



[www.duc.dk](http://www.duc.dk)

*En tre-dimensionel computer-model af Gorm feltet i den danske del af Nordsøen.*

Forfatter: **Lars Søndergård**. Layout og tryk **Highlight.dk**

**Fotos:** For- og bagsidefoto: Highlight

s. 2 GEUS

s. 3 2006 First Classics, Inc. License by Agentur Fuchs, Stuttgart

s. 4, 6, 8, 11 Arne Møller

s. 5 Getty Images – s.10 Visit Denmark

Øvrige: A. P. Møller-Mærsk med mindre andet er angivet.

The image features a geological map of Denmark as the background. The map uses a color gradient from blue (low elevation) to red (high elevation) to represent topography. Overlaid on the map is a geological cross-section showing various subsurface layers in different colors, such as purple, blue, green, yellow, and orange, representing different geological strata. The text is overlaid on the map.

OLIE OG GAS I DANMARK

# 2 Geologi og efterforskning

**For 100 år siden foregik olieagten på må og få.  
Et oliefund var ofte rent held eller et resultat af  
flere års hårdt slid og utallige borerer.**

**Takket være geologers viden og avanceret teknik  
ved vi i dag langt mere om undergrunden.**



I 1904 tog danske geologer til Stevns Klint for at se nærmere på det kridtlag, som andre steder i Danmark og under Nordsøen ligger i flere kilometers dybde. Halvejs oppe ad klinten afløses det lyse kridt af et mørkere kalklag. Overgangen mellem de to aflejringer fandt sted for 60 mill. år siden. Netop på det tidspunkt forsvandt de store dinosaurer. Mens de danske geologer hyggede sig på Stevns, blev deres kolleger sat ind i olieagten i jungler, ørkener og vilde bjergegne over store dele af jorden.



## Jordens kontinenter bevæger sig i forhold til hinanden



Geologer mener, at Afrika, Sydamerika, Europa og Nordamerika engang har været et sammenhængende kontinent, der er brudt i stykker og langsomt er gledet fra hinanden. Denne kontinentaldrift, hvor hele verdensdele er stødt sammen eller flydt fra hinanden kan forklare, hvorfor vi nogle steder har høje bjergkæder og andre steder dybe oceaner. Når kontinenter støder sammen, opstår der kæmpe folder i jorden. På denne måde dannes bjergkæder og kløfter.

Det er altså varme og tryk i jordens indre, der skaber strømme i jordens kappe og dermed får jordskorpen til at bevæge sig. Også i vore dage driver kontinenterne i forhold til hinanden. Afstanden mellem Amerika og Europa forøges hvert år med nogle millimeter.

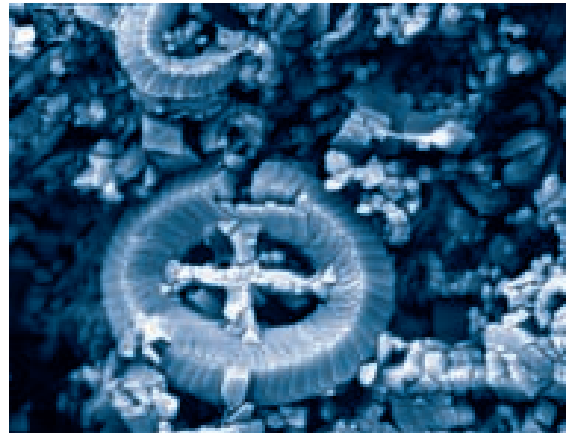
Det kan tage millioner af år at folde bjerge. Så længe foldningerne er nye, kan bjergene være meget høje, men vand, vind og is slider bjergtoppene ned. Det eroderede materiale - grus, sand og ler - føres ned i dalene og via floder ud i havet. Her aflejres det.

Et område som Nordsøen, hvor der aflejres materialer, kaldes et bassin. Og det er i sådanne bassiner, at vi finder den allerstørste del af jordens olie og gas.

### Olie og gas bliver til

For at forstå, hvordan olie og gas blev dannet, må vi bruge tidsmaskinen og gå 400 millioner år tilbage.

Dengang var jorden endnu øde og gold. I havet fandtes dog muslinger, snegle og orme, som levede af mikroskopiske alger. Langsomt - det vil sige i løbet af nogle millioner år - blev jorden grøn. De første planter stak hovedet op i sumpområder, og senere bredte kæmpebregner sig over det meste af jorden. Senere kom dyrene. Først fisk, og for tre hundrede millioner år siden kravlede de første krybdyr op på land.



En boreprøve fra Nordsøen er her forstørret 10.000 gange. Det hårde stykke kridt består af omdannede skeletrester fra alger. Nogle er helt velbevarede. Sådanne dyre- og planterester fortæller, hvor gammel aflejringen er. Forstørrelsen viser også, at der er fyldt med små hulrum i kridtet, som kan rumme olie og gas.



Verdens kontinenter og oceāner er i langsom drift ovenpå en halvflydende kappe under jordskorpen. Man mener, at Europa og Amerika engang har været et sammenhængende kontinent. Bevægelserne laver store folder i jordskorpen. De har stor betydning for olieøgten.

**3 MILL. ÅR**

**KVARTÆR**

Isiderne

**TEKTÆR**

**100 MILL. ÅR**

**KRIDT**

Alperne, Himalaya,  
Rocky Mountains og  
Pyrenæerne foldes.

**JURA**

**200 MILL. ÅR**

**TRIAS**

Atlantehavet åbner  
sig og deler urkontinentet.

**PERM**

Store urkoner, i  
havet tykke saltlag.

**300 MILL. ÅR**

**KUL**

Tropisk klima,  
sumpskove (vore  
dages kullejer).

**DEVON**

**400 MILL. ÅR**

**SILUR**

Norske og  
Skotske fjelde opstår.

**ORDUVICIUM**

**500 MILL. ÅR**

**KAMBRIUM**

Store dele af  
jorden dækket af  
hav.

De første mennesker.

Stamfædre til vore dage  
pattedyr, dinosaurer udd.

Flyvende agler og første  
fugle.

Kampeagler og  
blomstrende planter.

De første dinosaurer.

Løvfældende planter,  
krybdyr.

Fisk går på land og  
bliver til padder.

De første fisk, hvirvelløse  
dyr på land.

Koraller, første planter  
på land.

Første hvirvel dyr.

Hvirvelløse dyr i havet.

Her begynder den periode i jordens historie, hvor den første olie og gas opstår. Havet var fyldt med mikroskopiske dyr og planter, altså organisk materiale. Når dyr og planter dør, vil de normalt rådne og forsvinde.

Der skal bruges ilt til denne forrådnelse. På havbunden kan den ringe cirkulation i vandet skabe iltmangel. Ligeledes kan der være iltfattige miljøer ud for flodmundinger, hvor dødt organisk materiale bliver dækket af ler, inden forrådnelsen kommer igang. Hvis ilten hurtigt opbruges, og der ikke kan tilføres ny ilt, så er der en mulighed for, at de små dyr og planter bevares.

Efterhånden vil vægten af nye lag få temperaturen og trykket til at stige. Ved en temperatur mellem 100 og 150 grader omdannes det organiske materiale langsomt til kulbrinter, der er den kemiske betegnelse for olie og gas. Den kemiske proces tager flere millioner år.

Da olien vejer mindre end det vand, der også findes i undergrunden, vil olien søge opad gennem mere porøse bjergarter og sprækker mod overfladen.

Undertiden når olie og gas helt op til jordoverfladen. Derfor har man kendt olie og gas gennem flere tusinde år. Det har bare ikke haft nogen praktisk betydning, for gassen og en stor del af olien fordampede, så der kun blev en tyk, tjæreagtig olie tilbage.

Derfor samler interessen sig om den olie og gas, der af en eller anden grund er blevet bremset i undergrunden. Geologerne taler om oliefælder.

### **Betingelser for olie i undergrunden**

1. Der skal have været en »moderbjergart«, hvor døde dyr og planter har kunnet omdannes til kulbrinter.
2. Der skal være aflejret flere kilometer tykke lag ovenpå denne moderbjergart for at skabe tilstrækkelig høj temperatur og tryk.
3. Der skal have været sprækker over moderbjergarten, så kulbrinterne har kunnet vandre op i højereliggende lag.
4. Her skal der være et porøst lag med plads til olien og gassen ligesom en svamp med vand. Dette lag, der f.eks. kan bestå af sand eller kridt, kaldes reservoirbjergart.
5. Dernæst skal der øverst være et tæt lag af f.eks. ler, som olien ikke kan trænge igennem og »undslippe« til overfladen.

**Det er geologernes job at pege på de steder, hvor alle fem betingelser er tilstede. Hvis blot en af dem mangler, vil olieboringen oftest være forgæves.**

### **Fælder for olien**

Oliefælder opstår f.eks. på grund af de foldninger i jordskorpen, vi har hørt om tidligere. Oliens vil søge op mod overfladen, indtil den bliver stoppet af et uigennemtrængeligt lag. Hvis lagene er foldede, vil olien samle sig i toppen af porøse lag.

En anden fælde kan være en kæmpe stor saltpude eller saltkoral. Mange steder indeholder undergrunden saltlag. Da salt er lettere end de øvrige lag, skyder saltet undertiden op som en prop, som får de overliggende lag til at bule opad. Derfor findes mange oliefelter ovenpå saltkoral.

Vi skal senere se, hvordan geologer finder frem til oliefælderne, der ofte ligger tre til fire kilometer nede i undergrunden. Men først vil vi se nærmere på Nordsøen.

### **Under Nordsøen**

Det meste af den danske olie og gas findes i 60-70 millioner år gamle lag under Nordsøen. Nordsøen var dengang som nu – hav. Rundt om var der spredte landområder, der lå hen som ørken. Andre steder på jorden var der mere frugtbar.

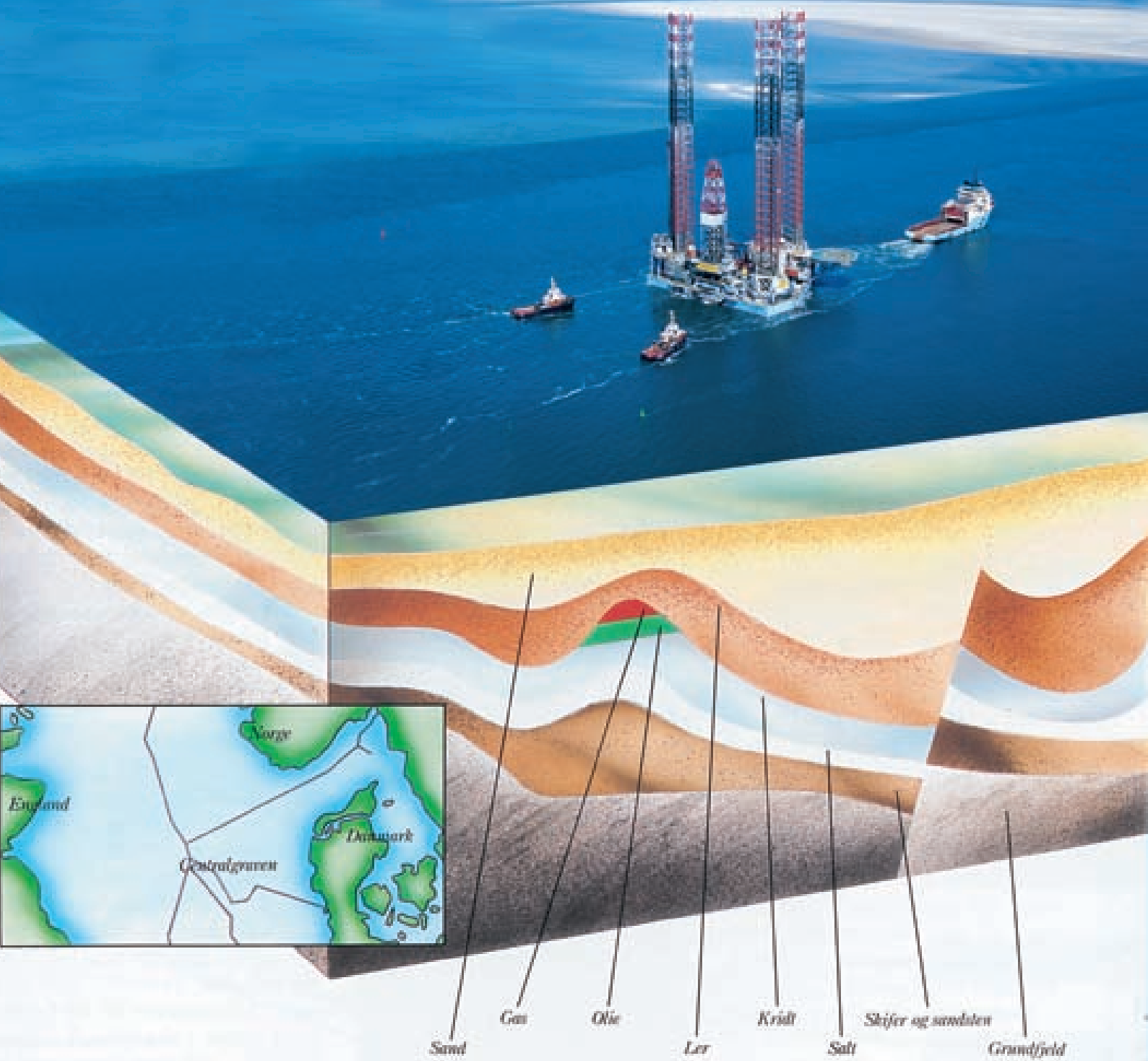
Her levede endnu dinosaurer, men det var de sidste år – eller rettere millioner af år – hvor disse kæmpeøgler udkæmpede drabelige kampe. Mellem det, vi kalder Kridttiden og Tertiærtiden, uddør de store dyr.

Men i havet var der et rigt dyre- og planteliv. Planterne var især små alger, mens dyrene bestod af snegle, muslinger, søpindsvin og andre bløddyr. Temperaturen i vandet var perfekt for disse smådyr. Mange af dem endte sammen med algerne som føde for større fisk, og fiskenes ekskrementer sank til bunds i havet. Såvel alger som mange af smådyrene havde kalkskaller. Havbunden blev derfor dækket af et tykt lag kalk.

Fle steder på jorden skete der på denne tid nogle gevaldige foldninger, og Alperne nåede op i ti kilometers højde. Rhinen transportererede enorme mængder ler og sand fra alpetoppe ud i Nordsøen, hvor det blev aflejret ovenpå kalken.

Nede fra dybere lag piblede olie og flydende gas op i kalklaget. Når kalk er særlig finkornet, kalder vi det kridt. I dette kridtlag blev olien stoppet af det tætte lerlag ovenover, og her har den ligget gemt i mange millioner år.

Fle kilometer tykke aflejringer har for længst dækket kridtlaget. Når aflejringerne bliver tilstrækkeligt tykke, kunne man tro, at havet helt ville forsvinde, men vægten af aflejringerne får havbunden til at synke i nogenlunde samme takt, som der føres mere sand og ler ud i havet. Nordsøen har derfor altid været et lavlandet bassin. Sommetider så lavlandet, at der er dukket øer op i havet. Nordsøen er med andre ord flad som en pandekage. Men hvor er fælderne for olie og gas?



### Centralgraven

Ned igennem Nordsøen løber en dyb gravsænkning, en 70-80 kilometer bred sprække i undergrunden. Her er op til 10 km aflejringer oven på grundfjeldet. Disse aflejringer består af såvel ler og sand som organisk materiale, kalksten og salt.

I perioder har ringe ilttilførsel forhindret det organiske materiale i at rådne. Flere steder er salthorste skudt op igennem yngre lag og har foldet de kridtlag, der findes i 2-4 kilometers dybde. Altså ideelle betingelser for at finde olie og gas. Det var i en sådan bule, at DUC i 1966 første gang fandt dansk olie.



Mærsk Olie og Gas henter jævnligt kerneprøver af undergrunden op igennem borehullet. Spor af olie kan anes som en lidt mørkere farve i klippestykket.

Gas. Han er ved at vurdere, om der er så meget olie i kridtet, at det kan betale sig at sætte en produktion i gang.

"Boreprøven er ganske let, fordi op til 40 pct. af kridtet består af små hulrum.

I et elektronmikroskop, der forstørrer

10.000 gange, kan vi se, at kridtet består af bittesmå fossiler af alger. Disse velbevarede skeletter af alger kan fortælle os, hvor gamle aflejringerne er. Mellem fossilerne er der hulrum, som kan indeholde olie og gas. I et stykke kridt på størrelse med et almindeligt tavlekridt er der mere end 2.000 milliarder (2 billioner) små hulrum. Vi siger, at kridt er porøst, men har en meget lav gennemstrømmelighed. Da det kræver et højt tryk at få olien ud af de mikroskopiske hulrum, er det svært at vriste mere end 20 – 30 procent af olien ud af kridtet. Man kan få en idé om hvor godt kridtet holder fast på olien under Nordsøen ved at dykke et stykke tavlekridt i noget olie og se, hvordan olien ligefrem bliver suget ind i kridtet."

Oliens kringledede vej gennem kridtets porerum er i dag den allerstørste udfordring for geologerne.

"Vi tror, at vi nu har gjort de fleste fund i Nordsøen, nu gælder det om at få mest muligt olie og gas til at finde vej hen til de brønde, vi borer. Vi hjælper til med at bore flere kilometer lange vandrette brønde i de tynde kridtlag og skubber til olien ved at pumpe vand ned i undergrunden", forklarer Morten Jeppesen.

### Tværsnit af undergrunden

Hvordan kan geologerne tegne et så præcist billede af undergrunden - omtrent som var det et fotografi? Svaret kunne være de borekerner, som boreriggens mandskab henter op fra brønden. Men borer er så kostbare, at olieselskaberne ville komme til kort, hvis de skulle kortlægge undergrunden alene ved borer.

Der findes da også andre måder at udforske undergrunden, nemlig forskellige geofysiske teknikker.

Da geologer og geofysikere efter århundredskiftet blev sat ind i olieagten, gennemsøgte de land efter land for at finde de steder, hvor der var størst chance for at gøre oliefund. Ofte måtte de nøjes med at iagttage overfladen, men de undersøgte også bjergarter under mikroskop for at finde dyre- og plantefossiler, der kunne fortælle os om bjergarternes alder.



Morten Jeppesen på laboratoriet med en borekerne

### Geologen: Udfordringen er at vriste olien ud af kridtet

"Borekernen består af skrivekridt, som det vi kender fra klaselokalet, men den er brun, fordi der er trængt olie ind i kridtet", fortæller geolog Morten Jeppesen hos Mærsk Olie og



I Danmark har istiderne rodet så grundigt rundt i overfladen, at det er svært at danne sig et indtryk af jordens fortid. Foldningerne på Møns Klint stammer ikke fra en fjern geologisk fortid, men fra sidste istid for blot 12.000 år siden. Ikke meget, når vi interesserer os for aflejringer, der er mere end 50 millioner år gamle.

I dag har geofysikerne avancerede metoder til at afbilde undergrunden.

Det første overblik får man med et magnetometer, der monteres

under et fly. Det er et fintmærkende instrument, der måler jordens magnetisme. De steder, hvor undergrunden indeholder meget jern, vil den være mere magnetisk end andre steder.

På samme måde kan man anbringe et gravimeter, der er en slags vægt med lodder under et fly. Grundfjeldet og de ældste aflejringer har større massefylde end yngre aflejringer.

Hvor grundfjeldet ligger tæt på overfladen, vil trækket i gravimetrets lodder derfor være større end i områder med tykke aflejringer.

Disse metoder kan stort set kun fortælle, hvor langt grundfjeldet ligger under overfladen og er forlængst gennemført over Danmark og Nordsøen. Derimod kan metoderne ikke fortælle meget om tykkelsen og rækkefølgen af de forskellige lag ovenpå.

På Møns Klint og Stevns Klint finder vi kridtlaget foldet op til overfladen. De mange foldninger og brud i Møns Klint er dog lavet af den sidste istids store gletschere for bare 12.000-50.000 år siden.

### **Seismiske undersøgelser**

Seismiske målinger giver et mere detaljeret kort over undergrunden. Princippet er det samme som i fiskerens ekkolod. En lydbølge sendes ned gennem vandet. Når den rammer en hård genstand - som en fiskestime eller havbunden - sendes lydbølgen tilbage til skibet.

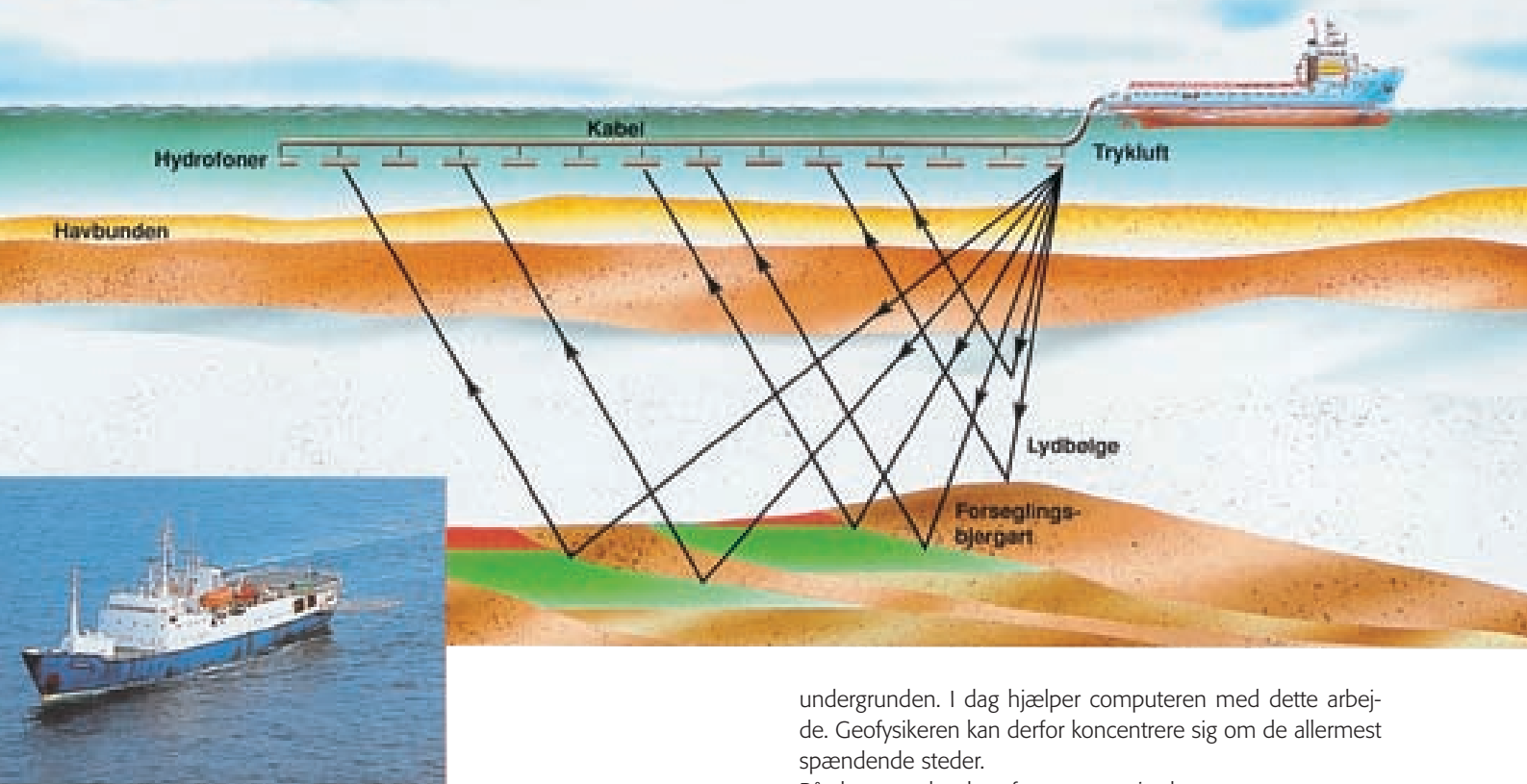
Den tid, der går fra lydbølgen udsendes, indtil den når tilbage til skibet, er et mål for dybden.

Ved seismiske målinger bruges en trykluftskanon til at sende en lydbølge ned i undergrunden. Lydbølger løber hurtigere gennem hårde end gennem bløde materialer.

I praksis foregår det med et måleskib, der langsomt sejler igennem et farvand med op til seks kilometer lange kabler efter sig. På disse kabler er med faste mellemrum fastgjort hydrofoner (mikrofoner).

For hver 25 meter affyres trykluftskanonen fra skibet. Hver gang lydbølgen passerer fra et lag til det næste, reflekteres en del af lyden og opfanges af hydrofonerne efter skibet. Resten af lydbølgen fortsætter ned gennem det næste lag. Hvis lagene har forskellig hårdhed, afbøjes lydbølgen fra lag til lag, ligesom lys afbøjes gennem vand eller glas.

Når geofysikeren har beregnet lydbølgernes hastighed og afbøjninger fra et lag til det næste, kan han fremstille et billede af undergrunden. Det kræver naturligvis, at skibets position kendes helt nøjagtigt. Det klarer man i dag med GPS.



### Computere på arbejde

Det siger sig selv, at der bliver tale om en masse data, når lydbølgerne opfanges af op til 15.000 hydrofoner. En enkelt lydbølge giver i løbet af få sekunder flere millioner data. Derfor omdannes lydbølgerne til digitale data og optages på magnetbånd, hvorefter de behandles på computere.

I dag nøjes man ikke med et enkelt tværsnit af undergrunden som på illustrationen ovenfor. Olieselskaberne forlanger afbildninger af høj kvalitet. Det får de ved at lade skibet gentage de seismiske målinger parallelt med den første rute i 25 meters afstand. Det giver til sidst nogle helt enorme datamængder.

I 2005 besluttede Mærsk Olie og Gas at gentage seismiske målinger henover felterne i Nordsøen. Det blev til 2100 kvadratkilometer seismiske målinger og milliarder af seismiske data.

Kvaliteten af de seismiske målinger er i dag så fin, at geologerne har gode muligheder for at finde selv små, marginale felter, som siden kan forbindes med større felter til et netværk af olie- og gasfelter. De seismiske data viser også den produktion af olie og gas, der allerede er sket fra de "gamle" olie-felter.

Tidligere sad geofysikeren med lange papirudskrifter fra computeren og afmærkede de interessante områder i

undergrunden. I dag hjælper computeren med dette arbejde. Geofysikeren kan derfor koncentrere sig om de allermest spændende steder.

På skærmen har han først et oversigtskort - omtrent som et højdekort i et atlas. Han kan dernæst zoome ind på dele af kortet og »rotere« billedet, så han kan se eventuelle olie-felder.

Dette arbejde har stor betydning for olieselskabet. Når geologerne hos Mærsk Olie og Gas har truffet deres valg og sat et kryds på kortet, er næste skridt en kostbar efterforskningsboring. Og trods alle videnskabelige metoder er 9 ud af 10 borerer stadig forgæves - eller tørre - som olie-folkene siger.

Nordsøen er ikke Det lykkelige Arabien. Hvad vi mangler i held, må vi indhente med dygtighed.

