

Nyere geofysisk litteratur.

Af

SVEND SAXOV.

I. Geofysisk prospektering.

Indenfor den geofysiske prospektering er de klassiske bøger:

EVE and LABY: Applied geophysics, Cambridge 1929; E. ROTHÉ: Les méthodes de prospection du sous-sol, Paris 1930; EDGE and LABY: The principles and practice of geophysical prospecting, Cambridge 1931. Senere fulgte flere tyske bøger, f. ex. af REICH og HAALCK samt et særligt hefte i Handbuch der Experimentalphysik.

Medens det således var europæiske bidrag, der prægede denne disciplin i mellemkrigsårene, er der i de senere år fremkommet værdifulde bøger af amerikanske forfattere, ligesom fornylig nyere europæiske udgaver har set dagens lys. Der har været — og er stadig — en vældig udvikling indenfor den geofysiske prospektering; forbedrede instrumenter konstrueres, måletekniken udvikles, analysen af måleresultaterne giver stadig flere detailler. Som følge heraf er det vanskeligt for den enkelte geofysiker at følge med i udviklingen og sætte sig ind i de mangeartede problemer af geologisk, fysisk, matematisk og teknisk art. De nyere bøger om geofysisk prospektering angriber da også problemerne på forskellig måde, og gør det derved nemmere for geofysikeren at skaffe sig viden om de mange spørgsmål. I det følgende gives der en oversigt over de nyere bøger.

L. CAGNIARD: La prospecting géophysique, Paris 1950. 203 pp.

CAGNIARD's bog er den første, som først og fremmest henvender sig til ikke-tekniske læsere. Bogen, som hverken kan kaldes en lærebog eller en videnskabelig afhandling, kan benyttes som en almen orientering i den geofysiske prospektering af »alle de, såsom minefolk, geologer, oliefolk og ingeniører, der har brug for en almen viden om de formål, som geofysisk prospektering kan og skal yde«. Bogen er samtidig tænkt som en introduktion i emnet geofysisk prospektering for de studenter, der kunne tænke sig at virke indenfor denne gren, og iøvrigt for alle dem, som har en speciel (f. ex. økonomisk) interesse i prospektering.

Derfor er blandt andet de matematiske udredninger udeladt, og der forekommer kun ganske få matematiske udtryk, idet forfatteren har søgt og på en elegant måde fået gennemført at formulere de matematiske udtryk i et geologisk sprog.

Kapitel 1 er en almindelig gennemgang af den geofysiske prospektering såvel efter olie som efter mineraler. I de følgende 5 kapitler gennemgås tyngdemålinger, magnetisme, elektriske metoder, seismiske metoder, og i det sidste kapitel er samlet geotermiske, geokemiske og geobiologiske metoder samt radioaktivitet. Til trods for at de enkelte kapitler er sammentrængt på få sider (tyngdeafsnittet er med sine 41 sider det største, medens det korteste er de magnetiske metoder, som behandles på 23 sider) har CAGNIARD alligevel formået at give emnerne en uddybende behandling, idet hvert kapitel indeholder en komplet gennemgang; f. ex. afsnittet om tyngdemålinger begynder med en historisk udredning efterfulgt af de grundlæggende mekaniske, geodætiske og hydrostatiske principper, derefter beskrives gravimetre såvel som penduler og Eörvös torsionsapparat; dernæst følger en behandling af markarbejdet og analysen af de indvundne observationer for at slutte med en vurdering af brugen af gravimetriske metoder ved prospektering.

CAGNIARD har en tendens til at fremsætte en række abstrakte tanker, hvilket forekommer lidt ejendommeligt under hensyn til det publikum, som bogen henvender sig til. Ligeledes virker brugen af vektorregning lidt fremmed for ikke-fagfolk.

Bogen har meget få illustrationer eller diagrammer, ligesom der ikke findes nogen litteraturhenvisning, hvilket dog ville have været naturligt og blandt andet været en stor hjælp til de læsere, der måtte ønske at få nærmere kendskab til de behandlede emner.

Ikke desto mindre kan CAGNIARD's bog anbefales, idet navnlig det indledende kapitel er værdifuldt og interessant ved, at der fremsættes en række almene betragtninger om geofysisk prospektering, som selv en fagmand vil have den største interesse af at stifte bekendtskab med.

C. H. DIX: Seismic prospecting for oil, New York 1952. 414pp. \$ 7.50.

DIX, der gennem flere år har undervist i geofysik, er samtidig konsulent med speciale i seismik. Den foreliggende bog giver en udtømmende beskrivelse af den seismiske prospektering, og som lærebog betragtet er den af største værdi for den studerende, der specialiserer sig i seismik. Bogen har en righoldig litteraturfortegnelse.

MILTON B. DOBRIN: Introduction to geophysical prospecting, New York 1952. 435 pp. \$ 7.00.

Efter at have forelæst i nogle år ved Columbia universitetet er DOBRIN nu engageret i prospekterende geofysik, og han har derved følt, at de eksisterende lærebøger ikke i tilstrækkelig grad henvender sig til ikke-matematisk kyndige læsere. Den foreliggende bog er derfor først og fremmest beregnet for geologer samt for de geofysikere, der måtte ønske oplysninger om samtlige faser af prospekterende geofysik. Der kræves derfor ikke kendskab til højere matematik, såsom differential- og integralregning, og kun viden om elementær fysik er nødvendig. Bogen kan derfor anbefales som en introduktion til den geofysiske prospektering.

I 24 kapitler gennemgås alle geofysiske metoder. Det mest omfattende afsnit behandler de seismiske metoder; det strækker sig over 5 kapitler og fylder 109 sider; de gravimetriske forhold gennemgås på 89 sider i 6 kapitler og de magnetiske på 73 sider i 4 kapitler. I enkelte kapitler bliver omtalt elektriske metoder, radioaktivitet, de forskellige metoder til at undersøge og bestemme forholdene i borehuller, og som noget ganske nyt i de geofysiske lærebøger bringes et specielt kapitel om anvendelse af radarprincippet ved bestemmelser af målestederne. Endelig er der et interessant kapitel om de vigtigste resultater indenfor både olie- og mineralprospekteringen. Ligesom der findes et godt indledningskapitel om geofysisk prospektering, afsluttes der med en oversigt over de problemer, som geofysikerne arbejder med nu samt om samarbejdet mellem geofysikere og geologer.

De enkelte hovedafsnit er velbehandlede og afrundede; som eksempel skal nævnes de fire kapitler om magnetisme. Det første kapitel omtaler de fundamentale principper, såsom poler, magnetisk kraft, magnetisk ledningsevne, mineralers magnetiske egenskaber; endvidere gennemgås magnetiske måleinstrumenter. I det andet kapitel behandles jordens magnetfelt og variationerne gennem tiden; så følger et kapitel om magnetiske målinger i prospektering, analysen af de stedfundne observationer og en oversigt over typiske magnetiske målinger. Sidste kapitel omhandler prospekteringsmålinger med det luftbårne magnetometer. Der gives fylde oplysninger om udgifterne ved en magnetisk opmåling, hvad enten den finder sted på jorden eller i luften. Efter hvert kapitel findes en fyldig litteraturliste, ligesom bogen har mange tabellariske oversigter og gode billeder.

DOBRIN's bog adskiller sig fra andre geofysiske lærebøger ved, at den også behandler prospektering efter mineraler, selvom olieeftersforskningen stadig får den største opmærksomhed.

Den, der måtte få sin første viden om geofysisk prospektering ved læsning af DOBRIN's bog, bliver bibragt det indtryk, at geofysisk prospektering først startede i 1926 (i USA), men det er værd at nævne, at de fleste discipliner er meget ældre; således fandt den første magnetiske måling efter mineraler sted i 1640 (i Sverige), og den elektriske metode var i brug allerede i 1830.

H. HAALCK: Lehrbuch der angewandte Geophysik I, Berlin 1953. 262 pp. DM. 36.

Den foreliggende bog betegnes som anden, udvidede og forbedrede udgave, men der har i de 18 år, siden første udgave udkom, været en så vældig udvikling indenfor den prospekterende geofysik, at der i virkeligheden er tale om en fuldstændig nybearbejdelse. Forfatteren betoner, at han ved sin fremstilling har stræbt efter at udvikle og beskrive alt, hvad der overhovedet er væsentligt for det praktiske geofysiske arbejde, (f.ex. det fysiske grundlag, de forskellige instrumenters arbejdsområde og fejlkilder, de til målingerne nødvendige korrektioner, den teoretisk-fysiske sammenhæng mellem årsag og virkning, den grundsættende fler-

tydighed for de engyldige praktiske slutninger), samt ikke mindst at bringe teori og praxis i et rigtigt forhold til hinanden. Bogen adskiller sig derved fra andre bøger om samme emne ved, at den skærer dybt på det teoretiske område. Således indledes afsnittet om gravimetrien med en fremstilling om potentialet, LAPLACE-ligningen, niveauflander; medens man normalt benytter den internationale formel af 1930 for normal-tyngden, bliver her givet den af HELMERT i 1901 udledte formel.

Der behandles kun gravimetriske og magnetiske forhold i første bind. Efter en kort oversigt over opgaverne og grundprincipperne i den geofysiske prospektering og en historisk udvikling følger en omtale af den vigtigste geologiske grundlære med henblik på prospektering.

Afsnittet om tyngdemålinger er meget fyldigt, på 129 sider; ialt 16 gravimetertyper gennemgås, og eksempler på målinger anføres. Det bør lige nævnes, at hverken FROST eller North American eller Atlas gravimetrene er omtalte, ligesom HAALCK kun nævner sine egne målinger til søs, medens hverken VENING MEINESZ eller NØRGAARDS målinger er nævnt. Eötvös- og Askaniatorsionsapparatet får en særdeles fyldig omtale på 73 sider; det er ganske ejendommeligt at ofre så megen plads på en måleteknik, der i de senere år ikke er blevet benyttet indenfor prospektering.

Det magnetiske afsnit er opbygget på en lignende måde, begyndende med de principielle betragtninger og teoretiske udredninger. Forfatteren opstiller her en ny teori om årsagen til det indre jordmagnetiske felt, hvorefter hovedparten af det såkaldte kernefelt kan føres tilbage til, at de fri elektroner i den ioniserede jordkerne ifølge den termisk-Brownske bevægelse under en omdrejning har større ændringer i afstanden til rotationsaxen end de positive atomer. Det jordmagnetiske restfelt bliver opfattet som en kombination af den magnetiske virkning af de stationære elektriske jordstrømme og mineralernes magnetisme. Udfra denne teori forklares den sekulære ændring og således, at stor sekulær variation findes i områder med stor elektromagnetisk virkning på de stationære jordstrømme.

Afsnittet omtaler udførligt de forskellige Askania-typer på magnetometre, medens f. ex. LA COUR's instrument ikke er nævnt. Det er i det hele et kendetegn for bogen, at tyske instrumenter (Askania får en glimrende omtale) og tyske arbejder er udførligt omtalt; der er således 87 referencer i det gravimetriske afsnit og heraf er 61 af tyske arbejder; de tilsvarende tal for det magnetiske stof er 139 og 106. Der er ingen omtale af det luftbårne magnetometer, og af de mange bidrag om magnetisk efterforskning fra svensk side er kun nævnt 3, ligesom svensk-canadieren HANS LUNDBERG, der er en af foregangsmændene indenfor den nyere magnetiske prospektering, ikke er nævnt.

Bogen fremtræder derfor mere som en lærebog i tysk »angewandte« geofysik, og den er derfor kun et supplement til de eksisterende lærebøger.

C. A. HEILAND: Geophysical exploration, New York 1940. 1013 pp. \$10.00.

Denne bog har karakter af en håndbog, ikke alene i sit omfang men også i sit indhold. Den første del bestående af 6 kapitler er skrevet i et

elementært sprog og uden brug af matematiske symboler eller ligninger, og hensigten hermed er at give oversigter over de arbejdsmuligheder, som den prospekterende geofysik kan præstere i arbejdet med efterforskningen efter olie og råstoffer.

Medens denne del beskrives på kun 66 sider, optager den efterfølgende anden del, der ligeledes er inddelt i 6 kapitler, ialt ca. 900 sider. De gravimetriske, magnetiske, seismiske og elektriske metoder gennemgås i største enkeltheder. Disse fire kapitler har en fælles opbygning, begyndende med en oversigt over de gængse symboler, dernæst en præsentation af det principielle grundlag, den geologiske baggrund, instrumenterne gennemgås, og måletekniken behandles; kapitlerne afsluttes med en gennemgang af aktuelle og klassiske måletilfælde. De to resterende kapitler behandler borehulsteknik og forskellige geofysiske metoder, f. ex. radioaktivitet og akustiske metoder.

Det er lykkedes for forfatteren at præsentere stoffet på en sådan måde, at en geofysiker kan forstå den geologiske side af den prospekterende geofysik samtidig med, at en geolog uden for meget besvær kan sætte sig ind i det fysiske og matematiske grundlag for de instrumentelle principper og for analysen af de indvundne måleresultater.

Litteraturreferencer er givet i fodnoter, og bogen afsluttes med et fyldigt emne-index. Som håndbog har HEILAND's bog den største værdi.

J. J. JAKOSKY: *Exploration geophysics*, 2nd edition, Los Angeles, Cal., 1950. 1195 pp. \$ 12.50.

Da JAKOSKY i 1940 udgav første udgave af *Exploration geophysics*, var den med sine 786 sider en værdifuld forøgelse for den geofysiske litteratur. Så efterspurgt blev bogen, at en ny udgave måtte i trykken, og forfatteren benyttede samtidig lejligheden til at revidere stoffet og medtage nyt materiale. Det er umuligt på få linier at karakterisere bogen bortset fra at sige, at det er et meget omfattende værk dækkende alle faser af geofysisk explorering; den er ikke blot en lærebog men også en håndbog og en glimrende referencebog. Særligt værdifuldt er de oversigter, der bringes i slutningen af kapitlerne, over patenterne på de geofysiske instrumenter. Desværre er listerne ukomplette, eftersom patenter, der er nævnt i fodnoterne, ikke er omtalt i listerne. Litteraturhenvisningerne gives i fodnoterne.

I en kort indledning gives en historisk redegørelse for de forskellige geofysiske metoder, og derpå følger en gennemgang af den geologiske og økonomiske baggrund for prospektering.

Bogen slutter med et afsnit om mere tekniske spørgsmål såsom op-pumpning af olie og gas, samt et afsnit om juridiske forhold, f. ex. patentrettigheder og ejendomsrettigheder.

Den magnetiske metode behandles på 186 sider. Beskrivelsen af SCHMIDT's magnetometret er meget detailleret, og dette afsnit kan tjene som instruks for benyttelse af magnetometre. Det luftbårne magnetometer omtales også.

I det gravimetriske afsnit er megen plads og omhu benyttet til behand-

ling af penduler og torsionsapparater, selvom disse ikke længere benyttes ved explorering. Omtalen af de moderne gravimetre og et velvalgt antal eksempler på måletilfælde afslutter afsnittet.

De følgende 2 kapitler om elektrisk prospektering er bogens bedste; på mere end 200 sider gennemgås alle brugbare metoder, og der anføres en lang række eksempler på lokalisering af metalårer ved hjælp af elektriske målinger.

Endvidere behandles seismiske (300 sider), kemiske, termiske og radioaktive metoder. Kapitlet om undersøgelser af borehuller er godt; elektriske, elektrokemiske, photoelektriske og radioaktive metoder blandt andet til bestemmelse af dybden til vædskeførende lag, hvad enten disse består af olie eller vand, omtales. Mere end 20 sider er helliget bestemmelse af gamma-stråler og neutroner.

JAKOSKY's bog har sin plads i den praktisk arbejdende geofysikers bibliotek. Den er uundværlig som håndbog, og den supplerer på en udmærket måde HEILAND's bog og vice versa.

R. P. PIERRE LEJAY: *Developpement modernes de la gravimétrie*, Paris 1947. 244 pp. frs. 800.

Der findes blot nogle få sider om gravimetrisk prospektering i bogens sidste kapitel, og dette er begrænset til en betragtning af simple geometriske figurer og beregning af det dertil hørende tyngdeforløb. Bogen er mere beregnet for personer med geodætisk interesse, men samtidig vil enhver geofysiker have glæde og fornøjelse af afsnittene om isostasi. I modsætning til den gængse (amerikanske) kutyme, hvor de isostatiske antagelser bliver foretaget ud fra matematiske synspunkter og af beregningsmæssige grunde, har LEJAY betragtet isostasien ud fra et fysisk synspunkt.

I bogens første del gennemgås forskellige typer på gravimetre, som dog alle hører til mellemkrigsårene. Den eneste undtagelse er NØRGAARDS kvartstorsionsgravimeter. HOLWECK-LEJAY pendulerne får en detaljeret beskrivelse, og desuden gives der en komplet og matematisk analyse af VENING MEINESZ's instrument til forskel fra de øvrige gravimetertyper, hvor det fundamentale princip fremhæves, uden at der foretages en detaljeret matematisk analyse.

Foruden de forskellige korrektioner, der skal påføres gravimetriske observationer, behandles i anden del forskellige spørgsmål af mere geodætisk karakter, såsom jordens form, geoideløftninger og sænkninger, og lod-afvigelse. Endelig gennemgås forbindelsen mellem tyngdeanomalier og geologien (i den store dybde), hvilket igen giver LEJAY lejlighed til at fremsætte visse betragtninger om isostatisk kompensation.

L. L. NETTLETON: *Geophysical prospecting for oil*, New York 1940. 650 pp. \$ 5.00.

Medens NETTLETON var tilknyttet Gulf Oil kompagniet i Pittsburgh, gav han en række forelæsninger på det tekniske universitet dér. Kúrserne

blev fulgt af studerende fra den geologiske faggruppe og af ingeniørstuderende, og den foreliggende bog er tænkt som en lærebog for disse grupper af studenter.

Dermed er den planlagt og gennemført med den mindst mulige brug af højere matematik, selvom matematiske udtryk og udledninger ikke helt undgås; men et forsøg er gjort på at lette forståelsen af de matematiske ligninger ved at omskrive disse i ord. Endvidere er der taget hensyn til, at de studerende har mere geologisk viden end fysisk viden, selvom det gennem hele bogen understreges, at geofysisk prospektering beror på de fundamentale fysiske principper.

Ikke desto mindre har denne bog også krav på interesse fra andre kredse end geologer og ingeniører; thi ved sin koncise klare behandling af principperne for de forskellige geofysiske metoder og disses anvendelighed ved prospektering efter olie, er NETTLETON's bog et forbillede, og enhver geofysisk specialist vil vide at drage nytte heraf. Bogen var den første af sin art på det nordamerikanske kontinent, hvorfor den gennem de sidste 10-12 år har været benyttet som lærebog ved den geofysiske undervisning i USA og Canada.

I fire hovedafsnit bliver de forskellige metoder, der benyttes ved olie-eksploring, behandlet. Afsnittet om tyngdemålinger fylder 146 sider, den magnetiske metode 74 sider, på 132 sider gennemgås de seismiske fremgangsmåder, og i et afsnit på 56 sider behandles bl.a. elektriske metoder og undersøgelser af borehuller. Disse fire hovedafsnit er opbyggede på samme logiske måde, og her skal blot nævnes afsnittet om gravimetrien. Først omtales de fundamentale principper og benyttede enheder; dernæst behandles jordens tyngdefelt og de faktorer, der betinger tyngdekraftens variation ligesom forbindelsen mellem den målte tyngdetiltrækning og den geologiske struktur. Så følger et kapitel om gravimetertyper og betjeningen af instrumenterne. Næste kapitel gennemgår de korrektioner og reduktioner, der er nødvendige ved geofysisk prospektering — her giver NETTLETON en meget fix metode til bestemmelse af vægtfylden — medens det følgende kapitel behandler Eötvös torsionsapparat. Dette apparat, der blev konstrueret af den ungarske fysiker ROLAND VON EÖRVÖS i 1880, blev første gang benyttet i geofysisk prospektering i 1915 i Europa og i 1922 i USA; i 1929 blev torsionsapparatet fortrængt af de af Gulf Oil kompagniet konstruerede kvartspenduler, og disse er atter afløst af de nuværende gravimetre, som første gang benyttedes ved prospekterende opgaver i 1932. Det er derfor påfaldende, at NETTLETON benytter 37 sider til beskrivelsen af torsionsapparatet og de dertil hørende spørgsmål, men det kan muligvis forklares ved tradition og en form for dyrkelse af en instrumenttype, der har betydet meget for efterforskningen af olie. I et interessant kapitel giver NETTLETON derpå anvisninger på beregninger og analyseringer af de målte tyngdevariationer, og i et afsluttende kapitel omtales isostatisk teori. Desuden bringes tabel over normaltyngden, og reduktionsmetoden for terrænkorrektion udvikles. Der er en god fortegnelse over nyere gravimetrisk litteratur.

Afsnittet om gravimetri er bogens bedste, og det er derfor ikke helt tilfældigt, at NETTLETON idag er leder af Gravity Meter Exploration.

EDMOND ROTHÉ & J. P. ROTHÉ: *Prospection géophysique I-II*, Paris 1950 & 1952. 438+714 pp.

I 1930 udkom »Les méthodes de prospection du sous-sol« af EDMOND ROTHÉ, og i 1943 udgav samme forfatter »Questions actuelles de géophysique théorique et appliquée«. De to nu foreliggende bind om »Prospection géophysique« danner en naturlig fortsættelse heraf, og tilsammen har de to ROTHÉ nu beriget den prospekterende geofysiske litteratur med over 1900 sider.

Bind I omhandler seismiske og radioaktive metoder, og medens EDMOND ROTHÉ behandler den teoretiske del af spørgsmålene — som derved får udseende af en videreførelse af de tilsvarende problemer i de tidligere udgivne bøger — har J. P. ROTHÉ gennemgået en række eksempler på seismisk prospektering. På sædvanlig måde er omtalt de forskellige instrumenttyper og seismisk efterforskning ved benyttelse af reflektions- og refraktionsmetoden. På 145 sider gennemgås nu anvendeligheden af den seismiske prospektering, og typiske eksempler gives, og samtidig anføres en række eksempler på anvendelsen af de seismiske metoder ved studierne af geologiske opgaver; et særligt afsnit er helliget det sidst nævnte spørgsmål. Nævnes må det også, at den seismiske prospektering ved hydrologiske problemer bliver nøje omtalt.

Afsnittene om de seismiske metoder er således meget omfattende og fylder de 2/3 af bogen, medens radioaktivitet behandles på 104 sider. Der er få lærebøger, der har en så detaljeret gennemgang af denne metode, og i det foreliggende tilfælde får læseren et godt kendskab til radioaktivitet. Kapitlet er illustreret med mange tabeller og tegninger. Derimod er der kun 7 sider om det særdeles vigtige spørgsmål om anvendeligheden af radioaktive målinger i borehuller.

Bind II er opbygget således, at hver af de behandlede metoder først gennemgås i teorien, tekniske forhold og apparatur, og derefter bliver der givet praktiske eksempler. På 178 sider omtales den gravimetrisk metode. Der anføres mange interessante tilfælde, og der er en god oversigt over moderne gravimetre. Den teoretiske behandling af de magnetiske spørgsmål er udmærket, og de valgte eksempler er gode. Et kort afsnit om det luftbårne magnetometer behandler blot emnet uden at gå i detaljer. Den fysiske og geologiske omtale af den geotermiske metode er særdeles fin, og den er illustreret ved en række velvalgte tilfælde.

Bogens bedste afsnit er gennemgangen af de elektriske metoder; på 200 sider behandles de fysiske og matematiske problemer i forbindelse med metoderne; såvel potential- som induktionsprincipper gennemgås, ligeså teknikken med jordelekticiteten og det naturlige fænomen af spontan polarisation. Eksemplerne er talrige og varierede, og de giver et godt billede af anvendeligheden og nytten heraf. Også her omtales de hydrologiske opgaver og deres løsning ved hjælp af elektriske målemetoder. Som et extra afsnit følger nu elektriske undersøgelser af borehuller. Denne del af den prospekterende geofysik er i en vældig udvikling, og selvom afsnittet er velskrevet og udfylder emnet med den daværende viden, er der siden foregået en stor udvikling af denne teknik.

»Prospection géophysique« er en udmærket lærebog. Den teoretiske og fysiske behandling er klar, og de to foreliggende bind kompletterer på en glimrende måde de to tidligere udgivne bøger. De praktiske eksempler er velvalgte og bidrager på betydningsfuld måde til at udbrede kendskabet til de geofysiske prospekterende metoder. En komplet bibliografi ledsager hvert kapitel, mens der ikke findes noget navne- eller emne-register.

II. Jordens struktur.

»Geofysiken beskæftiger sig med jordklodens fysiske forhold. Den søger at give en beskrivelse af tilstande i jordens indre, på overfladen og i det omgivende lufthav; men den ser også de forhåndenværende tilstande som et produkt af den omformende virksomhed, der stadig er i gang, og studerer de processer, hvorved den giver sig til kende, de energiformer, der optræder og de kræfter, der er virksomme« (Geofysiken i Danmark, København 1945).

Studierne af jordens struktur, dens indre sammensætning, dens opvindelse og udvikling vil derfor optage geofysikere verden over, og i det følgende skal berettes om nogle af de resultater, der fornylig er offentliggjort.

J. COULOMB: La constitution physique de la Terre I, Paris 1952. 284 pp. frs. 750.

COULOMB har skrevet en bog med titlen: Jordens fysiske konstitution, men det havde været mere betegnende, om den var kaldt jordens indre konstitution. Det er et meget omfattende værk, og stoffet angribes ofte udfra et nyt synspunkt afvigende fra de traditionelle fremgangsmåder. En svaghed ved bogen er, at COULOMB opstiller mange teorier uden at drage konklusioner. Den bliver derved mere beregnet for specialister og giver dem muligheder for at betragte problemerne fra alle synsvinkler, medens den ukyndige læser næppe kan få det fulde udbytte af det store væld af oplysninger.

Det første, største og vigtigste kapitel behandler seismologien. Dette afsnit, der er på 85 sider, indeholder en detaljeret gennemgang af seismologien, aflæseteknik af jordskælvsregistreringer, seismograferes indretninger og virke. Derefter udtaler COULOMB, at tiderne for S og P bølgerne er funktioner af distancen alene, og disse viser, at jordens indre består af koncentriske lag, hvis egenskaber er en funktion af denne dybde. Det ville være ønskeligt at vide, i hvilken udstrækning dette princip er en hypotese, som har været nødvendig for at definere tabeller og analyser af jordskælvsregistreringer, og om det er bekræftet ved de målte resultater.

I afsnittet behandles endvidere de almindelige seismiske problemer, heri inkluderet seismisk prospektering, mikroseismiske undersøgelser og de omfattende seismiske studier, der udføres af professor EWING på Columbia universitetet.

Det virker derpå ejendommeligt, at COULOMB i kapitel 2 begynder med at definere jordens form. Det havde vel været rimeligere at begynde med selve jorden og dens form og dimensioner, inden man gik i gang med den lagvise opbygning. I kapitlet behandles jordens form ud fra geodætisk og astronomisk viden. Dernæst omtales tyngdemålinger og isostasi. I det tredje kapitel fremsættes de hydrostatiske hypoteser, og i samme afsnit behandles tidevandseffekten, jordskorpesvingninger, polbevægelse, ligesom WEGENERS teori om kontinenternes bevægelse omtales. I det afsluttende kapitel omtales de geotermiske forhold og radioaktivitet samt teorierne om bjergdannelse og kontinenternes opbygning. COULOMB har måske bevidst føjet disse vidtforskellige emner sammen i eet afsnit for dermed at få lejlighed til at introducere for de franske læsere RAMSAY'S teori om jordens indre sammensætning.

Medens kapitlerne 1, 3 og 4 er baserede på fysiske forhold, er kapitel 2 baseret på geometriske forhold. Det er tydeligt ved at læse de forskellige kapitler, at kendskabet til jordens indre konstitution blot kan opnås, såfremt studierne fra de enkelte forskellige grene kan samarbejdes, og problemerne bliver behandlet fra flere synsvinkler.

Den foreliggende bog, der således behandler de fysiske forhold i jordens indre, er angivet som 1. del, og det må formodes, at 2. del behandler de fysiske forhold på og over jorden, altså bl. a. oceanografi, magnetisme og meteorologi. For den læser, der ønsker at stifte bekendtskab med de mange forskellige teorier, der er fremkommet om jordens indre sammensætning og opbygning, kan COULOMB'S bog kun anbefales, og man må med forventning se frem til det næste bind. Den foreliggende bog er forsynet med en fyldig litteraturhenvielse, og der findes mange tabellariske oversigter.

R. A. DALY: Strength and structure of the Earth, New York 1940. 434 pp. \$ 3.50.

Kun et kapitel, nemlig det sidste, behandler »strength and structure«. De øvrige 11 kapitler indsamler de oplysninger, der er nødvendige for at kunne skønne sig til styrken af jordskorpen.

Da sådanne skøn næsten udelukkende er baserede på isostatisk teori og massivernes ligevægt, er størsteparten af bogen helliget gravimetrisk forhold, f. ex. måling af tyngdekraft; bestemmelse af lodafvigelse og deres indflydelse på jordens form; den grad, hvormed topografien er afbalanceret med vægtfyldevariationer i jordskorpen; de forskellige isostatisk teorier.

DALY bringer mange detaljer om tyngdeforhold på forskellige steder på kloden og analyserer disse måleresultaters relevans til isostasien, og dette bringer ham naturligt til at drage sammenligninger mellem de forskellige isostatisk teorier.

Blandt andet vises det, at den PRATT-HAYFORD-BOWIE'SKE teori mere er præget af hensynet til en behagelig matematisk beregningsprocedure end til de eksisterende geologiske og fysiske forhold. DALY går heller ikke ind for AIRY'S teori, men hælder nærmere til den anskuelse, at en kombination af PRATT og AIRY'S teorier, hvormed man mere nærmer sig den af

HEISKANEN fremsatte teori om den tre-axede ellipsoide, er rigtigere. Megen opmærksomhed er ydet undersøgelsen over variationen af de isostatiske anomalier og deres afhængighed af variationer i de isostatiske systemer, som bestemmer geoidformen; den geoid, som jo giver os anomalierne!

En særlig undersøgelse er viet spørgsmålet om landehævninger i Fennoskandinaviens, hvor der jo findes omfattende tyngdemålingsresultater, detaljerede bestemmelser af vandstandshøjden, gentagne præcisionsnivelemålinger, og hvor den geologiske historie er velkendt.

I sin bog giver DALY et bredt billede af isostasien med de forskelligeartede teorier og synspunkter. Denne fremstilling er gennemført uden brug af matematiske symboler og formler; dette gør også, at forfatteren visse steder har vanskeligheder med at klarlægge problemstillingen, f. ex. med hensyn til tyngdefeltet. DALY har udført et godt arbejde ved at sammenbringe en kritisk oversigt over de isostatiske teorier og disses betydning for bestemmelsen af jordskorpestyrken, og han har vist, at man ud fra kendskabet til tyngdemålinger og lodafvigelser kan drage slutninger om jordskorpestrukturen. Alene af den grund hører DALY også til blandt de mange geofysikere, der fremsætter ønsket om flere tyngdebestemte stationer.

B. GUTENBERG's Internal constitution of the Earth, New York 1951. 439 pp. \$ 6.00.

I 1926 udpegede National Research Council i Washington en komite, der skulle forberede udgivelsen af en bog om »internal constitution of the Earth«. Grundet på forskellige forhold gik arbejdet meget langsomt, og det var først, efter at BENO GUTENBERG, direktør for og professor ved det seismiske laboratorium ved California Institute of Technology i 1937 blev udnævnt til formand, at der kom skred i arbejdet, således at bogen kunne udkomme i 1939. Da denne udgave nu i nogle år har været udsolgt, og der desuden har været en stor udvikling indenfor visse af emnerne, blev det besluttet at udsende en ny udgave. Nogle afsnit er derved helt omarbejdede, medens andre er optrykt.

Hovedredaktøren, GUTENBERG, har bidraget med 6 kapitler og sammen med RICHTER og BENIOFF med andre 3 kapitler. I et indledende afsnit præsenterer GUTENBERG de foreliggende problemer, og i et afsluttende afsnit rekapitulerer han de opnåede konklusioner. Endvidere gennemgår han kapitlerne 7, 8 og 14 om temperaturen i jordens indre, afkølingen af jorden, kræfterne i jorden og de elastiske konstanter i det indre, hvor en række tabeller og grafiske fremstillinger letter forståelsen. Vigtigere er afsnit 9 om hypoteserne om jordens udvikling. Der er 3 forskellige teorier om temperaturændringerne i jorden. Den ene antager, at jorden startede som et koldt legeme og blev varmere i tidens løb. Den anden, at den startede som et varmt legeme, som afkøledes i almindelighed, dog blev visse dele varmere. Den tredje teori er, at jorden begyndte som et varmt legeme af luftarter og har været under afkøling siden. Denne sidste teori er den almindelig antagne. Ligeledes har man antaget, at den første epoke af jordens historie var karakteriseret ved relativ hurtig afkøling

som følge af de mangeartede kemiske og fysiske processer sammen med den kraftige varmeudstråling. Da afkølingen var nået til det stadium, hvor jordmasserne var flydende, fortsatte afkølingen af jordskorpen men betydeligt langsommere, ligesom afkølingen i kernen stadig foregik under hensyn til de geologiske forekomsters fysisk-kemiske egenskaber.

Derved føres læseren naturligt over i de nyeste undersøgelser af jordens kerne og den indre lagdeling, som de er foretaget af BULLEN og RAMSAY. Videre går GUTENBERG med klimaændringer, sekulære variationer og polbevægelse. Mange tabeller og grafiske fremstillinger ledsager dette afsnit. Til slut opstilles en summarisk oversigt over de processer, som GUTENBERG postulerer har fundet sted; denne oversigt er:

| årsag. | virkning. |
|---|---|
| 1. kemiske processer, magnetiske og gravimetrisk forskelle, radioaktivitet. | lagdeling, vulkanisme, bjergdannelse, underjordiske strømninger. |
| 2. afkøling. | sammentrækning, bjergdannelse. |
| 3. forskellighed i temperatur, radioaktivitet, termiske variationer mellem kontinenterne og lagene under oceanerne. | mindre underjordiske strømninger. |
| 4. sedimentation og erosion. | geosynklinaler, vertikale bevægelser og mindre underjordiske strømninger. |
| 5. ændringer af jordaxen og forholdet til de geologiske perioder. | periodiske klimaændringer; glaci-ale tilstande; ændringer i havhøjden. |
| 6. kontinenternes bevægelse relativt til jordaxen forårsaget af underjordiske strømninger eller af forskelligheder i jordskorpen. | klimaændringer. |
| 7. strukturforskellen mellem den kontinentale blok og oceanernes basin; bjergkædedannelse. | kontinenternes spredning; underjordiske strømninger; kontinenternes bevægelse; forholdet til polerne; jordskælvsbælter. |
| 8. underjordisk strømning. | jordskorpeændring; forskydninger; dannelse af bjergkæder; jordskælvsbælter. |
| 9. ændringer af ismasserne. | vertikale bevægelser; mindre underjordiske strømninger; ændringer i havhøjden. |

Sammen med RICHTER behandler GUTENBERG studierne af jordskælv, der har sine udspring i de dybereliggende lag (fra 300 til 700 km dybde). Størsteparten af disse jordskælv viser en tydelig geografisk fordeling. Ligesom jordskælvene fra de mellemliggende lag (dybden er fra 65 til 300 km), aftegner de førstnævnte sig også tydeligt langs storcirkelhuer, f. ex. ved Alaska og ved ørgrupperne i Stillehavet. På den anden side er der en distinkt forskel mellem beliggenheden af de to gruppers jordskælv. En korrelation mellem tyngdeanomalierne og de effektive jordskælvsbølter bliver påvist. Det er ligeledes sandsynligt, at epicentrene for disse storcirkelbue-aftegnede jordskælv er beliggende i stadig effektive zoner.

De samme forfattere gennemgår jordskorpestrukturen samt behandler forholdet mellem kontinenterne og oceanerne. Endelig har GUTENBERG sammen med BENIOFF indsamlet oplysninger om spændinger og deformationer i jordens indre, hvor bl. a. hævnningen af Fennoskandinavien og vandstandshøjden i de skandinaviske havne er genstand for en detaljeret analyse.

Hvis vi nu vender os til de resterende 7 kapitler, bliver vi strax opmærksom på, at der i disse fremsættes teorier og påstande, der disharmonerer med de af GUTENBERG m. fl. fremførte. Det har naturligvis den fordel, at de forskellige synspunkter bliver belyst, men det giver også en vanskelighed ved læsning af bogen.

MACELWANE gennemgår i et interessant afsnit, hvilken viden om jordens indre, vi kan få fra seismiske undersøgelser. Kapitlerne, der er på 78 sider, er meget detaljeret og forsynet med talrige tabeller og grafiske afbildninger, ligesom det afsluttes med et billede af en jordmodel, som den er efter MACELWANE'S mening. Det bør lige bemærkes, at MACELWANE ikke har inddraget undersøgelser, der er baseret på ikke-seismiske metoder, f. ex. RAMSAY og BULLEN'S arbejder.

Kapitel 2 om oprindelsen af det solare system er skrevet af JEFFREYS. Det vil sige, at afsnittet er taget fra »The Earth«, og det vil derfor ikke blive behandlet her, men der henvises til omtalen af JEFFREYS bog.

DALY'S artikel, om hvad geologien kan fortælle os om jordopbygningen, er gentagelse fra første udgave. De følgende kapitler om de elastiske egenskaber og de kemisk-petrologiske forhold i jordskorpen er skrevet af ADAMS. De nyeste undersøgelser bliver gennemgået, og i flere tabeller oplyses om bølgehastigheden gennem forskellige mineraler, trykvariationer, temperaturer og elasticitetsgrænser. Temperaturgradienter i borehuller og miner og gennem de forskellige geologiske lag behandler VAN ORSTRAND i afsnittet om jordens afkøling og temperaturen i det indre. Endelig giver LAMBERT og DARLING en fremstilling af vægtfylde, tryk og form. Dette afsnit indeholder naturligt en lang række matematiske udlædninger, heraf skal blot nævnes CLAIRAUT'S ligning. En tabellarisk sammenstilling af vægtfylde, tyngdekraft og tryk gennem jordens indre afslutter kapitlet. En stor svaghed ved dette afsnit er, at oplysningerne stammer så godt som udelukkende fra amerikanske resultater og bygger på undersøgelser foretaget af HAYFORD og BOWIE, medens de nyere — og vel rigtigere — teorier og resultater af VENING MEINESZ, HEISKANEN og RAMSAY ikke er omtalt. Efter hvert kapitel findes en meget fyldig littera-

turliste, og bogen afsluttes med en fortegnelse, dels over de benyttede konstanter, dels de vigtigste formler.

Den foreliggende bog må til trods for de anførte svagheder siges at være af overordentlig stor betydning. Den indeholder et væld af oplysninger om jordens struktur, og som håndbog er den uundværlig.

H. JEFFREYS: *The Earth. Its origin, history and physical constitution.* 3rd edition. Cambridge University Press 1952. 392 pp. sh. 70.

JEFFREYS' bog, der udkom første gang i 1924 og i anden udgave i 1929, er nu fremkommet i en omarbejdet form. Det nævnes i forordet, at visse kapitler er helt ændrede, og de øvrige er gennearbejdede efter de nyeste undersøgelser. JEFFREYS selv har i de sidste 25 år i mindre arbejder behandlet de fleste af problemerne. Bogen består af 12 kapitler, hvortil kommer noter og en meget fyldig litteraturfortegnelse. Den er forsynet med mange tabellariske oversigter og et stort antal grafiske fremstillinger, ligesom der findes mange plancher.

Kapitel 1 omhandler de fundamentale ligninger for elastisk og ikke-elastisk bevægelse samt en gennemgang af de principale mineraler og stentyper.

I kapitel 2 fortsættes med teorien om elastiske bølger, som derved naturligt danner overgangen til næste afsnit, der handler om seismologien. Dette afsnit, der er bogens største, giver en detaljeret gennemgang af de forskellige bølgetyper, med eksempelvis anvisning på deres brug ved bestemmelse af jordens struktur. JEFFREYS bygger her kun på europæiske data. Derefter følger fem kapitler om opbygningen af det solare system, og disse afsnit er radikalt ændrede fra de første udgaver. JEFFREYS konkluderer, at der eksisterer trykforskelle på mindst 1.5×10^9 dyn/cm² indenfor 50 km dybde og 1.5×10^8 dyn/cm² mellem 50 og 600 km dybde. Overfor de isostatiske teorier nærer han ikke høje tanker, idet »hovedinteressen for disse hypoteser er, at de skaffer definitive oplysninger om sammenligninger; tilstrækkelige informationer er blevet indsamlet til at vise, at ingen af teorierne er rigtige, men det står endnu tilbage at vise, hvor fejlagtige de er«.

Spørgsmålet om jordens alder gøres til genstand for behandling i kapitel 9. De forskellige teorier gennemgås, og JEFFREYS når frem til, at jorden må være 2000-3000 millioner år gammel.

De to følgende kapitler behandler geotermiske problemer, radioaktivitet, jordens kerne, geokemiske hypoteser om kontraktive og konvektive teorier, ændringer i jordens rotation, elastisk ustabilitet, bjergkædedannelse, kontinenternes og oceanernes oprindelse, vulkanisme, og i bogens sidste afsnit gennemgås en række specielle spørgsmål, hvoraf kun skal nævnes forbindelsen mellem jordskælv og brudlinier, samt bevægelsen af jordens axe.

Bogen er vanskelig for de læsere, der ikke er kyndige i matematiske udledninger, men som JEFFREYS siger, »hvis geofysiken kræver matematik til behandling af problemerne, så er det jorden, der har ansvaret herfor, og ikke geofysikerens«.

»The Earth« fremtræder som resultatet af JEFFREY'S mangeårige arbejde indenfor geofysiken, og det er hans egne teorier og undersøgelser, der bliver præsenterede, uden at andre forskeres resultater i nævneværdig grad er inddraget eller omtalt. Visse afsnit kunne sikkert være blevet værdifuldere, såfremt andres arbejder var medtaget. Uheldigvis kan ingen geofysiker være bekendt med de store fremskridt, der er gjort i de forskellige grene af geofysiken eller være kendt med detaljerne i den foreliggende litteratur. Således mangler i JEFFREY'S bog ganske behandlingen af jordens magnetiske forhold, de nyere undersøgelser af jordens struktur og oceanernes bundforhold.

Der kan dog ikke være tvivl om, at et studium af den ny udgave af dette — til trods for sin unge alder — klassiske værk er af vigtighed og betydning for alle dem, der er interesserede i jordens sammensætning og opbygning.

III. Blandet geofysik.

H. E. LANDSBERG: *Advances in geophysics I*, New York 1952. 362 pp. \$ 7.80.

Vi bliver her præsenteret for en geofysisk cocktail, både hvad emne og behandling angår. Formålet med denne blandingsbog er at resumere de fremskridt, der er gjort i geofysik, og samtidig angive de problemer, der endnu er uløste. Geofysik kan bidrage til forskningen af nabo-discipliner, ligesom disse kan yde væsentlige bidrag til geofysiken. Ved første øjekast virker indholdsfortegnelsen meget forvirrende, men efter læsning af forordet fatter man bedre, hvorfor de enkelte artikler berører vidt forskellige emner.

De enkelte afsnit er af forskellig art. WOOLLARD f. ex., der behandler jordens tyngdefelt, har på 17 sider givet en elementær fremstilling af gravimetriens forhold, en artikel, der findes i enhver geodætisk lærebog, og på 12 sider anført i tabellarisk form resultaterne fra »the world-wide gravity programme«. WOOLLARDS artikel har den største betydning for geodæter, hvorimod dens interesse for geofysikere er vanskeligere at finde.

I en glimrende artikel har BALSLEY givet en fremstilling af målinger med det luftbårne magnetometer. Der er endnu ikke gået 10 år, siden den første måling med »magnetfuglen« fandt sted, og det er ganske imponerende at se, hvor store fremskridtene har været. PRITCHARD har på en lignende måde behandlet flodmundingernes hydrografi, som i Nordamerika er en meget ung videnskab, og artiklen omhandler udelukkende de amerikanske problemer, og angiver de opgaver, som er under behandling. Uløste problemer i den højere atmosfæres fysiske forhold hedder et bidrag af GERSON, medens WHIPPLE redegør for den nyere udforskning af den højere atmosfære ved hjælp af radarobservationer af meteoriterne. Endelig giver BOLIN en fremstilling af atmosfærens almindelige circulation.

I de to første kapitler har BELLAMY fremsat forslag om journalføring og arkivering af geofysiske observationer — han foreslår kartotek kort, som

kan benyttes i forbindelse med de moderne automatiske regnemaskiner —, og COURT fremsætter en række betragtninger over nye statistiske metoder indenfor geofysiken.

For specialisten giver LANDSBERGS bog intet nyt, men den indeholder gode oversigter over udforskede og ukendte emner. Efter hvert kapitel findes en fortegnelse over de benyttede symboler, ligesom der er en fyl- dig henvisning til den nyere litteratur.