

ISSN: 1604-6935 (papir)

ISSN: 1604-8172 (elektronisk)

GEOCENTER DANMARK

Geoviden udgives af Geocenter Danmark og er målrettet undervisningen i gymnasierne. Bladet udkommer tre gange om året. Abonnement er gratis og tegnes på geoviden.dk. Her kan man også læse bladet og finde ekstrap materiale såsom video.

Geocenter Danmark, der udgiver Geoviden, er et samarbejde mellem De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geoviden og Naturforvaltning og Statens Naturhistoriske Museum, begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geovidenskabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.