

*Palynologi:*  
**ET GEOLOGISK ARBEJDSREDSKAB**

**KONTINENTALMARGINEN  
NORDØST FOR FÆRØERNE**

**HVORFOR SKRUMPER VEJRØ ?**

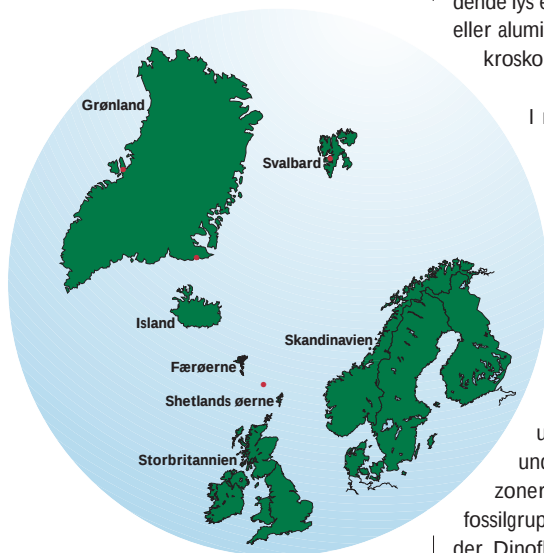
# Et geologisk arbejdsredskab



**Birgitte Ferré Hjortkjær**

*Olieeftersforskning og -indvinding ved Færøerne er måske en realitet i løbet af de næste 5 år. En række geologiske discipliner indgår i efterforskningsarbejdet. Datering ved hjælp af mikrofossiler er et af værktøjerne til at udrede områdets geologiske historie.*

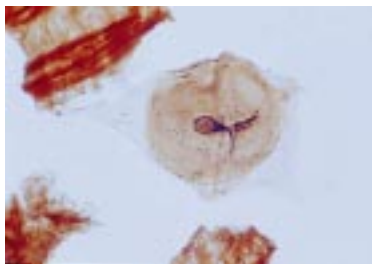
Hvad er der egentlig tilbage, når man tager en sten, som regel en finkornet sedimentær bjergart, f.eks. en skifer, knuser den og opløser alle mineralerne med stærke syrer? Faktisk en hel del, der bl.a. kan fortælle om fortidens klima, planteliv og havmiljø. Tilbage er nemlig det organiske materiale, som ikke påvirkes af almindelige syrer f.eks. sporer, pollen, dinoflagellat cyster,



Figur 2. Lokaltetskort, omkring Nordatlanten

træ- og ravstumper. En af de geologiske discipliner, der giver sig af med studiet i mikroskopet af dette organiske materiale, er palynologi.

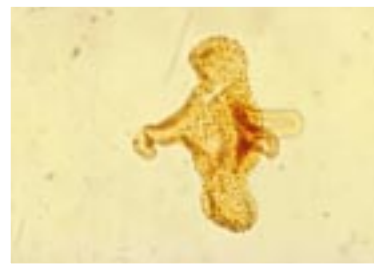
Ved den palynologiske undersøgelse prøver man at trække så megen information som muligt ud af indholdet og sammensætningen af mikrofossiler. Sedimentprøverne kan enten være indsamlet i profiler på land eller fra boremateriale. Arbejdsproceduren er i korte træk som føl-



Figur 3. Dinoflagellat cyste  
*Deflandrea oebisfeldensis*

ger: I laboratoriet bliver materialet knust og alle mineraler opløses i saltsyre og flussyre. Tilbage bliver små organiske partikler, på 0,01 - 0,5 mm der monteres på et præparatglas eller på en prøveholder, og derefter er klar til at blive studeret enten i et almindeligt mikroskop med gennemfaldende lys eller, efter bedampning med guld eller aluminium, i et scanning elektron mikroskop (SEM).

I mikroskopet kan sporer, pollen og dinoflagellatcyster artsbestemmes, og forholdet mellem mængden af de enkelte arter og fossilgrupper beregnes. Ud fra disse data opstilles et range-chart (fordelingsskema), der viser udbredelsen og mængden af arterne. På rangechartet kan ses ændringer i artssammensætninger, og ud fra disse ændringer kan det undersøgte tidsinterval opdeles i zoner og alderen bestemmes. Hver fossilgruppe har sine styrker og svagheder. Dinoflagellatcyster er således meget velegnede til datering af marine sedimenter, da der hurtigt (geologisk set!) udvikles og uddør nye arter. Ved at sammenligne de fossile arter med nutidens dinoflagellater og deres respektive cyster, kan man også få en idé om datidens havtemperaturer og næringsforhold. Sporer og pollenarter har, i de fleste tilfælde, eksisteret over en længere tidsperiode end dinoflagellatcysterne, og kan derfor sjældent give en lige så nøjagtig datering. I mange sedimenter, aflejret på land, f.eks. i søer og flodsystemer, kan de dog være de eneste fossiler at datere ud fra, og samtidig kan spore/pollenfloraen bidrage med vigtige oplysninger



Figur 4. Pollen  
*Aquilapollenites tumanganicus*.

om, hvilken vegetation der har vokset og hermed også vise noget om den tids fremherskende klimaforhold f.eks. temperatur og luftfugtighed.

Forholdet mellem mængden af de forskellige grupper af mikrofossiler bruges til at afgøre om sedimentet er aflejret på land, i et kystnært miljø eller i et overvejende marint miljø. Variationerne i disse forhold indgår, sammen med de andre palynologiske resultater og sammen med resultater fra bl.a. sedimentologiske og seismiske undersøgelser, i en samlet vurdering af et områdes olie/gas potentiale. Bestemmelse af mængden, og forholdet mellem de fundne organiske partikler, er yderst vigtig, da det er disse partikler, der under rette tryk- og temperaturforhold kan omdannes til de eftertragtede kulbrinteforbindelser.

I forbindelse med den stigende interesse for olie/gas potentialet i den færøske undergrund er det vigtigt, så præcist som muligt, at alderbestemme de ca. 60 - 45 millioner år gamle aflejringer i området omkring Færøerne (fig. 1, lokalitetskort). Til dette bruges materiale fra den engelske del af Færø-Shetland Bassinet samt fra Færøerne, Grønland og Svalbard (fig. 2, lokalitetskort). Geologien i området omkring Færøerne er beskrevet i DGU Information nr. 4, December 1994 (Tema nummer Færøerne, Geologi og Olie).

De eneste mikrofossilerende aflejringer, der kendes på selve Færøerne, består af enkelte kullag på Suderoy. Kullagene indeholder en mikroflora med en høj hyppighed af pollen (blomsterstøv), der ligner nulevende pollen fra arter af valnødderfamilien. En tilsvarende flora er fundet andre

# Palynologi anvendt på Færøerne

steder bl.a. i borerer fra Nordøst-Atlanten, på Svalbard og i England. Kullagene er dateret til Sen Paleocæn tid, og den samlede mikroflora peger på, at klimaet var fugtigt og varmt tempereret.

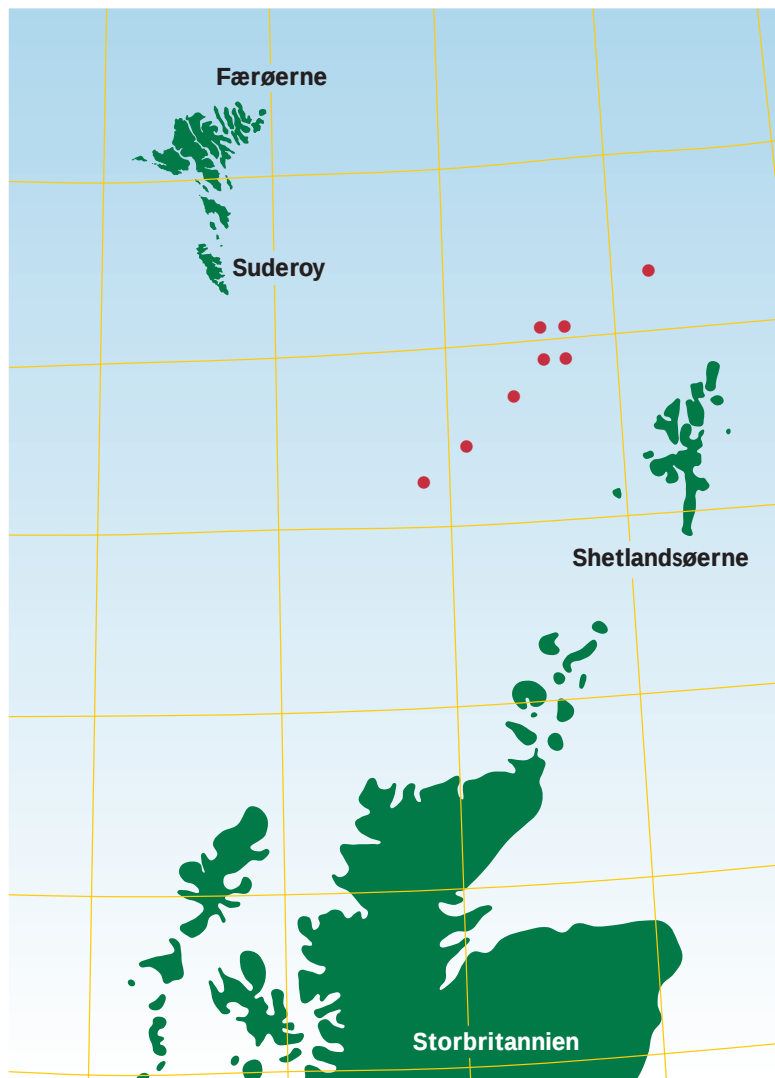
For at kunne være forberedt ved en eventuel efterforskningsboring i den færøske undergrund, er der samlet materiale fra områder, der ligger så tæt som muligt på Færøerne og fra den tidsperiode, hvori de store engelske oliefund vest for Shetlandsøerne er gjort. Dette materiale bliver for øjeblikket undersøgt palynologisk ved GEUS. Den palynologiske undersøgelse har foreløbig vist følgende:

**1.** De fleste dinoflagellatcystearter svarer til arter kendt fra velundersøgte borerer i Nordsøen (fig. 3). Både sporer, pollen og dinoflagellat cyster er rimelig pænt bevarede og kan bruges til at inddele intervallet fra Mellem Paleocæn tid til Eocæn tid i zoner, der kan sammenlignes med zoner fra bl.a. Nordsøen.

**2.** I Sen Paleocæn tid, nær grænsen til Eocæn tid, findes en række nye dinoflagellatcystearter med forholdsvis kort geologisk levetid (udbredelse). Disse arter er af typer, hvis nulevende efterkommere foretrækker meget næringsrigt vand og en moderat vanddybde. En spændende pollenart (Fig. 4) er også fundet i dette interval. Pollen af denne type er næsten udelukkende beskrevet fra Kridttiden, og de planter, der har produceret dem, er endnu ikke identificeret. De menes dog at have en svag lighed med de nulevende plantearter, sandeltræ eller mistelten, der begge er snylteplanter.

**3.** Mængden af sporer og pollen varierer gennem intervallet fra Mellem Paleocæn tid til Oligocæn tid, med en markant stigning lige omkring overgangen fra Paleocæn til Eocæn tid. Pollenfloraen er karakteriseret af pollen fra stedsegrønne planter, sandsynligvis svarende til sumpcypress, gran og fyr, men også til løvfældende planter, som f.eks. valnød og lind.

**4.** Omlejring er et karakteristisk træk ved aflejringerne omkring Færøerne. Omlej-



Figur 1. Lokalitetskort, omkring Færøerne. Prikkerne viser boresteder på britisk område.

ring bevirker bl.a. at mikrofloraer fra f.eks. Jura- og Kridttiden bliver blandet op med det tertiære materiale. Omlejringen opstår f.eks. når flodløb og kanaler eroderer sig ned i de ældre sedimenter. Når sedimenterne til sidst atter aflejres, blandes de med andre organiske partikler fra forskellige tidsperioder, og det kan være vanskeligt at skelne mellem omlejrrede og ikke omlejrrede arter.

De kommende undersøgelser forventes at kunne bidrage med en detaljeret zonerings af det relevante tidsinterval, som kan br-

ges til sammenligning, når tilsvarende sedimenter hentes op fra Færøernes egen undergrund. Det kan herved også blive muligt at bestemme alderen af kullagene på Færøerne mere præcist, og sætte deres alder i relation til tilsvarende sedimenter i Færø-Shetland Bassinet. I det hele taget vil resultaterne af den palynologiske undersøgelse bl.a. indgå som et væsentligt led for forståelsen af, hvad der skete med planteliv, klima og havforhold ved Nordatlantens åbning for omtrent 50 millioner år siden.

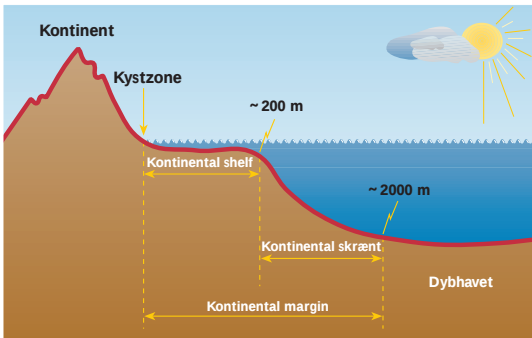
Læs mere om Nordatlantens fødsel i DGU-information, Tema nummer om Færøerne, december 1994.

# Kontinentalmarginen nordøst for



**Tove Nielsen**

*Kontinentalmarginen danner en smal overgangszone mellem de kontinentale landmasser og de dybe oceaner, og karakteren og udviklingen af marginen er bestemt af de geologiske processer både på kontinenterne og i oceanerne.*

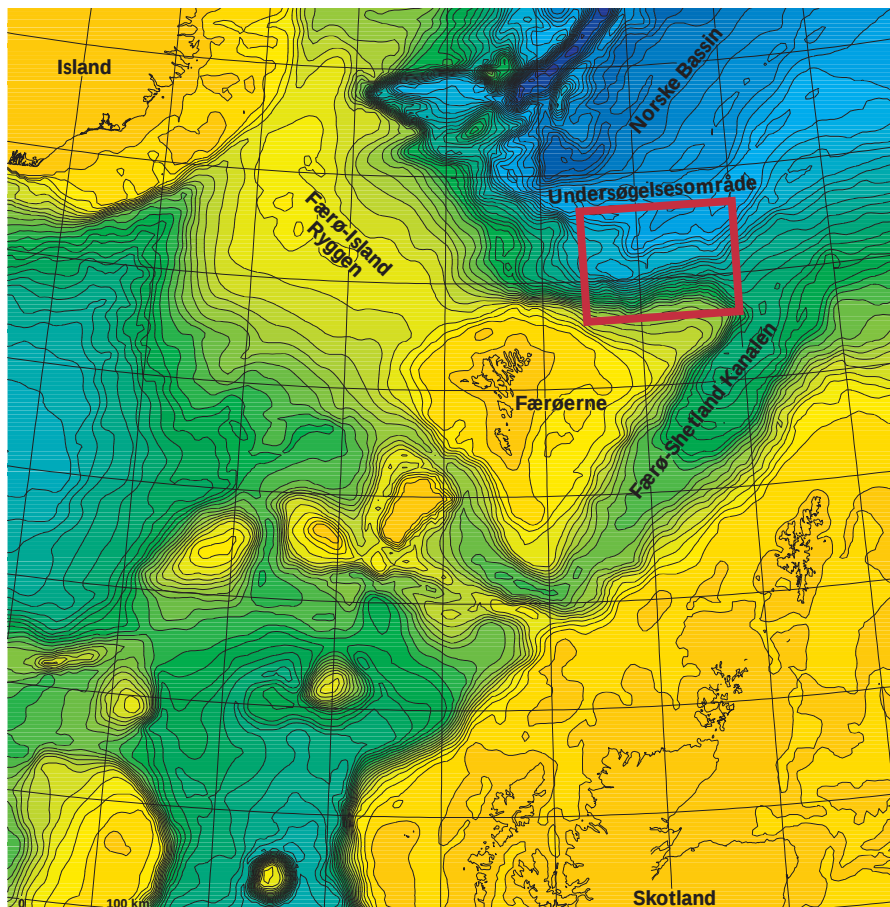


Figur 1. Skematisk tværsnit, der viser beliggenheden af kontinentalmarginen.

Et hurtigt kig på jordklodens højdeforhold viser, at den mest almindelige højde er 300 m over havniveau, og den mest almindelige dybde er 4800 m under havniveau. Selve overfladen af jorden viser altså tydeligt, at jordklodens skorpe er delt i: 1. høje, kontinentale landmasser og 2. meget dybe oceaner.

Kontinentalmarginen er derfor et velegnet sted at studere årsager og virkninger af større geologiske hændelser, f.eks. kvartæridens skiftende istider. Men studier af kontinentalmarginen har ikke kun videnskabelig interesse. I de senere år har olieindustrien vist interesse for forekomster af olie og gas i undergrunden på større vanddybder. Her er kortlægning af kontinentalmarginen af stor betydning for at få kendskab til havbundens stabilitet, når der eventuelt skal pladseres efterforskningsboringer og indvindingsinstallationer på havbunden.

Med det formål at studere de geologiske processer, der har virket på kontinentalmarginen igennem de sidste ca. 5 mill. år, er et ca. 100 x 100 km<sup>2</sup> stort område af havbunden nordøst for Færøerne blevet undersøgt ved hjælp af enkelt- og flerkanals



Figur 2. Bathymetrisk kort (vanddybdekort) over Nordatlanten omkring Færøerne med afmærkning af det undersøgte område.

seismik (se figur 2). Undersøgelsen er en del af det EU støttede Mast II-projekt ENAM (European North Atlantic Margin), der blev omtalt i DGU-Information nr 1, 1995.

Tidligere dybdekort over området viste en flad havbund, der hældte jævnt mod nord fra 500 meters vanddybder på den Færøske Platform ned til ca. 3000 meters dybde i det Norske Bassin. De nye seismiske undersøgelser har imidlertid vist, at havbundens relief er betydeligt mere dramatisk. I ca. 1500 meters vanddybde ses en stejl skrænt i havbunden, der visse steder er op til 300 m høj. Havværts for den stejle skrænt ses et 15-20 km bredt bælte, hvor bundrelieffet er meget uregelmæssigt, nærmest kaotisk (se figur 3). Både skrænten og det kaotiske bundrelief er op-

stået som følge af, at sedimentlagpakken, på den nederste del af kontinental marginen, har været ustabil og er skredet ned. Årsagen til den slags undersøiske skred diskuteres meget, og der findes flere teorier: **1)** Rystelser fra jordskælv, **2)** Store ændringer af vanddybden under istidens skiftende nedsninger eller, **3)** at der er aflejret så store mængder materiale, at det ikke længere kan bære sig selv.

I forbindelse med dette projekt arbejdes der med den teori, at nedskridningerne er sket, fordi skråningen ned mod det Norske Bassin er blevet stejlere med tiden. Dette skyldes, at det Norske Basin, siden starten af dannelsen for godt 55 mill. år siden, langsomt bliver dybere. Alle tilgængelige oplysninger antyder, at der er sket skred så sent som ved istidens afslutning, på grænsen mellem Pleistocæn tid og Holo-

# for Færøerne

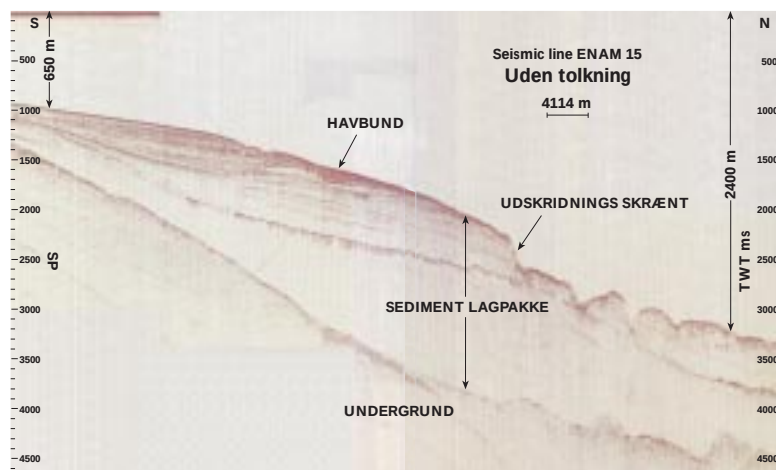
cæn tid, for omtrent 10.000 år siden. Landværts for den stejle skrænt, på 1000-1500 meters vanddybde, er bundrelieffet mere roligt og præget af sedimenter, der er aflejret af en kraftig bundstrøm, det kolde "Norwegian Sea Deep Water". Under disse strømaflejringer, der er op til 120 m tykke, ses ofte nedskredne sedimenter fra ældre skred. På ca. 1000 meters vanddybde ses flere steder nogle 70-80 m dybe skår i havbunden, der er tolket som spor efter disse ældre nedskridninger. I dag holdes skårene rene for sedimenter af den kraftige bundstøm (se figur 4).

På den højestliggende del af kontinentalmarginen er bundrelieffet jævnt. Men ned under havbunden ses et meget kaotisk mønster på de seismiske registreringer (se figur 5). Dette er tolket som, at sedimenterne i de øverste 40 m er meget sammenrodede, og at det skyldes skuren fra isbjerge, der er knækket af den faste gletcheris under de kvartære nedsisninger. Det kaotiske mønster kan følges helt ned til 800 meters vanddybde. Selv om vanddybden under istiden var mindst 100 m lavere, vidner det alligevel om en tyk gletcheris. Skuren af isbjerge over havbunden sker også i dag, f.eks. er der ved Østgrønland fundet skuremærker på omkring 650 meters vanddybde.

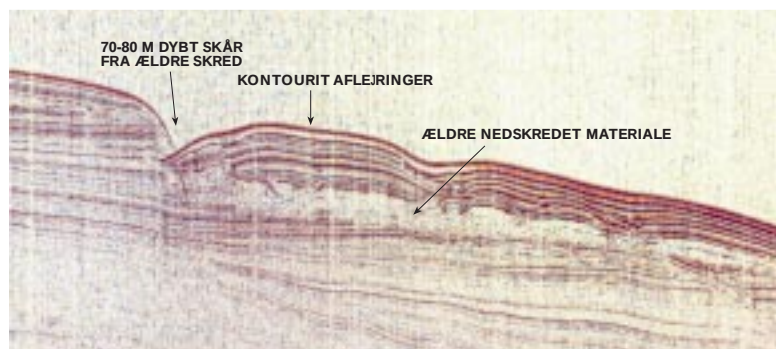
I sommeren 1995 blev der i samarbejde med det engelske (IOS) og det hollandske (NIOZ) institut for havforskning gennemført en arealdækkende opmåling, som danner datagrundlaget for udarbejdelse af en side-scan mosaik i området.

Foreløbige resultater herfra bekræfter de seismiske tolkninger.

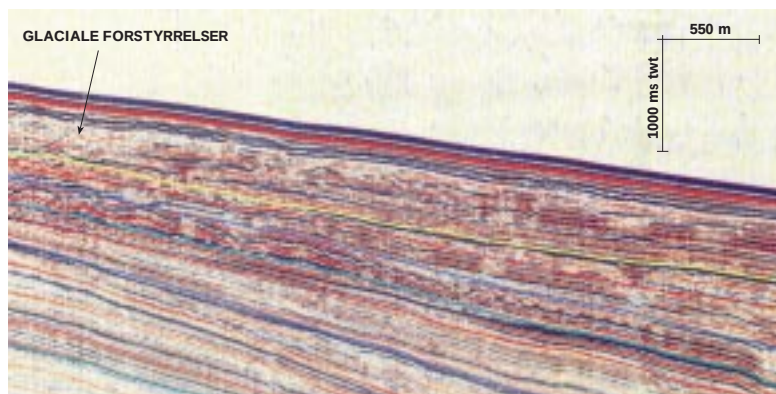
På baggrund af den stadig mere aktuelle olieagt i de Nordatlantiske farvande, kan undersøgelser, som den her omtalte, få stor værdi, da det er meget afgørende, at boreudstyr og andre installationer kan forankres sikkert i havbunden. Om olieefforforskningen omkring Færøerne, kan man læse i DGU-informations temanummer "Færøerne, Geologi og Olie" fra december 1994. Om Maringeologiske undersøgelsesmetoder, kan man læse i DGU-information temanummer "Geologi til søs" fra december 1995.



Figur 3. Seismisk linie, der viser et tværsnit af kontinentalmarginen nordøst for Færøerne. Undergrunden består af vulkanske basalter. Den overliggende sedimentlagpakke er ca. 2 km tyk. Ved 1500 meters vanddybde skrider sedimenterne ned og skaber en op til 300 m høj, stejl skrænt i havbunden. Havværts for skrænten danner skredmaterialerne et meget uroligt havbundsrelief.



Figur 4. Den midterste del af kontinentalmarginen, nordøst for Færøerne, er præget af strømaflejrede sedimenter ("kontouriter"), der er aflejret af den kraftige bundstrøm kaldet "Norwegian Deep Sea Water". Under kontouriterne ses ofte nedskredet materiale fra ældre skred. Omkring 1000 meters vanddybde ses flere steder 70-80 m dybe skår i havbunden. Disse er spor efter de ældre skred, og skårene holdes i dag rene af den kraftige bundstrøm.



Figur 5. På den højestliggende del af kontinentalmarginen, nordøst for Færøerne, er sedimenterne, i de øverste 40 m under havbunden rodet sammen, antagelig som følge af skuren fra isbjerge fra gletcheris, dannet under de kvartære nedsisninger.

# HVORFOR SKRUMPER VEJRØ ?



Af Merete Binderup

**Studier af Vejrø og omgivende farvande har vist, at øen i løbet af ca. 35 år er skrumpet og stadig skrumper som følge af naturlige processer og råstofindvinding på havbunden i øens nærhed.**

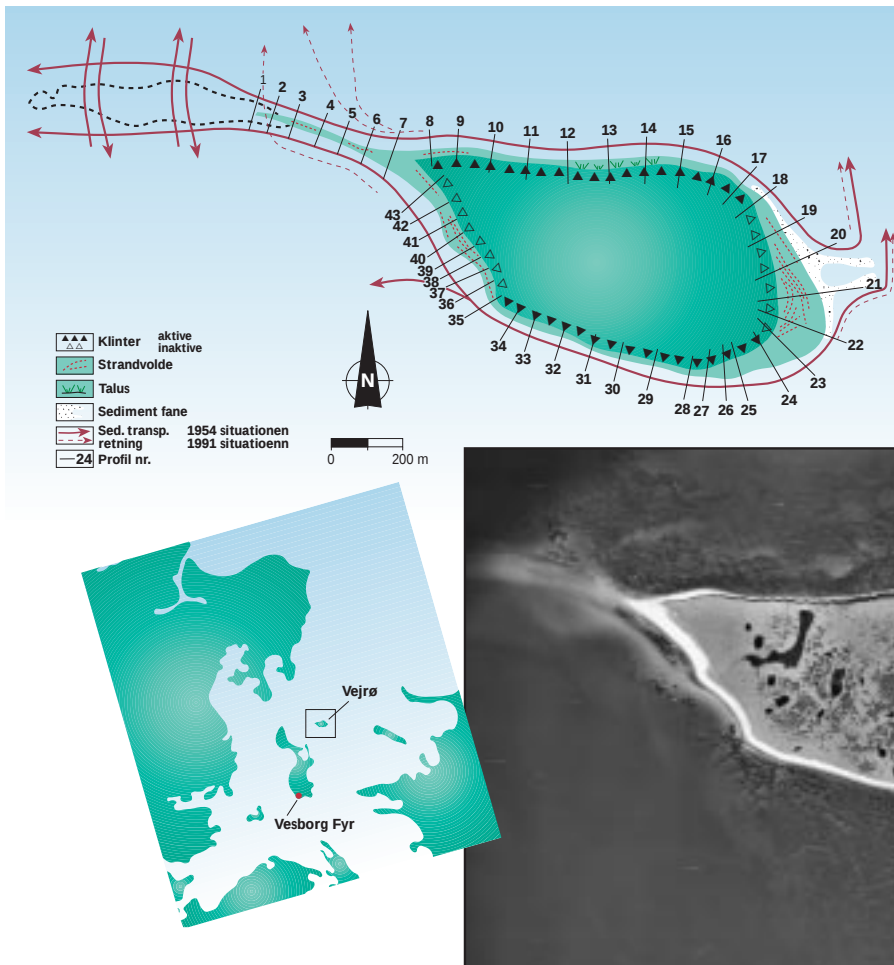
Vejrø er en lille ø i Kattegat, ca. 8 km nordøst for Samsø. Øen er blot 0,5 km<sup>2</sup> stor, svarende til omtrent 100 tønder land. Den ligger ubeboet og ubenyttet hen, og den ligner til forveksling så mange andre danske småøer. Ser man bort fra øens værdi som levested for dyr og planter og som rasteplass for fugletræk, kan man med god ret undres over, at der netop på dette sted er udført detaljerede undersøgelser af ky-

stens tilstand og udvikling. Oftest er det jo de kyststrækninger, der er truet af havet, hvor økonomiske interesser står på spil, der tiltrækker sig den største opmærksomhed. Men Vejrø adskiller sig på ét punkt væsentligt fra mange af de øvrige småøer. Der har nemlig indtil for ganske nylig fundet råstofindvinding sted i dens umiddelbare nærhed. Skov- og Naturstyrelsen, Råstoflovens forvalter, fik sat en undersøgelse i gang af kystændringerne på Vejrø. Man ønskede at få belyst, om råstofindvindingen på Nordvestrevet af Vejrø havde indflydelse på øens kyststrækninger, og en vurdering af de mulige fremtidige kystændringer.

## Landskabsformerne på Vejrø

Øen har en kerne af istidsaflejringer bestående af moræner. Der er klintekyster på nord-, syd- og sydvestkysten, et marint forland på østkysten, og mod nordvest en odde, opbygget af sand og grus, der fortsætter i et undersøisk rev, Nordvestrevet.

Den nordvendte kystklint har en højde på ca. 22 m.o.h.; den er under erosion og endnu ikke fuldt udlignet, dvs. at der endnu ikke er indtruffet en ligevægt mellem kystens form og bølge- og strømforholdene. Den sydvendte kystklint er knap 10 meter høj, fuldt udlignet og praktisk taget stabil, men fremstår stadig vegetationsløs, fordi planterne endnu ikke har fået fodfæste. Disse kystklinter bræmmes mod havet af en gan-



Figur 1. Oversigtskort over Vejrø beliggenhed, flyfoto af Vejrø, optaget 1961 samt Kort over Vejrø landskabsformer (geomorfologi) og kystlinje-forløb i 1954. Sediment transportretninger er vist for to situationer. De fede pile illustrerer 1954-situationen, mens de punkterede pile viser 1991-situationen, efter at revet er blevet nedbrudt og eroderet. I situationer med kraftig vind og bølger fra nordvest, kan man på flyfotos iagttage en sedimentfane øst for øen. Den drejer skarpt mod nord og kan følges i denne retning over en strækning på mere end en kilometer ud i havet.

Figur 2. Netto kystlinje-erosion fra 1954 til 1988 udtrykt som fjernet areal. Profilernes placering fremgår af det morfologiske kort. Sektion B, C, D og E viser erosionen/væksten af hhv. de nord-, øst-, syd- og sydvest-orienterede kystafsnit. Sektion A viser ændringerne i bredden af odden, dvs. den oversøiske del af revet.

ske smal, ubegroet strandbred. Klinten mod sydvest er svagt erosiv, delvis vegetationsdækket, og den tilstødende strandbred forholdsvis bred med flere strandvolde. Det marine forland, der adskilles fra morænekernen af en ældre, nu tilgroet kystklint, er opbygget af en række strandvolde og er delvist vegetationsdækket.

### Undersøgelserne

Analysen af kystændringerne er baseret på flyfotos fra 1954, -61, -69, -75, -78, -83 og -88. Kystændringerne er målt i profiler vinkelret på kysten. Målenøjagtigheden er ca. +/- 5 meter. Kystændringerne er påvist ved målinger af flere forskellige variable, "kystlinje-indikatorer", da det kan give anledning til mistolkninger, hvis der kun benyttes én variabel. Der er således både målt ændringer af kystlinje, af klinttop og af vegetationsudbredelse. Der er endvidere, af Geo-scandic A/S i 1991, udført en detaljeret hydrografisk undersøgelse, med bl.a. en kortlægning af havbundens relief i revområdet.

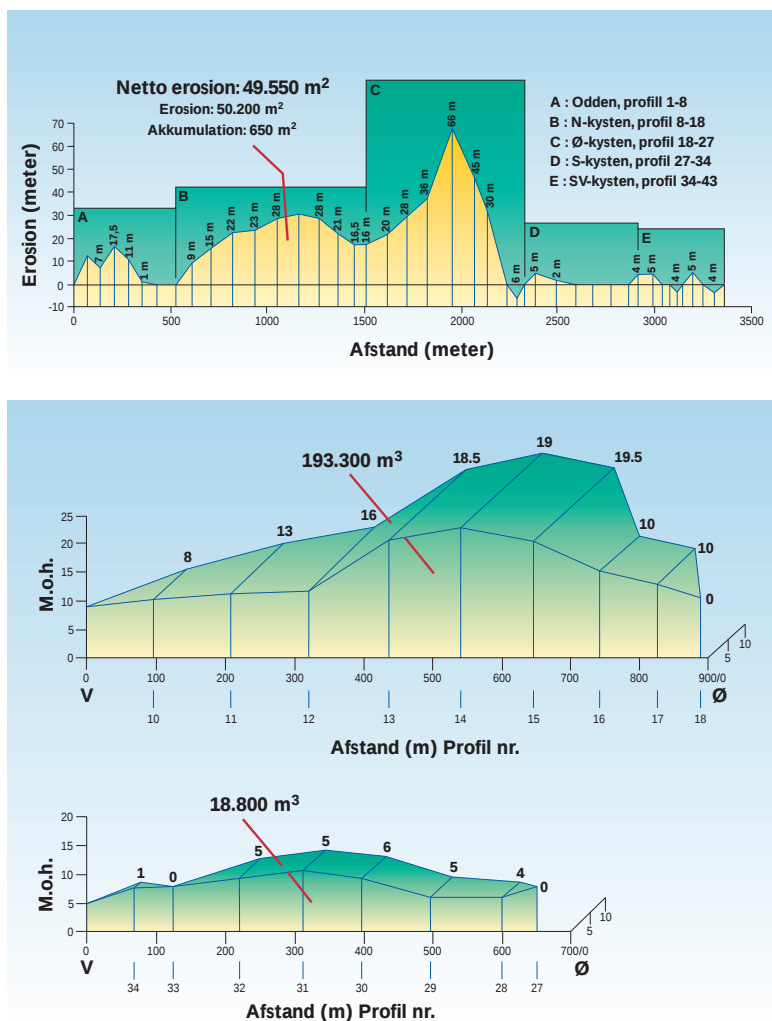
### Hvad fandt man ud af?

Kystlinjeændringerne for perioden 1954-1988 viser store lokale forskelle, afhængig af kysttypen og af den geografiske orientering af de enkelte kystafsnit.

Den mest markante kystlinjeændring findes på nord- og østkysten, hvor kystlinjen maksimalt er eroderet henholdsvis 30 og 66 m tilbage, mens kystlinjen mod syd og sydvest stort set er stabile. Den samlede erosion af kysten fra 1954-1988, opgjort som kystlinjeændringer, beløber sig til et areal på ca. 50.000 m<sup>2</sup> (ca. 10 tønder land).

### Klinterne:

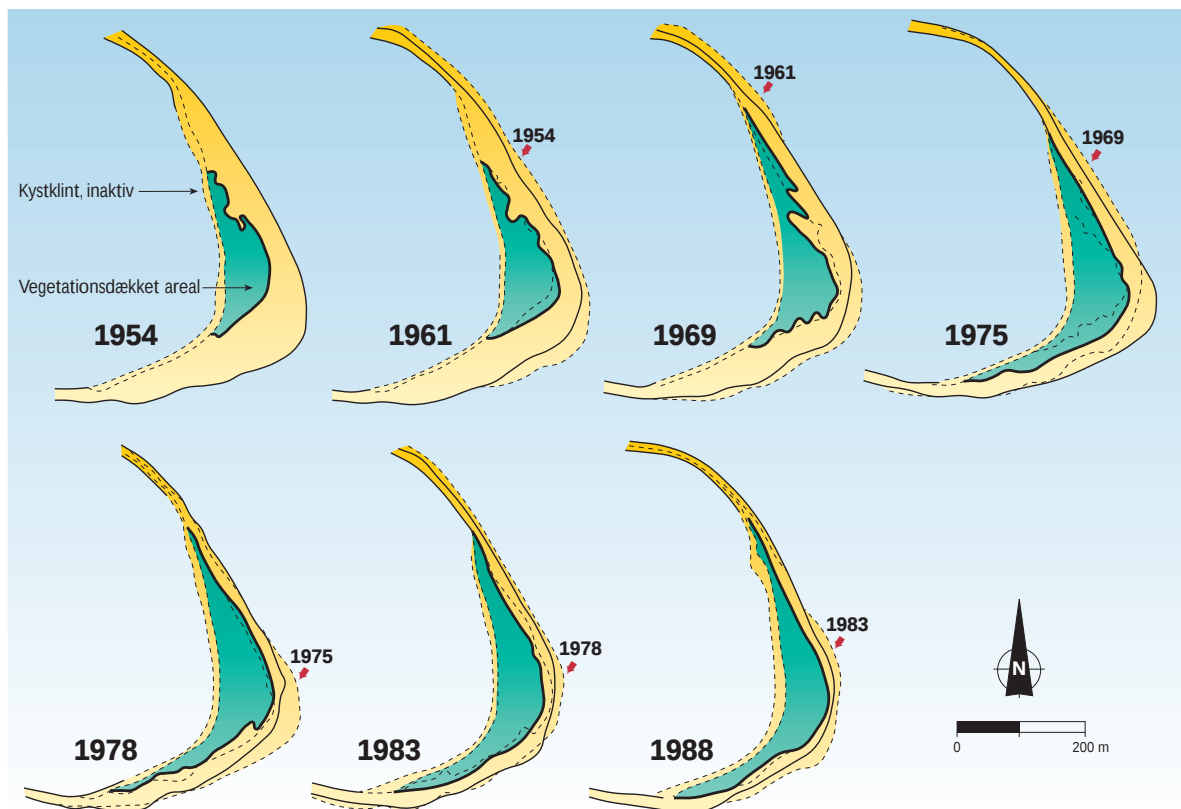
Materiemængderne ved klinterosionen på nordkysten fra 1954-88 er ca. 200.000 m<sup>3</sup>, og den maksimale tilbagerykning af



Figur 3. Netto 1954 til 1988 erosionen af hhv. den nord- (øverst) og sydvendte (nederst) kystklint udtrykt som fjernet materiemængde (volumen). Alle størrelsesangivelser er i meter. Overhøjet 12 gange. Profilnumrene er angivet under X-aksen, og højden af klinterne kan aflæses på Y-aksen. Tilbagerykningen af klinttoppen i hvert profil er vist med fede diagonal-linjer og tallene over disse.

klinttoppen ca. 19 m, svarende til gennemsnitlig 1/2 m om året. Denne størrelse er ikke usædvanlig for kystklinter udformet i morænelersaflejringer i indre danske farvande. Den samlede materiemængde ved klinterosion på sydkysten er væsentlig mindre, kun ca. 20.000 m<sup>3</sup>, og den maksimale tilbagerykning omkring 6 m; altså næppe større end målenøjagtigheden. Den nordlige kyststrækning har altså været ud-

sat for en markant erosion, mens den sydlige kyststrækning ser ud til at have været noget nær uændret, hvad enten der er anvendt kystlinje eller klinttop som variabel ved opmålingen af kystændringerne. Man kan altså se bort fra den mulighed, at de målte kystændringer blot skulle være et udtryk for forskelle i havspejlets beliggenhed eller forskelle i hældningen af strandbredden i perioden fra 1954 til 1988.



Figur 4. Udviklingen af kystlinjeforløbet og vegetationsudbredelsen ved det marine forland i perioden 1954 til 1988.

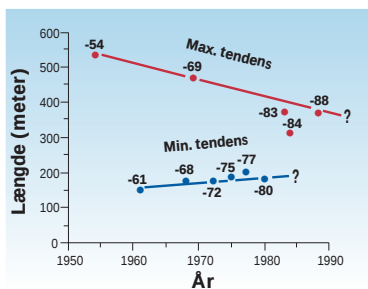
#### Det marine forland:

Mens kystlinjen ved det østvendte marine forland, som før nævnt, rykkede voldsomt tilbage (66 meter), var der i den samme periode en vækst af vegetationsdækkets udbredelse, der resulterede i en markant formindskelse af strandbredden. Undersøgelserne i dette kystafsnit viser, at det kan give anledning til fejltolkninger af kystudviklingen, hvis der kun anvendes én variabel, i dette tilfælde vegetationsgrænsen, som udtryk for kystens tilstand.

#### Odden:

Odden har igennem tiderne haft betydelig varierende længde.

Samtidig med nedbrydningen af selve revet er den største oddelængde reduceret, mens den i de perioder, den var kortest, har vist tendenser til "vækst".



Figur 5. Længden af odden (den oversøiske del af revet) målt på 11 flyfotos fra forskellige år i perioden 1954 til 1988.

Med andre ord: forskellen mellem største- og korteste oddelængde, er blevet mindre i løbet af perioden 1954-88.

#### Revet:

Udviklingen af Nordvestrevet og odden har fulgt de samme tendenser som nord-

og østkysten. Af flyfotoanalyserne fremgår det, at den undersøiske del af revet i 1954 fremstod massiv og intakt, mens der allerede fra 1961 var tegn på nedbrydning, hvorefter erosionen accelererede. Fotoet fra 1975 viser tegn på følger af råstofindvinding i området, og på fotoet fra 1988 kan man kun se mindre og isolerede dele af revet. Beregninger af ændringer i matrialemængderne mellem 1981 og 1991 (den nye kortlægning af havbundsrelieffet) viser tilsvarende, at sedimenttabet fra nord-siden af revet beløber sig til ca. 520.000 m<sup>3</sup> (svarende til en kasse med et areal på en tønde land og med en højde på 95 meter!), og fra sydsiden til ca. 725.000 m<sup>3</sup>. Der er samtidig skabt strømskår på tværs af revet, og sedimenttransporten er ændret radikalt. I 1954 kunne den således finde sted "begge veje" på tværs af revet, mens den nu kun finder sted fra syd mod nord.

Figur 6. Udviklingen af den undersøiske del af revet fra 1954 til 1988, iagttaget på flyfotos. Den stiplede linje repræsenterer grænsen for den synlige del af revet, og er ikke et direkte udtryk for stabiliteten af revet. Den mørke signatur (1961, -69 og -75) repræsenterer lavninger og huller i revets overflade.

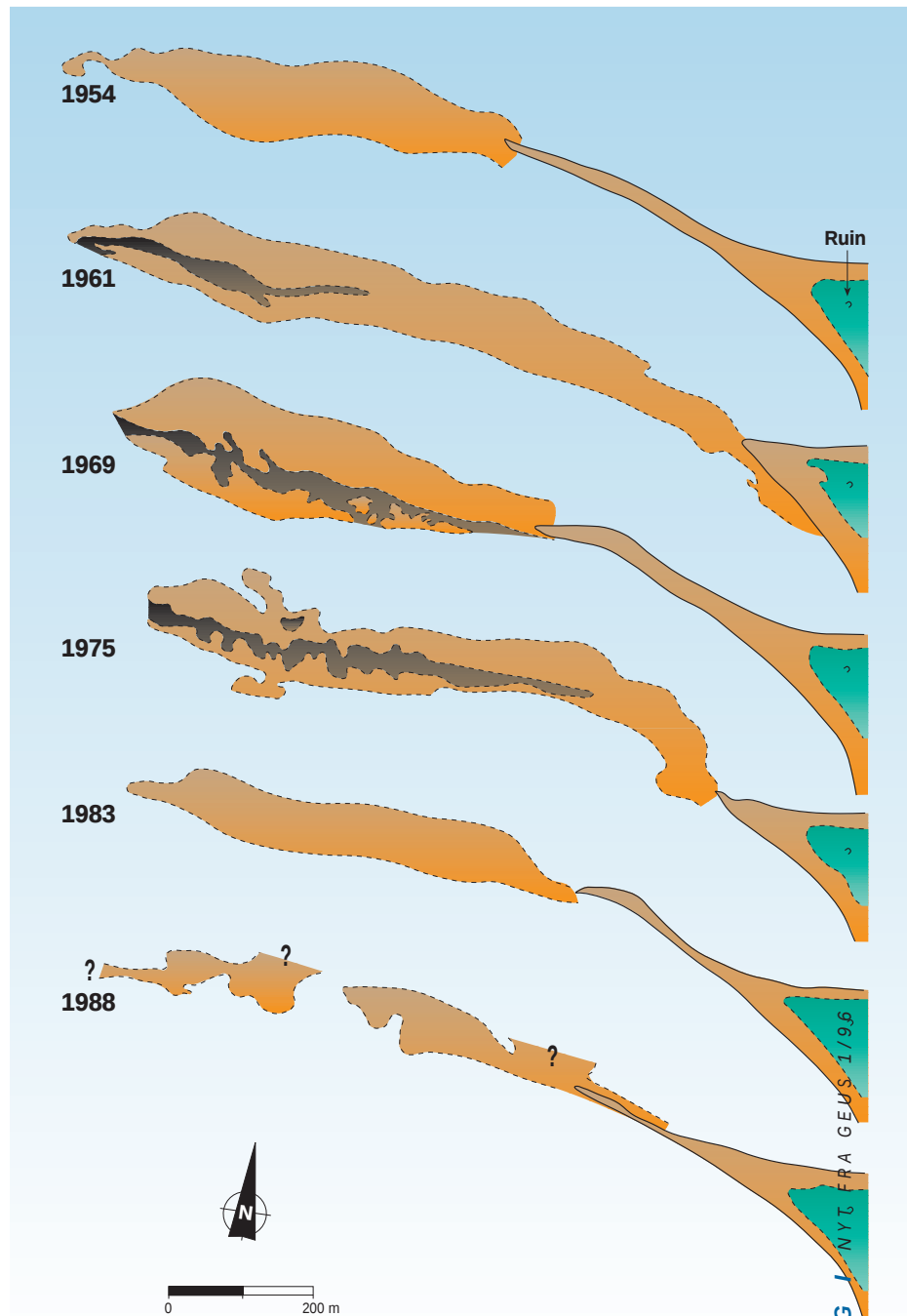
### Hvorfor gik det som det gjorde?

Der er ingen tvivl om, at råstofindvindingen har været en medvirkende årsag til nedbrydningen af revet. Men det er vanskeligt at afgøre, hvor stor den ville have været, hvis der ingen indvinding havde fundet sted. Indvindingsperioden har nemlig været præget af en stadig større bølgepåvirkning og af et stigende havspejlsniveau, samtidig med en mindre sedimenttilførsel fra sydkysten. Disse forhold skal kort belyses:

#### Sedimentkilderne:

Ved at sammenligne kystlinjeforløbet, på kort fra 1922, med 1954-situationen, kan man se, at såvel den nordlige som den sydlige klintekyst i løbet af perioden er eroderet 20-30 meter tilbage. Det fremgår endvidere af 1922-kortet, at sydkysten allerede på dette tidspunkt var udlignet, mens nordkysten var karakteriseret af et markant forland, hvis tilstedeværelse også kan iagttages på kort fra 1984, dog i stærkt reduceret omfang. I perioden fra 1922 til 1954 har begge kystklinter således været sedimentkilder for revområdet, mens det derefter kun er nordkysten, der har bidraget med materiale.

Denne observation skal ses i sammenhæng med, at forholdene for transport af materiale på revet i løbet af de sidste 30-40 år har ændret karakter. Sedimenttransporten på tværs af revet finder nu kun sted fra syd mod nord (og ikke omvendt). Den mulighed, at mængden af de indvundne råstoffer kunne afbalanceres af en naturlig sedimenttransport til revet, er altså ikke

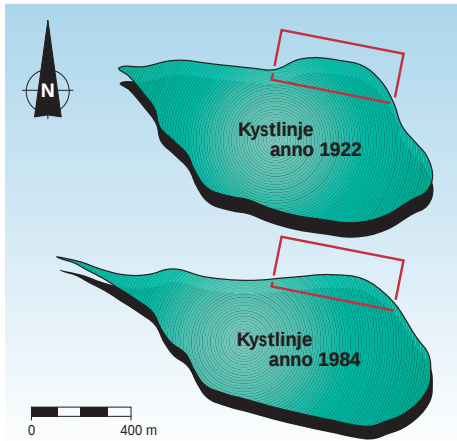


(længere) til stede.

#### Vind, bølger og vandstandsforhold:

Analysen af vindklimaet omkring Vejrø, for perioden 1890-1988, er baseret på data fra Vesborg Fyr på Samsø. Det fremgår bl.a., at

vindenergien er godt og vel fordoblet fra ca. 1960 til begyndelsen af 1980'erne. Væksten har været nogenlunde ligeligt fordelt på alle de retninger (dvs. vest, sydvest, nordvest, sydøst, og syd), hvor det frie



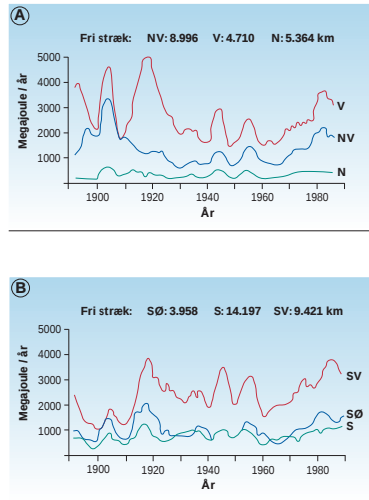
Figur 7. Formen af Vejrs kystlinje i hhv. 1922 og 1984.

stræk (dvs. hvor vinden ikke bliver bremset af land) regnet fra Vejrs, er stort nok til, at tilstrækkeligt kraftige bølger kan dannes og påvirke kysten.

Fra midten af 1970'erne og frem til 1990 har der også fundet en havspejlsstigning sted på ca. 4 mm om året, eller ca. 4 gange så stor, som den gennemsnitlige stigning for hele perioden 1890-1990. Med andre ord har en stærkt forøget bølgeaktivitet, som følge af vindenergien, været ledsaget af en stadig højere beliggenhed af havspejlet og deraf følgende forøget mulighed for erosion.

Man kan undres over, at perioden 1954-1988 er karakteriseret af en markant erosion af nordkysten, mens sydkysten fremstår omtrent stabil. Det er der flere mulige forklaringer på: En del af erosionen af nordkysten kan tilskrives den opkoncentrering af bølgeenergien, der finder sted omkring "forbjerget", øens højeste område. Ligeledes betyder kystklynernes forskellige højde (klynten på nordkysten er ca. dobbelt så høj som klynten på sydkysten), at den mængdemæssige erosion af nordkysten - ved samme kystlinietilbagetrækning - vil være større end på sydkysten.

Men den væsentligste årsag er sandsynligvis vindstuvning. Kattegatområdet har, i perioder med vedvarende vestenvind, typisk høje vandstande, fordi Fyn og Sjælland, med smalle sunde og bælter, danner en



Figur 8. Vindenergi og det gennemsnitlige effektive frie stræk.

#### A: Nordlige kystklyn

Vindenergien (sum af vindhastigheder større end 5,5 m/sek) og størrelsen af det frie stræk for de retninger, der har betydning for den nordlige kystklyn.

#### B: Sydlige kystklyn

Vindenergien (sum af vindhastigheder større end 5,5 m/sek) og størrelsen af det frie stræk for de retninger, der har betydning for den sydlige kystklyn.

Alle kurver:

5 års glidende gennemsnit af data.

barriere for vandudvekslingen med Østersøen. Situationen er den omvendte ved vedvarende øst- og sydlig vind, hvor vandet har fri passage mod nord. Den stigende energi i vestenvindsretningerne medfører derfor, at bølger fra disse retninger vil angribe de sydvest-, vest og nord-vestvendte kyster i et forholdsvis højt niveau, mens bølger, der kommer fra de syd- og østlige retninger vil angribe kysterne, der vender i disse retninger i et forholdsvis

lavt niveau, og altså længere fra land.

### Beskydning og nedbrydning af klynterne:

Til listen over årsager til kysterosion på Vejrs skal føjes yderligere to, der er ret specielle. For det første har Vejrs kystklyn været anvendt som mål for skydøvelser fra marinefartøjer. For det andet blev øen, i perioden 1920-60, benyttet som græsning for kvæg. Man brød de overhængende dele af klynterne ned for at mindske risikoen for, at kreaturerne faldt ned på stranden. Der er ingen tvivl om, at begge disse omstændigheder har bidraget til erosionen af klynterne, men størrelsen kan ikke bestemmes.

### Vejrs fremtidige kystudvikling

Kystændringerne på Vejrs er et resultat af såvel menneskeskabte som naturlige faktorer. Den direkte menneskelige indvirkning er ikke længere til stede. Klynterne bliver hverken beskyttet eller brudt ned, og råstof-indvindingen på revet blev stoppet af Skov- og Naturstyrelsen i 1994. Men udformningen af revet og ikke mindst sedimenttransportforholdene er ændret så markant, at en varig ubalance i sedimentationsforholdene omkring revet er skabt. Stoppet for råstof-indvindingen vil antagelig blot medføre, at nedbrydningen vil foregå langsommere. Med mindre der sker en radikal ændring af udviklingen i vindklimaet og havspejlsniveauet, er det ikke sandsynligt, at nedbrydningen vil ophøre. En reduktion af vindenergien og en stabilisering af havspejlsniveauet ville formentlig mindske erosionshastigheden af nord- og østkysten, der i bedste fald vil stabilisere sig, som det tilsyneladende er sket med syd- og sydvestkysten. En mindre erosion af nordkysten vil dog samtidig betyde, at sedimenttilførslen til odden vil blive formindsket.

Hvis den udvikling fortsætter, som har karakteriseret havspejlsniveauet og vindenergien i løbet af de sidste årtier, er der således næppe tvivl om, at erosionen af Vejrs kyster vil fortsætte. Hvis man regner med den erosionshastighed, som har hersket indenfor de sidste ca. 35 år, vil der dog hengå mindst 350 år før Vejrs helt forsvinder i havet.

## Geologiske data og modellering af grundvandsreservoirer



Peter Gravesen

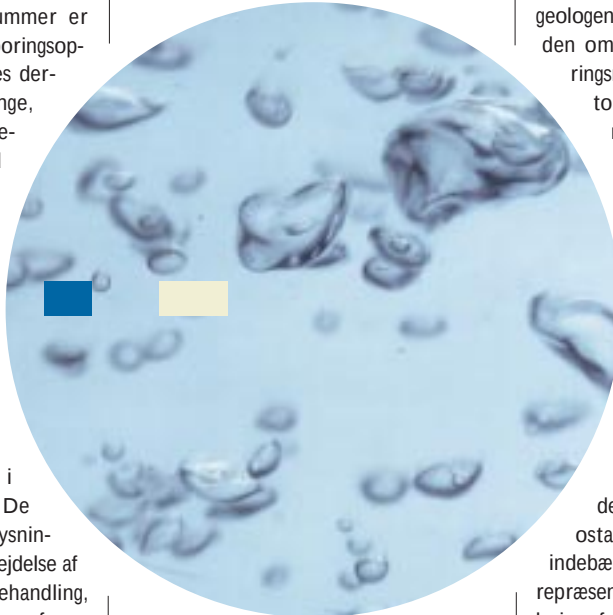
*Siden Borearkivet, ved det nuværende GEUS, blev oprettet i 1926, er der indsamlet, systematiseret, registreret og opbevaret boringsdata om grundvand og geologi.*

De enkelte boringers arkivnummer er nøglen til genfindning og brug af boringsoplysningerne. Nummeret benyttes derfor også i talrige sammenhænge, hvor geologiske oplysninger benyttes, f.eks. i forbindelse med den offentlige administration af grundvandsressourcen.

I Borearkivet findes oplysninger om over 250.000 boringer, hvoraf oplysninger fra ca. 180.000 boringer er benyttet i edb-boringsdatabasen ZEUS. De mange edb-lagrede boringsoplysninger er bl.a. grundlaget for udarbejdelse af geologiske kort og for databehandling, hvor data kan sammenstilles i form af geologiske profiler eller i diagrammer.

For at fremme en hurtig edb-lagring af boringsoplysninger er der udarbejdet et nyt indberetningssystem for boringsdata til PC-ZEUS boringsdatabasen, der er den pc-baserede udgave af ZEUS basen. Indberetningsmodulet er blevet præsenteret for landets brøndborere, og flere firmaer er i gang med at afprøve det.

ZEUS Boringsdatabasen rummer geologiske data, der er baseret på geologisk bedømmelse af jordprøver i Boreprøvelaboratoriet på GEUS, eller på geologiske vurderinger fra andre. Oplysningerne er af forskellig kvalitet og kan variere meget.



Der er således klar sammenhæng mellem hvor ofte man tager prøver, dvs. prøvetætheden i boringen, samt prøvekvalitet, og de muligheder der er for at vurdere den geologiske opbygning af et givet grundvandsreservoir. Geologiske data om boringer fra de sidste 20 år er som regel mere detaljerede end oplysninger om ældre boringer.

De geologiske data, som skal sammenlignes fra boring til boring og sammenstilles, f.eks. til en geologisk model for et grundvandsreservoir, er således ofte af forskellig kvalitet.

Der er mindst to måder på hvilke man kan komme ud over dette problem med sammenlignelighed.

Den traditionelle metode indebærer, at geologen bearbejder materialet ud fra viden om geologiske processer og aflejningsmiljøet i området. Den geologiske tolkning af jordlagene foregår manuelt på edb-udtegnede profiler og kort. Ved denne fremgangsmåde kan datamængden af og til være så stor, at det kan være vanskeligt at bevare overblikket og muligheden for at anvende alle data med lige stor vægt. Hvis modellen skal indgå som geologisk grundlag i en grundvandsmodel, skal den først edb-bearbejdes, eventuelt digitaliseres.

En anden metode er at bearbejde de mange edb-lagrede data med geostatistiske metoder, som dog også indebærer vurdering af datakvalitet og repræsentativitet. Ved **stokastisk** modellering af et grundvandsreservoir vil der typisk kunne fremstilles en række lige sandsynlige forslag (modeller) til et reservoirs geologiske opbygning. Ud fra disse forslag kan man vælge en eller flere geologiske modeller, der kan indgå i en egentlig grundvandsmodel.

Begge metoder er farbare veje til at udnytte de store geologiske datamængder i Borearkivet og ZEUS-boringsdatabasen.

# Nyt design og navn



## Knud Binzer (redaktør)

I DGU-information Nr. 3 fra november 1995 meddelte vi, at de to tidligere, uafhængige geologiske undersøgelser, Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) med virkning fra 1. juni 1995 blev sammenlagt til én geologisk undersøgelse "Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse" med kaldenavnet "GEUS".

Kaldenavnet GEUS er en forkortelse af Geologisk Undersøgelse, som man hører i

telefonen når man ringer til instituttet. For fremtiden er der således kun én national geologisk undersøgelse inden for rigsfællesskabet mellem Danmark, Færøerne og Grønland.

Instituttet skal varetage den geologiske kortlægning og forskning i et enormt geografisk område, der også indbefatter havområderne omkring Danmark, Færøerne og Grønland; en opgave som det nye institut føler sig godt rustet til at løse, både med hensyn til personale, tidssvarende, veludstyrede laboratorier og moderne edb-systemer.

Instituttets nye logo skal symbolisere jordkloden med dens mange lag - og geologernes studium af et lille udsnit af disse.

Konsekvenserne af fusionen er selvsagt mangfoldige. Selvom de to tidligere institutioner på mange måder lignede hinanden, er der flere områder, hvor man må tænke i nye baner, bl.a. med hensyn til betegnelse og navne på de fremtidige udgivelser. Således er navnet på det foreliggende blad blevet ændret til:

"GEOLOGI - Nyt fra GEUS".

Vi håber at læserne vil tage vel imod bladet i dets nye iklædning.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse er en forsknings- og rådgivningsinstitut under Miljø- og Energiministeriet. Instituttets hovedformål er at udføre videnskabelige og praktiske undersøgelser på miljø- og energiområdet samt at foretage geologisk kortlægning af Danmark, Grønland og Færøerne.

GEUS udfører tillige rekvirerede opgaver på forretningsmæssige vilkår. Interesserede kan bestille et gratis abonnement på **GEOLOGI - NYT FRA GEUS**. Bladet udkommer med jævne mellemrum, 4 gange om året.

GEUS giver i øvrigt gerne yderligere oplysninger om de behandlede emner eller andre emner af geologisk karakter.

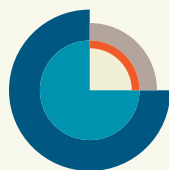
Henvendelser bedes rettet til Knud Binzer

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

**GEOLOGI - NYT FRA GEUS** er redigeret af geolog Knud Binzer (ansvarshavende) i samarbejde med en redaktionsgruppe på instituttet.

## Skriv, ring eller mail:

GEUS  
Danmarks og Grønlands  
Geologiske Undersøgelse  
Thoravej 8, 2400 København NV.  
Tlf.: 31 10 66 00  
Fax.: 31 19 68 68  
Internet [GEUS@GEUS.dk](mailto:GEUS@GEUS.dk)



**GEUS**

## GEUS publikationer:

Hos Geografforlaget kan alle GEUS's udgivelser købes.

Henvendelse kan ske enten på tlf.: 64 44 16 83 eller telefax: 64 44 16 97.



Adressen er:  
GEOGRAFFORLAGET 5464 Brenderup

ISSN 1396-2353

Produktion: GEUS Grafisk

Tryk: From & Co.

Forsidebillede: Peter Moors

Illustrationer: Annabeth Andersen