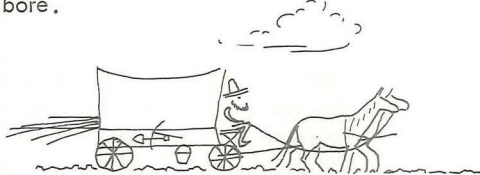
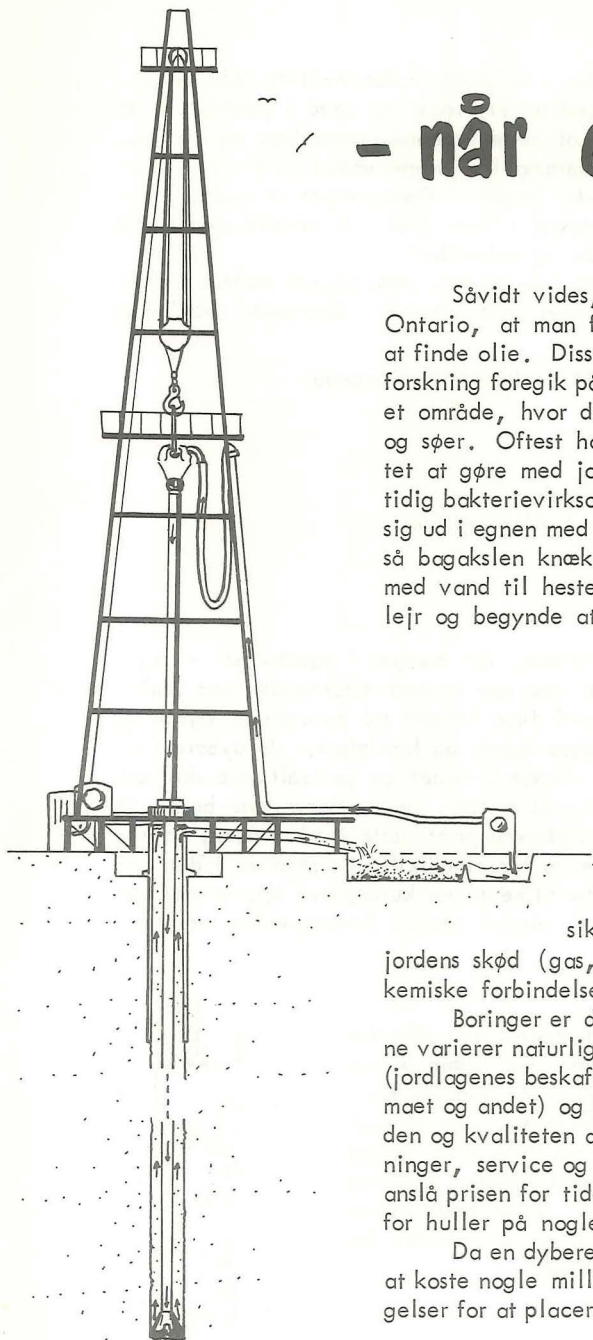


- når der bores.....

af PETER HOUGAARD

Såvidt vides, var det i 1857 og i Bothwell, Ontario, at man første gang borede i den hensigt at finde olie. Disse gyldne gamle dages olieeftersøgning foregik på den måde, at man udvalgte sig et område, hvor der var fundet oliespor i vandløb og søer. Oftest havde disse "oliepletter" dog intet at gøre med jordolie, men var blot spor af nutidig bakterievirksomhed. Never mind, man begav sig ud i egnen med sit boretårn af fyrretræ, og når så bogakslen knækkede, eller man kom til et sted med vand til hestene, kunne man lige så godt slå lejre og begynde at bore.



En boring er stadig den eneste sikre vej til at påvise kulbrinter i jordens skød (gas, olie og asfalt er blandinger af kemiske forbindelser, der kaldes kulbrinter).

Boringer er desværre meget kostbare. Priserne varierer naturligvis efter borestedets naturforhold (jordlagenes beskaffenhed, adgangen til vand, klimaet og andet) og kulturgeografiske forhold (mængden og kvaliteten af den stedlige arbejdskraft, lønninger, service og andet). Her i Danmark vil man anslå prisen for tiden til omkring 1000 kr pr meter for huller på nogle kilometers dybde.

Da en dybere boring altså let kan komme til at koste nogle millioner, gør man sig store anstrengelser for at placere den så hensigtsmæssigt som mu-

ligt. Man vil søge at anbringe den i en mulig kulbrintefælde (oliefælde). Da kulbrinterne er lettere end grundvandet, søger de opad i jordlagene og kan fanges i "omvendte lommer" af tætte uigennemtrængelige lag (f.eks. lerlag). Jo mere porøs og gennemtrængelig lommerummet er (f.eks. sandsten), jo mere olie og gas kan der fanges. Opsøgningen af mulige kulbrintefælder foregår ved de andetsteds i Varv (side 18) omtalte geofysiske metoder (magnetiske, gravimetrisk og seismiske).

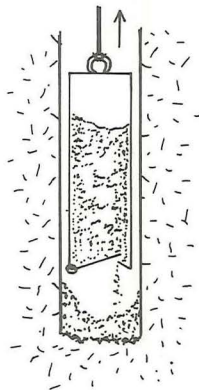
Boringer, der foretages uden forudgående undersøgelse kaldes "wildcats". Så sent som i 1930 fandtes det store oliefelt i Øst-texas ved "wildcatting".

De klassiske ingredienser til en boring er følgende:

1. Boretårn
2. Borerør
3. Boreredskab
4. Borevånd eller -mudder
5. Kraft
6. Mandskab

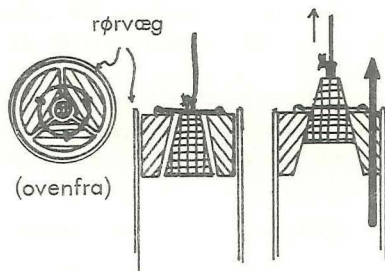
Boretårnet skal bære borerørene, der hænger i borehullet - og i boretårnet forlænges borestammen med nye borerør efterhånden som boringen når ned i jorden. På grund af disse forhold må boretårnets styrke og størrelse være afhængig af boringens dybde og hastighed. Jo dybere hullet skal være, jo mere skal der hænge i tårnet og jo kraftigere skal det være. (Borestammen vejer 30-60 kg pr meter). Jo hurtigere man borer, jo længere borerørsstykker er det hensigtsmæssigt at sætte i ad gangen, jo højere tårn. Når man haler rørene op for at udskifte borekronen i den nederste ende af borestammen eller for at hente en kerneprove op, er det også fordelagtigt, at rørstykkerne er relativt lange. Boretårne kan variere i højde fra 5 til 70 meter.

I gamle dage (før 1900) anvendtes den såkaldte tovboring eller percussionsmetoden. Ved hjælp af tovet skiftevis løfter man et huggende redskab (mejsel) og lader det falde ned i borehullet. Det løshuggede materiale kan skylles op med vand eller hentes med en spand med en klap i bunden (figur). Omkring 1900 indførtes det roterende bor. Selve boret sidder for enden af borestammens lange række af borerør, der bringes i rotation ved foden af tårnet.



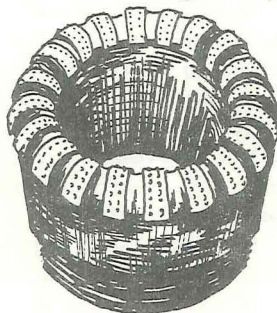
Borerørs-stykker fås i varierende længder, normalt 10, 20 og 30 fod (3, 6 og 9 meter). De skrues sammen oftest i muffe, og naturligvis således at gevindet strammes under boring. Rørene har normalt en diameter, der er betydelig mindre end borehullets. Meget almindelig er $2\frac{7}{8}$ tommer, mens hullet sjældent bliver under 4 tommer, og i så fald kun længst nede.

I tårnet står sammenskruede rør-længder på for eksempel 27 meter (3×30 fod), og de løftes hen til og ned i hullet med en talje. Det redskab, der griber rørene, er lavet således, at det lige er til at sætte ned i rørmundingen og øger grebet ved træk (se figur). Øverst på borestammen



sidder under boring et kantet rør (4 eller 6 kantet) af samme længde som de maximalt anvendte rørstykker. Til dette rør overføres den roterende kraft fra boremaskinen ved tårnets fod.

Boreredskaberne var i gamle dage, og er undertiden i dag, som sagt mejsler og "klapspand". I dag bores hovedsagelig med to typer roterende bor: kerneboret og skylleboret. Kerneboret, som er det langsomste, men geologisk mest tilfredsstillende, består af et nogle meter langt dobbeltvægget stål-rør med en skærende krans forneden. Ofte er kransen besat med industridiamanter (figur). Mellem rørets to vægge passerer boremudderet nedad (se senere). Under boring skærer man en nogenlunde fuld-stændig cylindrisk prøve ud af den gen-nemborede lagserie. Nogle fjedre forneden i kernerøret hindrer kerneprøven i at rutsje ud, når den er rusket løs og man trækker boret op.



Diamantborehoved

Skyllerboringer er hurtigere, men giver dårligere prøver. Princippet er, at man knuser bjergarterne, og skyller stumperne op. Knusningen foregår normalt med en såkaldt rullemejsel. Denne består af 3 kegler besat med hårde knolde eller tænder. Keglerne kan rotere om deres akser, og



hver peger skråt nedad mod borets midt-akse (se figur). Under borestammens rotation knuses bjergarterne, mens keglerne drejer sig. Boremudderet, der presses ud mellem keglerne, skyller stumperne op. Ved boring i bløde lag anvendes en rullemejsel med store tænder, mens hårde bjergarter kræver små tænder eller knolde.

En moderne boremetode er turboboring. En turboboring er en skylleboring, hvor borevandets tryk får rullemejslen til at rotere. Selve borestammen drejer altså ikke.

Bor bruges normalt i diametre fra 32 tommer til 2 tommer. De fleste boringer er kombinationer af skylleboringer og kerneboringer, idet man nøjes med at tage kerner, når der er brug for en nøjagtigere undersøgelse af stenlagene.

Borevand eller -mudder har tre hovedfunktioner:

1. At rense og afkøle borehovedet.
2. At skylle materialet op til overfladen.
3. At tætte og støtte væggen i borehullet.

Både ved skylleboringer og kerneboringer presses (pumpes) borevæsken ned gennem borerørene, passerer ud i borehullet ved borekronen og fortsætter så op til overfladen i hulrummet mellem borerør og hullets væg.

Undertiden kan man undgå sammenskrudninger i hullet (f.eks. i lag af løst sand) ved at tilsætte ler til borevandet. Hullets væg vil da imprægneres og sammenkittes. Ofte må man dog fore boringen (se side 11). Det hyppigst anvendte mudder består af vand + bentonit. (Bentonit er en lerbjergart dannet ved forvitring af vulkansk aske).

Når borevædsken når op til overfladen, løber det ud i opsamlingsbassiner. Her bundfældes det opborede materiale, og mudderet kan igen pumpes ned i borehullet.

Borer man i saltbjergarter, der jo er vandopløselige, må man benytte en borevæske, der ikke opløser de gennemborede lag. Man kan enten anvende mættede saltopløsninger eller vædsker, der ikke opløser salt, for eksempel petroleum.

Der hører normalt tre maskiner til et boretårn: Boremaskinen, mudderpumpen og maskinen til spillet, der hejser rør op og ned.

På et større boretårn arbejder normalt pr. skift en boremester, en muddermand, en mekaniker, 5-10 arbejdsmænd samt en geolog.

Under arbejdet føres mindst tre journaler: boremesterens, muddermandens og geologens. Er man i besiddelse af disse dagbøger, skulle det være muligt at rekonstruere boringens forløb i alle detaljer, og således trænge så mange og så sikre slutninger som muligt om de gennemborede lag.

Opgaven er at få beskrevet hver cm. af boringen omhyggeligt, og hvad vigtigere er, at få klarlagt ændringerne i hver enkelt egenskab ned gennem lagserien.

For det første bør selve hullets nøjagtige retning kendes. De færreste boringer er fuldstændig lodrette. Man foretager derfor med jævne mellemrum under borearbejdet målinger med et apparat bestående af et rør, indeholdende et pendul til at vise lodlinien og et kompas til at vise nordretningen. Et indbygget fotografiapparat, eller bedre et TV, aflæser de to instrumenters udslag, og man kan således følge hullets gang i dybet.

En egenskab som lagenes hårdhed kan antydes ved den tid, det tager at bore et vist stykke. Derfor optegnes borefremskridt og tidspunkter under hele arbejdet, og man bemærker alle de forhold, som kan have betydning for vurderingen af tallene. Det gælder borets type og om det er gammelt (slidt) eller nyt - det gælder trykket på borekronen, omdrejningstallet og stop i borearbejdet (blandt andet sprængning med dynamit af hårde lag (f.eks. flint), fiskning med magnet efter tabt redskab, maskinskade, udskiftning af bor, nedsættelse af foring (se side 11), afbøjning af boringen (se side 11), målinger i hullet, kerneoptagning, ændring af boremudder, dårligt vejr (aktuelt til søs) og så videre).

Både boremester og geolog beskriver det opborede materiale, hvad enten det nu er kerneprøver eller skylleprøver. Eksempel på beskrivelse: Sandsten, fin, lysgrå, lagdelt med hældning ca 15°, max 2mm store planterester, glimmerholdig, ret hård. I laboratoriet uddybes de geologiske beskrivelser. Mineralindholdet bestemmes og procentværdier udregnes, kornstørrelsesfordelingen findes, forsteningsmaterialet beskrives, navngives og optælles.

Da man gerne vil have de observerede laghældninger på kernerne anbragt i rummet, er det vigtigt at kende kernernes oprindelige orientering i borehullet. Den kan man få klarlagt ved at orientere det øverste oftest ujævne eller hældende brud i bunden af borehullet efter en kerneoptagning, med en kompasnål og et fotografiapparat (eller TV). Dette brud får man op øverst på den næste kerne, og den kan da orienteres korrekt.

Når borearbejdet er afsluttet, foretages forskellige målinger i borehullet.

Man måler borehullets diameter ned gennem lagene og kan således muligvis påvise horisonter, der er blevet opløst af borevædsken.

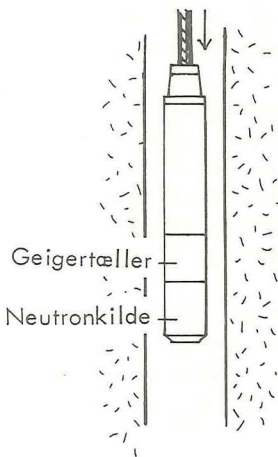
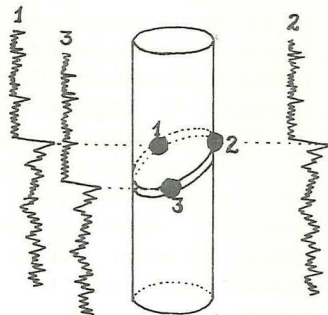
Temperaturmålinger viser den almindelige stigning mod dybet, (i Danmark ca 1° pr 30 meter), men desuden kan f.eks. en relativ lav værdi ud for en sandsten antyde en eventuel gasudstrømning her. I det gassen ekspanderer (udvider sig), synker temperaturen.

Almindeligvis måler man også den elektriske modstand i de gennem-borede lag. Målingerne kan kun foretages, hvor der ingen foring er i hul-let.

Foruden at modstanden ofte ændres ved laggrænserne, kan selve de målte værdier måske sige noget om lagenes vandindhold (meget vand be-tyder lille elektrisk modstand), elektrolytindhold (mange joner (saltvand) giver lille elektrisk modstand) eller lerindhold (meget ler giver lille mod-stand).

Måler man den elektriske modstand i tre baner ned langs borehullets væg (se fi-gur), kan man ved laggrænserne beregne laghældninger uden at have taget oriente-rede kerner.

Selve det at fastlægge laggrænser er uhyre vigtigt især ved skylleboringer, hvor man jo ikke nøjagtigt ved hvorfra det op-skyllede materiale kommer.



Med en geigertæller kan man måle den naturlige radioaktivitet i de forskellige lag i borehullet. Disse målinger kan også foretages i forede afsnit. Ændringer i lag-serien giver ofte ændret stråling, og selve strålingsmængden kan antyde noget om bjerg-arterne, f.eks. har ler og skifer ofte kraf-tig stråling, sandsten og kalksten derimod en svag stråling, organisk materiale kan ha-ve kraftig stråling.

Ved at bestråle med neutroner før må-lingen (figur), får man store strålingsværdier ud for lag med forholdsvis meget brint, for eksempel vand, gas, olie (brintindholdet medfører en stor "induceret stråling").

Målinger af magnetisme afslører lagskifter, og forholdsvis stor magne-tisme kan betyde et stort indhold af magnetiske mineraler. Målingerne har dog også betydning ved fortolkningen af de magnetiske målinger på jord-overfladen. Målingerne er naturligvis umulige i de jernforede dele af bo-rehullet.

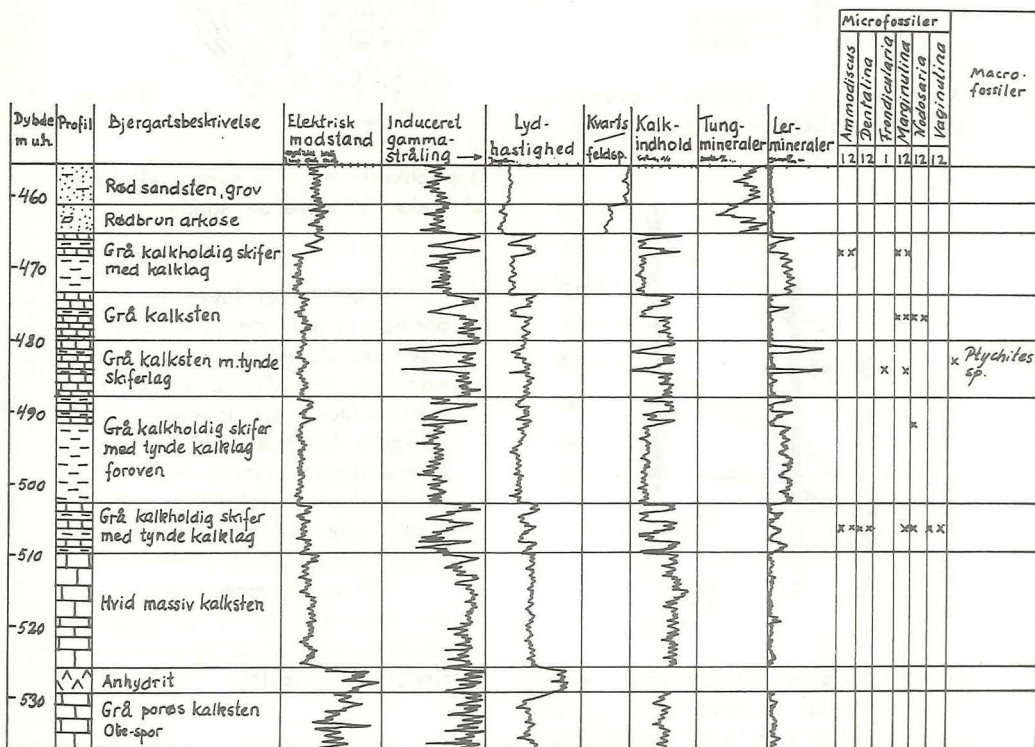
Til slut skal omtales lydhastighedsundersøgelser i borehuller. Målin-gerne kan udføres kontinuert (se side 11) - eller diskontinuert ved at man

sænker en mikrofon ned i hullet, mens der skydes dynamitladninger af ved jordoverfladen.

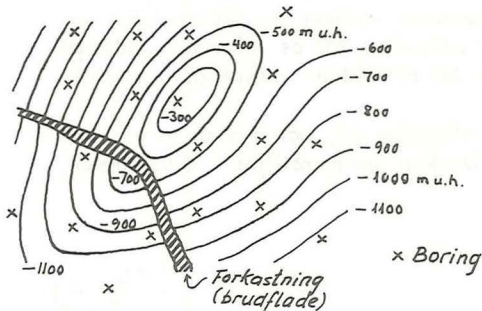
På grundlag af de kontinuerte målinger kan man eventuelt påvise lagskifter ved pludselige hastighedsændringer, og på selve måleresultaterne kan man se om lagene er hårde (stor lydhastighed) eller bløde (lille lydhastighed).

Med målingerne af den tid skuddet er om at forplante sig fra overfladen til mikrofonen, samt afstanden - skud → mikrofon - kan man beregne gennemsnitslydhastigheden ned til de forskellige dybder. Endvidere kan man finde hastighederne i mellemrummene mellem mikrofonstillingerne. Disse resultater er også af meget stor betydning for de seismiske undersøgelser, der jo i princippet bygger på det forhold at forskellige bjergarter har forskellige lydhastigheder.

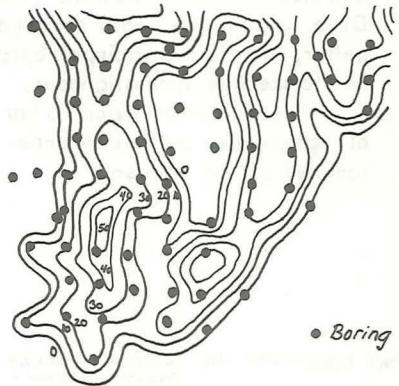
Hvadenten boringen nu har givet olie eller ej, har den givet et væld af oplysninger om jorden under os. De kan sammenstilles i diagrammer, som det ses på figuren.



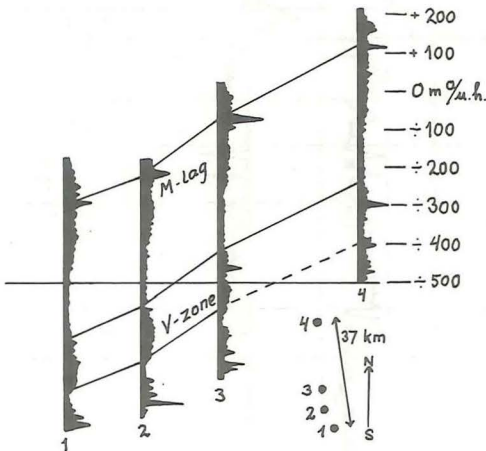
Tanken med at sætte hele dette enorme projekt i gang er foruden at ramme en oliefælde, at blive klogere på områdets geologi i almindelighed og således forøge chancerne for at den næste boring giver gevinst. Man er altså ude på at udrede den geologiske opbygning af jordskorpen både hvad struktur og bjergarter angår. Der tegnes snit (profiler) i jordskorpen på grundlag af boreoplysningerne, man tegner kort, der viser laggrænsernes beliggenhed i rummet (konturkort), samt kort, hvor man kan se de enkelte lagpakkers udbredelse og tykkelse (isopachkort).



Konturkort - "højdekort" over grænsefladen mellem jura- og kridtlag.



Isopachkort - kort over tykkelsen af f.eks. olieførende sandlag.



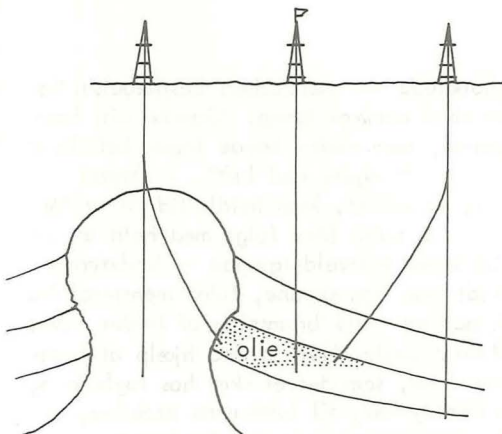
Kurver over elektrisk modstand i 4 borer på stribe. Kurven fra en ny (5') boring mellem 1 og 4 vil sandsynligvis passe ind i skemaet.

Når der er lavet en del borer i det samme område, viser det sig mange gange, at man kan identificere lagene i nye borer med lagene i de tidligere borer ved blot at sammenligne kurverne over for eksempel den elektriske modstand eller mineralindholdet (f.eks. feldspat/kvartsforholdet).

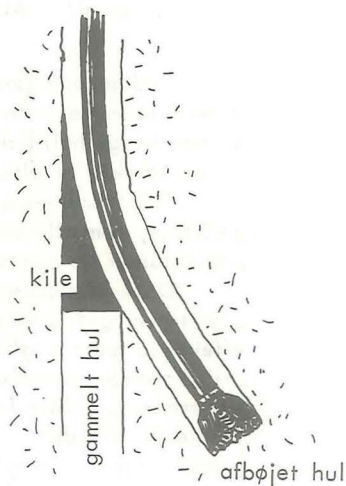
Så er de mange penge, der anvendtes på de grundige undersøgelser af de første borer, ikke spildt.

FORING AF BOREHUL. Ofte kan boremudderet ikke hindre en sammenstyrtning af borehullet, og man er nødt til at føre en foring i form af et jernrør ned på det kritiske sted. Derved mindskes borehullets diameter, og man må bore videre med et slankere bor. Hændelsen gentager sig ofte nogle gange, så man normalt ender med en betydelig mindre borediameter, end den man startede med.

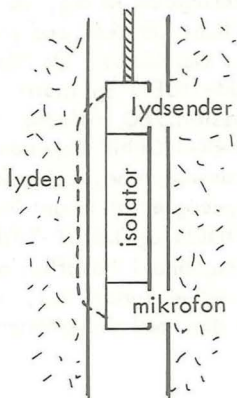
AFBØJNING AF EN BORING: Kan man ikke få fisket en tabt borekrone op, vil man rette boringen ud, eller er man direkte interesseret i at ramme f.eks. en olielomme skråt for boringen, kan man afbøje denne. Det gøres ved at sætte en kile omvendt ned i borehullet på det sted, hvor man ønsker afbøjningen begyndt. Maximalt kan man afbøje $2\frac{1}{2}$ grad pr. 30 m.



Kun midterboringen traf olie - de to andre afbøjes hen mod den midterste.



KONTINUERTE LYDHASTIGHEDSMÅLINGER I ET BOREHUL.



Apparatet, der sænkes ned, består af en lydudsender og en mikrofon adskilt af et isolerende stof. Lyden går gennem bjergarterne fra sender til mikrofon, og af den tid det tager, samt den kendte afstand, kan lydshastigheden beregnes. Den fortæller om lagenes hårdhed.

Peter Hougaard