

Oslo-traktenes geologi med 25 turbeskrivelser

Hovedforfatter Johannes A. Dams

Illustrationer:
Johan Frederik Schuch
Lage Berge
Gunnar Henningsen
Johannes Schuch
Rolf Skjerve



For den helt ukyndige er der desuden en almen introduktion til områdets geologiske opbygning. Hvad enten man har lyst til at snuse til geologi på begynderstadiet eller ønsker at udbygge sin geologiske viden, er den foreliggende geologiske fører en uvurderlig hjælp til at finde omkring i Oslo-områdets geologi. Der er desuden flere ture med skiltning, der giver kortfattede forklaringer om geologien undervejs.

Også for éndagsturisten uden bil er der gode muligheder for en geologisk oplevelse. Det gælder bl.a. for det centrale Oslo og for nogle af de nærliggende udflugtsmål, f. eks. Bygdøy. En af de nye ture går til Lierskogen 30 kilometer sydvest for Oslo. Her bliver geologien flettet sammen med historien, idet indskriften på en marmorobelisk beretter om Frederik V's besøg i 1749. Han var på vej til sølvminerne i Kongsberg, og undervejs besøgte han stenbruddet, der leverede fundamentssten til Marmorkirken i København, der netop var påbegyndt som led i etableringen af den nye bydel Frederiksstad.

Guiden er trykt på kraftigt papir og et plastomslag yder god beskyttelse til feltbrug. Der medfølger et geologisk kort i farver, der giver en oversigt over den sammensatte og varierede geologi i målestok 1:150.000.

Ole Graversen.

VARV

NR. 2

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

1998



PANGAEA

Alfred Wegeners superkontinent i Karbontiden

DE GEOLOGISKE FORHOLD UNDER FEMER BÆLT; EN MULIG PLACERING AF EN TRAFIKAL FORBINDELSE TIL TYSKLAND.

NYE BØGER OM:
GRØNLANDSFORSKEREN ALFRED WEGENER
DEN 3. DANSKE CENTRAL ASIATISKE EKSPEDITION
OSLO-OMRÅDETS GEOLOGI

Forsidebillede: I tidsperioderne Karbon og Perm var de tidligere adskilte kontinentmasser samlet i et superkontinent Pangaea. Efter Alfred Wegener 1929.

Forfatterne til artiklen i dette nummer kan kontaktes på følgende adresser:
John Frederiksen og Henrik Olsen, Rambøll, Bredevej 2, 2830 Virum
Henning Kryger Hansen, Geoteknisk Institut, Maglebjergvej 1, 2800 Lyngby

VARV

VARV er udgivet med støtte fra Kulturministeriets bevilling til almenkulturelle tidsskrifter.

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, 1350-København K. Telefon: 35 32 24 00, Geologisk Institut

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Buchardt, Henrik Fougst, Bjørn Hageskov, Steen Mølgaard, Mikael Pedersen og Svend Pedersen (ansvarshavende)

Bestyrelse: Asger Berthelsen, Valdemar Poulsen, Bjørn Hageskov og Svend Pedersen

Tekstredaktør: Svend Pedersen

Lay-out og grafik: Bjørn Hageskov

Repro og tryk: Levison+Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 120 kr i abonnement for 1998. Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 140 SEK til VARV's svenske postgiro: 4388-5, eller 140 NOK til VARV's norske postgiro: 0806 1923234.

Abonnementprisen for 1999 vil være den samme som for 1998

Adresseændringer bedes meddelt VARV!

© 1998 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

Anmeldelse

Oslo-traktenes geologi med 25 turbeskrivelser.

Johannes A. Dons under medvirken af Johan Fredric Bockelie, Inge Bryhni, Gunnar Henningsmoen, Johan Naterstad og Odd Nilsen. Vett & Viten as, Oslo, 1996, 207 sider, 1 geologisk kort. ISBN 82-412-0102-8.

Oslo & omegn - og Marmorkirken i København.

I Oslo-området forekommer et righoldigt udvalg af geologiske lokaliteter fra Jordens ældre og ældste tidsperioder, Palæozoikum og Prækambrium. Bjergarterne omfatter prækambriske gnejser og granitter overlejret af fossilførende sedimentter fra Kambrium, Ordovicium og Silur (Nedre Palæozoikum). Sedimenterne består overvejende af skifre, kalksten og sandsten, der blev foldet under den Kaledonske Orogenese mod slutningen af Silur. De foldede sedimentter er bevaret, hvor de i slutningen af Palæozoikum blev nedforkastet i Oslo Graben (gravsænkningen). Det skete i Perm, hvor desuden magmabjergarter fra Jordens indre trængte op i den øvre del af jordskorpen eller helt op til overfladen, hvor de strømmede ud som lavaer i forbindelse med vulkanisme. De yngre magmabjergarter er opstået i tilknytning til Oslo gravsænkningen, der er udviklet langs dybtgående forkastninger under strækning af jordskorpen. Senere erosion har sørget for, at man i Oslo og nærmeste omegn nu kan iagttage bjergarter, der repræsenterer vidt forskellige geologiske miljøer. Lavaerne fra Perm kender vi desuden som ledeblokke i Danmark, hvor de såkaldte rhombeporfyre viser, at isen under istiden passerede Oslo-feltet på sin vej hertil.

En klassisk guide til den enestående geologi, som Oslo-området repræsenterer, foreligger nu i en ny opdateret udgave. Johannes A. Dons fra Geologisk Museum i Oslo er hovedforfatter, og han har været den gennemgående person i alle udgaver fra 1955. I den foreliggende udgave har en række medforfattere bidraget med nye ekskursionsmål. Guiden er velegnet for såvel faggeologer som geologiinteresserede amatører på alle niveauer.

toder - og er nået frem til det overraskende resultat, at gnejsene i det nordlige Rupshu har været ude for en virkelig 'nedtur'; de blev subduceret til 70 kilometers dybde, før en hurtig 'optur' for 30 millioner år siden bragte dem tilbage til overfladen.

Der er dog også sket dramatiske ting i Rupshu meget senere - i dette århundrede. Var Krebs og Berthelsen nået frem til Den Blå Sø 12 år tidligere, ville de være kommet til at overvære en blodig Zor-ofring, hvor den lokale chef-lama, Lang-na Rimpoche, med shamanistiske besværgelser prøvede at bortjage de onde ånder, som holder til i bjergene omkring Den Blå Sø.

Bogen er illustreret med smukke vignetter, instruktive tegninger, fotos, kort og profiler, mange i farver. Den er ikke blot spændende læsning; hvad enten læseren ønsker det eller ej, indføres han/hun umærkeligt i stenedes tavse verden, og til sidst begynder bjergene at tale med store bogstaver.

Redaktionen

Udpluk af ordforklaringerne:

Eklogit, højtryksomdannet og tung, basisk bjergart med magnesiumrig granat og natriumholdig pyroxen. Dannes bl.a. i subduktionszoner.

Kollisionssutur, sammenstødszonen, hvor to kontinenter med forskellig geologisk udvikling er blevet tektonisk forenede.

Molasse, konglomeratiske, sandede og lerede aflejringer, som er dannet af nedbrydningsprodukter fra en voksende bjergkæde, og som kun lokalt er blevet inddraget i foldningen.

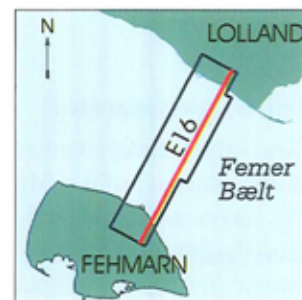
Overskydningsdække (tektonisk dække), udbredt bjergmasse, som samlet er forskudt mere end 10 km i forhold til bjergarterne under overskydningen.

Siwalik foothills, lave forkæder ved foden af Himalaya, hvor sen tertiære sandsten og grove konglomerater (molasse) er rejst på højkant.

Subduktionszone, skaf-af-vejen-zone, stor og dyb pladetektoniske struktur ved en konvergerende pladegrænse, hvor én oceanisk lithosfæreplade føres skråt og dybt ned under en anden plade. Højtryksmetamorfe faseændringer i den nedgående (subducerede) plade ændrer basiske bjergarter til tungere eklogit.

Tethys, øst-vest udbredt hav som adskilte det sydlige Gondwanaland fra det før-tertiære Europa og Asien. Omfattede bl.a. det lavvandede **Tethyshav** over den nordindiske kontinentsokkel og det dybe **Tethysocæn** nord herfor.

Geologiske og geotekniske forhold under Femer Bælt



John Frederiksen, Henrik Olsen
og Henning Kryger Hansen

1930'erne bliver i Danmark ofte husket som de store brobyggeriers tiår. Imidlertid har det seneste tiår været en lige så aktiv periode, hvad store brobyggerier angår. Således står den faste Storebæltsforbindelse nu færdig som et flot monument over tidens ingeniørkunst, og i Øresund skridet arbejdet med den faste Øresundsforbindelse mellem København og Malmø rask fremad.

Som et led i aftalen mellem Sverige og Danmark om den faste Øresundsforbindelse indgår det, at Danmark skal undersøge muligheden af også at etablere en fast forbindelse til Tyskland. Derfor har Trafikministeriet i samarbejde med det tyske Bundesministerium für Verkehr igangsat en undersøgelse af mulighederne for at etablere en sådan forbindelse, og undersøgelseerne er især rettet imod området mellem Lolland og Fehmarn.

Undersøgelsen består af en række delprojekter. Dels skal der frembringes en opdateret prognose for den fremtidige trafik i området både med og uden en fast forbindelse, og dels skal forskellige tekniske udformninger af en fast forbindelse vurderes. I denne vurdering indgår en nøje undersøgelse af, hvordan den enkelte løsning vil påvirke miljøet i området både i anlægsfasen og i en senere driftsfase.

For at opnå en viden om fordele og ulemper ved de forskellige tekniske løsningsmuligheder måtte der fremskaffes en bedre viden om de geologiske og geotekniske forhold i området mellem Lolland og Fehmarn end den, der kunne findes alene ved arkivstudier. I 1995 blev det derfor

besluttet at udføre en indledende geologisk og geoteknisk undersøgelse. Denne artikel beskriver undersøgelsen og de spændende resultater, som blev opnået.

Undersøgelsesstrategi

Den valgte undersøgelsesstrategi bestod af en række trin. I det første skulle materiale fra ældre undersøgelser i området indsamles. Næste trin var en omfattende refleksionsseismisk undersøgelse, som skulle skabe grundlaget for opbygningen af en foreløbig geologisk model for området. I tredje trin skulle modellen gennem boringer og specialforsøg omsættes til en endelig geologisk model. Endelig skulle der i fjerde og sidste trin fremskaffes viden om de påtrufne jordarters tekniske egenskaber.

1. Ældre undersøgelsesresultater.

Mængden af ældre undersøgelser i området er beskeden. Der er udført en del seismiske undersøgelser og korte såkaldte vibrocoreboringer gen-

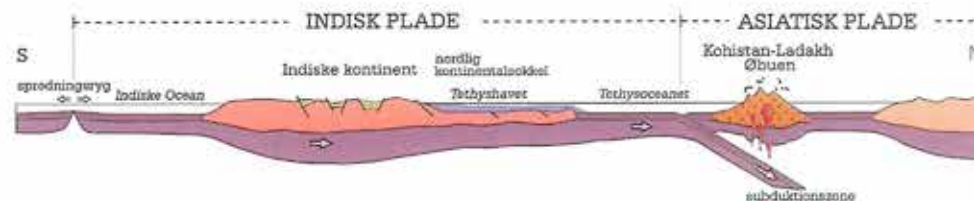


Boreplatformen i aktion

blev mast sammen til et veritabelt kaos, da den Indiske Plade for 40-60 millioner år siden kolliderede med Asien. Profilet slutter i Indus molasse, som har forseglet kollisionsuturen.

Da observationerne blev publiceret i 1951 og 1953, blev de tolket, som man gjorde det i 50'erne; dengang var geologerne enten for eller imod Alfred Wegeners teori om kontinentaldrift. Nu oversætter Berthelsen resultaterne til pladetektonisk sprog og supplerer dem med ny viden.

I 90'erne, hvor det igen blev muligt at rejse så tæt på Tibets grænse, har franske og svejtsiske forskere, inspireret af Berthelsens beskrivelser af linser af den sjældne bjergart eklogit i gnejserne nord for Den Blå Sø, igen besøgt Rupshu. De har analyseret bjergarterne med alle moderne me-



Den Indiske plade føres nordpå af havbundsspredning syd for pladen. Indiens nordlige kontinentalsokkel er endnu upåvirket, men Tethysocceanet bliver skaffet-af-vejen i en subduktionszone og Kohistan-Ladakh øbuen ved at blive dannet i den øvre plade.

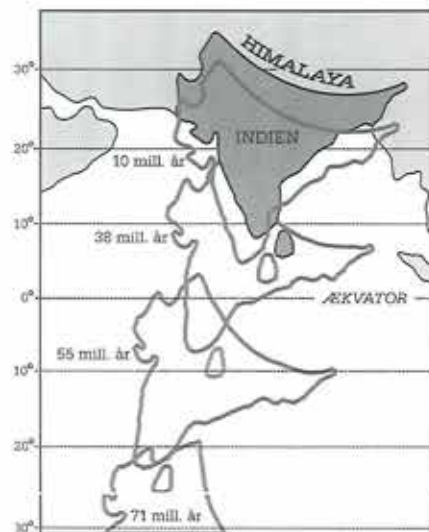


Kollisionen er indtruffet, og de store overskydninger, MBT, MCT og MMT, er udviklet. Farver som i ovenstående figur, men nedre litosfære (violet) er udeladt.

Alt gik ikke som planlagt. To af deltagerne fik deres pas konfiskeret af det hemmelige politi i Karachi, men 'stjal dem tilbage'. En blev ramt af tyfuslignende feber og måtte tilbringe tre måneder på hospital i Delhi. Rejseruten i Himalaya måtte ændres, og direktøren for Indiens geologiske Undersøgelse hængte tre af sine medarbejdere på som 'barnepigler'. Kulier strejkede og ville stikke af med pengekasen. Kinas invasion af Tibet var umiddelbart forestående.

Alligevel lykkedes det Krebs og Berthelsen og deres trofaste tjener Natu Rahm at rejse ad Hindustan-Tibet vejen til Spitidalen. De slap over Parang La (5.505 meter højt pas) og nåede frem til Den Blå Sø, en saltsø i 4.500 meters højde, hvorfra de på hesteryg drog videre til Øvre Indus. Undervejs krydsede de Sven Hedins, Heinrich Harrers og 'den myrdede tyskers' spor. Selvom der var tid til at akklimatisere sig til den tynde luft, undgik de ikke helt højdesygens kvaler.

Resultatet af turen blev et geologisk tværprofil, det tredje fra den 2.400 kilometer lange Himalayakæde - og en større afhandling om geologien i Rupshu. Profilet går fra Siwalik foothills til bjergene omkring Simla i



Indiens norddrift fra slutningen af Kridt-tid til nutid.

Lavere Himalaya, hvor resterne af et stort krystallinsk overskydningsdække begynder at dukke op i bjergtoppene. Det lykkes at påvise, at dækket er overskudt mindst 100 kilometer mod syd-vest - og har sin rodzone i Hovedkæden (Great Himalayan Range). Herfra fortsætter profilet gennem Tethyshimalayas folde og fossilrige aflejringer til Rupshus højfjeldsvidder med opskudte krystallinske massiver - og videre langs den dystre Kalradal, hvor husstore eksotiske blokke af revkalksten ligger huler til bulter mellem Tethys-oceanets mørke bjergarter. De

nem de senere år, ligesom der forud for etableringen af 'Fugleflugtslinien' i 1964 er udført geotekniske undersøgelser i de to havneområder.

I 1963 blev der af det tyske firma Keller udført 11 ret dybe borer i vestkanten af det aktuelle område. Det viste sig imidlertid umuligt at lokalisere positionerne for disse borer med bare rimelig nøjagtighed.

Endelig var det en hjælp for det geologiske overblik, at der for nylig er udført en stor undersøgelse til belysning af mulighederne for produktion af bentonit nogle få hundrede meter inde på land på Rødby-siden af Femer Bælt (VARV 1993,2).

2. Refleksionsseismik.

De seismiske undersøgelser skulle belyse forholdene under et område, der er 5 x 25 kilometer stort. Det blev besluttet at gennemføre undersøgelserne i to sejlrunder: Den første skulle udføres i et net med henholdsvis 200 og 500 meters linieafstand med et udstyr, som med god detaljeringsgrad skulle kunne vise opbygningen af den øvre del af den under-

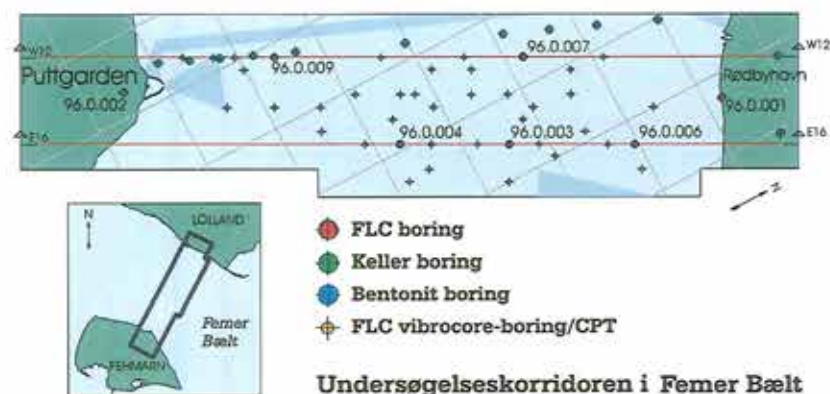


Dækket på boreskibet. Vibrocore boreriggen er udsendt mellem de to kraner.

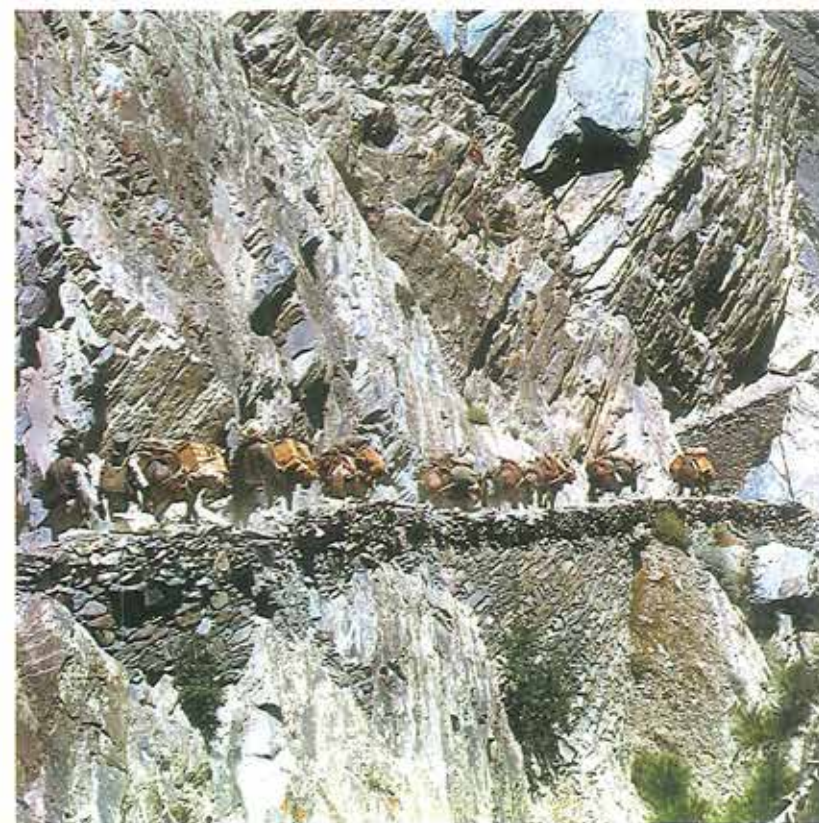
søiske lagserie. Den anden skulle udføres i et 400 x 1000 meter net med et udstyr, som skulle kunne vise opbygningen af lagserien til mindst 120 meters dybde. Efter en testsejlad valgte man at udstyre båden med en 'Pinger' og en 'Sparker' (se boks I) til sejladsen i det tætte net. Der blev også påmonteret en 'Side scan sonar' til at kortlægge genstande på havbunden samt dennes generelle karakter. Til den dybere seismik i det mere åbne net faldt valget på et 'Airgun'-udstyr.

Den foreløbige geologiske model: Med baggrund i de seismiske undersøgelser og de ældre undersøgelsesresultater fra området blev der opbygget en foreløbig geologisk model (side 71). I modellen indgik 4 geologiske enheder, som indenfor undersøgelsesområdet blev beskrevet rumligt til en dybde af ca. 200 meter. De fire enheder blev tolket som to kvartære enheder - en øvre og en nedre -, tertiært ler samt en kalkenhed, som formodedes at være skrivetridt. Dybden til grænsefladerne mellem enhederne blev beregnet på basis af seismiske hastigheder fra den dybere seismiske undersøgelse.

Det mest bemærkelsesværdige ved den foreløbige model var påvisningen af en domeform med toppunkt ved østgrænsen af undersøgelsesområdet, ca. 8 kilometer fra Lollands kyst. De seismiske undersøgelser viste, at både kalken og det tertiære ler var domet op, mens der ikke kunne erkendes nogen opdomning af de yngre enheder. Domen afspejles tydeligt i kalk-



Oversigtskort over undersøgelsespunkternes fordeling.



Ekspeditionen er på vej.

ge års erfaring i at rejse under ekstraordinære forhold. Krebs udførte under ekspeditionen antropometriske opmålinger og geomorfologiske studier. Afdelingsleder, dr. Eigil Nielsen indsamlede fossile frøer, skildpadder, næsehorn og hvirvelløse dyr fra Tethyshavet, cand. mag. K. M. Jensen studerede landbrugsgeografi og klimaforandringer i Rajasthan - og ekspeditionens Benjamin, Asger Berthelsen, som fyldte 22 i Rajasthan, arbejdede som geolog. Desuden var den erfarne antropolog-etnolog og Tibet-ekspert prins Peter, som opholdt sig i Kalimpong (mellem Nepal og Bhutan), tilknyttet ekspeditionen som en slags 'blind makker'.

ASGER BERTHELSEN: *Rejsen til Den Blå Sø*

Christian Gads Forlag. 244 sider, 143 illustrationer. Indbundet. Udkommet oktober 1998. Pris 248 kr.

Klokken et banker jeg lidt beklemt på døren til professor Noe-Nygaards kontor, og da jeg står foran skrivebordet, vender Noe sig fra mikroskopet med smil i øjenkrogene.

‘Det er ikke om Grønland eller eksamen, jeg vil tale med Dem!’

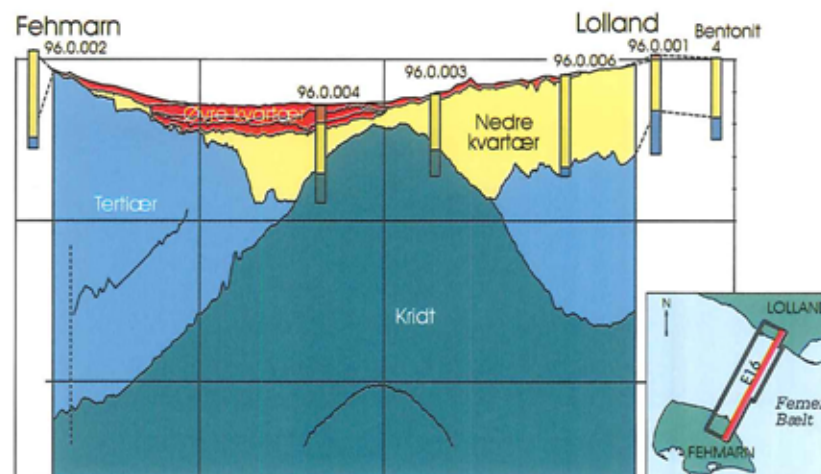
‘Kunne De tænke Dem at komme til Kashmir?’

Sådan begynder tredje kapitel i ‘Rejsen til Den Blå Sø’, hvor Asger Berthelsen fortæller om sine oplevelser, da han som ung geologistuderende i 1950-51 var udsendt med den 3. Danske Centralasiatiske Ekspedition til Indien og Himalaya - for at udarbejde et geologisk tværprofil gennem verdens højeste bjergkæde.

‘Rejsen til Den Blå Sø’ er netop udkommet og VARV har set på den rigt illustrerede bog, der dels rummer en farverig beretning om opdagelsesrejsen, og dels en up-to-date populærvidenskabelig fremstilling af nordvest-Himalayas geologiske tilblivelse. Bogen afsluttes med referencer til anvendt faglitteratur (mest engelsksproget) og en ordliste, hvor anvendte fagudtryk forklares. Et nyttigt rutekort og et geologisk tidsskema på bogbindets to indersider er lette at ‘slå op’.

Forfatteren giver en historisk interessant beskrivelse af det hyggelige miljø på Mineralogisk Museums frokoststue, hvor emeritus professor O.B. Bøggild, den ‘nye’ professor Noe-Nygaard og den elskelige magister Nørgaard sidder side om side med de konferensstuderende - og om, hvordan studenten respektfuldt siger ‘De’ eller ‘Professoren’ til sin lærer og går baglæns ud ad døren, men alligevel under feltarbejdet i Grønland bliver behandlet som en ligemand.

Den 3. Danske Centralasiatiske Ekspedition til Indien og Himalaya blev ledet af den da 61-årige læge og forfatter Carl I. Krebs, som havde man-



Den foreløbige geologiske model for tværsnittet fra Fehmarn til Lolland.

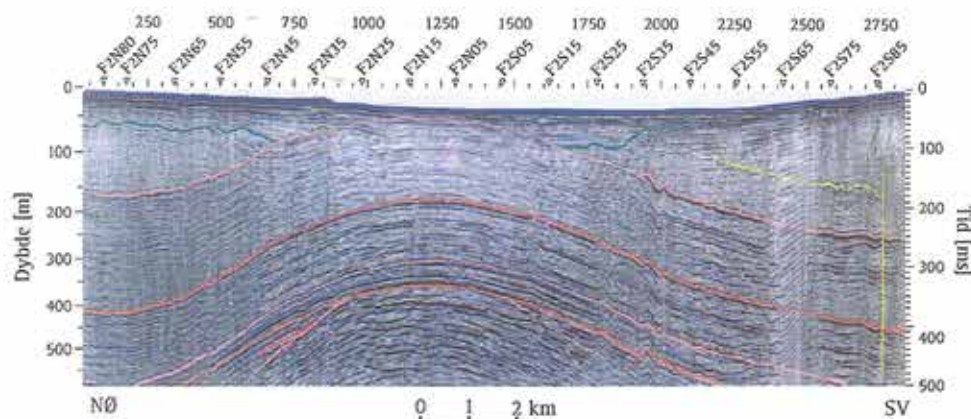
overfladen, som indenfor undersøgelsesområdet udviser dybdeforskelle på mere end 150 meter. Dette ses tydeligt i ovenstående figur, hvor det også kan konstateres, at det tertiære ler er borteroderet omkring domens toppunkt, således at kalken her optræder umiddelbart under de kvartære aflejringer og kun 15 meter under havbunden.

For at verificere den foreløbige model blev der udført en række yderligere undersøgelser i form af CPT-forsøg og borer med borehuls logging, som dels skulle belyse, hvilke geologiske lag enhederne bestod af, og dels skulle anvendes til mere præcist at fastlægge af dybderne til grænsefladerne mellem enhederne.

CPT-forsøg, borer og logging: På basis af den foreløbige model blev der udpeget 41 punkter fordelt over området, hvori der skulle laves CPT-forsøg og vibrocoreboringer.

Et CPT-forsøg udføres ved, at en stålkegle med konstant hastighed presses ned i jorden, mens der hele tiden foretages måling af spidsmodstand, kappemodstand og poretryk. Forsøgene kan give vigtige informationer om jordarternes tekniske egenskaber og - i nogen grad - om deres geologiske karakter.

Vibrocoreboringer er en speciel type borer udført med et udstyr, som



Refleksionsseismisk profil langs E16 linien fra Lolland i NØ til Fehmarn i SV. Profilet viser undergrundens markante domestruktur. Sammenlign med det geologiske tværsnit på side 71.

Boks I: Refleksionsseismiske undersøgelser på Femer Bælt

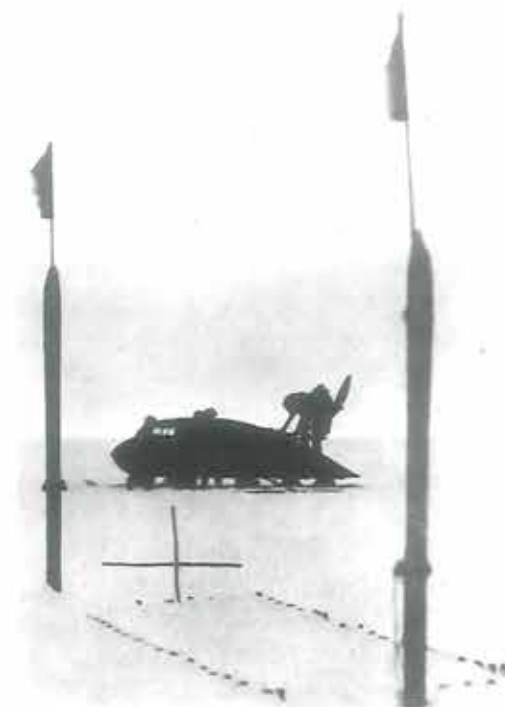
Refleksionsseismiske undersøgelser udføres ved anvendelse af en lydkilde og én eller flere lytteposter (hydrofoner). Seismik udnytter, at lydbølger delvist reflekteres fra laggrænser mellem jordlag med forskellige lydhastigheder eller densiteter. Lydkilden udsender et signal med korte mellemrum, mens skibet sejler langs opmålingslinien. Samtidig registreres refleksioner fra laggrænser, og et tværsnit af undergrunden fremkommer.

Ved anvendelse af et højfrekvent lydsignal opnår man en høj lagopløsning (tynde lag kan erkendes), mens nedtrængningsevnen er begrænset. Når der anvendes en lavfrekvent lydkilde opnås en dyb nedtrængning i undergrunden, men til gengæld kan tynde lag ikke udskilles. Ved undersøgelserne på Femer Bælt blev der anvendt en 'Pinger' til undersøgelse af de øverste ca. 10 meter under havbunden. Her kunne opnås en opløsning på ca. 0,5 meter. Til en dybde af godt 60 meter blev der anvendt en 'Sparker', som kunne udskille lag ned til 1,5-2 meters tykkelse. For at få oplysninger fra stor dybde - ned til mere end 500 m under havbunden - blev der anvendt en 'Airgun', som kunne udskille lag ned til ca. 6 meters tykkelse.

tiders måde at berejse de ugæstfri kolde områder på Jorden. Men forfatteren skriver også levende og varmt om privatmennesket Alfred Wegener, der fik et lykkeligt familieliv med de tre døtre og hustruen Else, datter af klimatologen W. Köppen. Fra de unge år kan man nyde Wegeners skildringer af flere dramatiske ballonopstigninger.

Dette er en god bog om en af de store i naturvidenskaben.

Valdemar Poulsen



Wegeners grav på Indlandsisen.

Figureerne er alle fra den anmeldte bog.

Den bræ, hvor ekspeditionen havde depot og lejr, begyndte at kælve, og et højt istårn rejste sig for endelig at vælte ned 30 meter foran teltet - store isblokke styrtede ned bare 3 meter fra dem! Koch og Sigurdsson flygtede barbenede og kun iført undertøj. Wegener og Larsen var blevet stoppet af en udvidet gletscherspalte, de ikke kunne springe over. Men også denne gang gik det godt, og det nu spredte gods blev bjerget uden alvorlige tab.

Sidst i april 1913 begyndte den 1.200 kilometer lange færd over Indlandsisen med flere slæder, et par islandske hest og en hund. I juli, hvor sommervarmen gjorde føret næsten ufremkommeligt, kunne de se mørke fjelde forude, og nærheden af kysten blev også markeret af en ulidelig myggeplage for de trætte mænd. Udgået for proviant efter at have slagtet og spist den sidste hest søgte ekspeditionen et egnet nedstigningssted på vestkysten syd for Upernivik Isfjord.

Wegener skriver i dagbogen: *'Om morgenen den 15. juli hørte snefaldet endelig op. — vi besluttede at starte. Men vi var endnu ikke nået 30 meter fra vores hytte, før vi alle følte os mere eller mindre dårlige. Koch måtte sætte sig og kunne endog i siddende stilling ikke mere bekæmpe den afmagt, der oftere og oftere greb ham. Jeg bad Vigfus give mig kamferdråberne og tilbød Koch dem. Han kunne ikke mere se skeen, og jeg måtte hælde indholdet ind i munden på ham. Erkendelse af, at det var slut med vore kræfter, og at vi ikke længere var i stand til at fortsætte, forfærdede os. — Mit indre var i oprør. Skulle vi her, nær afslutningen på en så lang og farefuld rejse, næppe 2 mil fra kolonien omkomme som dyr?'*

De gik de par meter tilbage til hytten og slagtede hunden. Netop som de skulle i gang med hundesuppen og kødet opdagede de en sejlbaad i en åbning i tågen over fjorden. De affyrede deres sidste haglpatroner, båden styrede ind til land, og de var reddet.

Af pladsmæssige hensyn vil anmelderen her forbigå Wegeners sidste rejse 1929-1930, hvor man med basis i tre støttepunkter på linie tværs over Grønland skulle videreføre de glaciologiske undersøgelser, som Wegener havde påbegyndt på rejsen 1912-1913.

Læserens opmærksomhed vil selvsagt især være fanget af de tre dramatiske rejser til Grønland, der kan siges at have sat punktum for tidligere

ved vibration bringer et prøverør ned i havbunden. Der opnås normalt en prøve kvalitet, som er egnet til geologiske bedømmelser. Imidlertid er jordprøverne ved optagningen blevet så forstyrrede, at de ikke er egnede ved vurderinger af jordlagenes tekniske egenskaber. Både CPT-forsøg og vibrocoreboringer kan udføres til en langt mindre pris end de geotekniske boringer.

Valg af boreprogram for de dybe geotekniske boringer blev nu fastlagt på basis af den foreløbige model, de netop omtalte specielle boringer og et ønske om at hele undersøgelsesområdet skulle dækkes. I alt blev der udført 2 boringer på land og 5 til søs. Der blev til borearbejdet anvendt en nyudviklet teknik, den såkaldte 'geobor S'-teknik, som giver prøver af kerneboringskvalitet af hele den gennemborede lagserie.

Da selve borearbejdet var afsluttet, blev der udført borehulslogging i boringerne (se Boks II). Ved borehulslogging sænker man forskellige typer måleudstyr (sonder) ned i borehullet. Udstyret registrerer under nedsænkningen forskellige egenskaber ved de omgivende geologiske formationer, og både ud fra resultaterne af hver enkelt registrering og ud fra et samlet overblik opnået ved tolkning af alle logtyper kan man få et godt og meget detaljeret billede af formationernes type og egenskaber.

3. Den endelige geologiske model

På basis af det gennemførte undersøgelsesprogram er følgende enheder blevet påvist i området:

Sen-postglaciale ler-, silt-, sand-, gytje- og tørvelag (øvre kvartære enhed).

Glaciale moræne- og smeltevandsaflejringer (nedre kvartære enhed).

Ler fra ældre Tertiær (tertiære lerenhed).

Skrivekridt fra Øvre Kridt (kalkenhed).

Skrivekridt: Mens skrivekridtets overflade blev truffet kun 15 meter under havbunden på den centrale del af domén i områdets østligste del, falder den til under kote -200 meter i den sydøstlige del af området. Kun ved et valg af en konstruktion i den østlige del af det undersøgte område vil skrivekridtet kunne få betydning for den faste forbindelse. De

optagne kridtprøver har samme visuelle karakter som skrivekridtet, som vi f. eks. kender det fra Møns Klint, og ved kokkolitanalyser er dets alder ligeledes bestemt til Øvre Kridt.

Domen er dannet i forbindelse med saltbevægelse i dybet under området, idet ældre underliggende stensalt på grund af en relativt lav massefylde og specielle plastiske egenskaber stiger langsomt opad og presser de yngre overliggende lag op i en dome. Det var i forvejen kendt, at der i området mellem Fehmarn og Lolland fandtes en saltdome. Men tidligere undersøgelser havde angivet toppunktet for denne struktur ca. 2 kilometer længere mod nordnordøst. De sparsomme oplysninger fra ældre undersøgelser havde endvidere ikke tydet på, at kalken lå så højt som 15 meter under havbunden.

Det tertiære ler: Allerede før de nye undersøgelser blev sat i gang, forelå der gode indicier for, at der måtte findes fedt ler fra den ældre del af Tertiærtiden i relativt ringe dybde under dele af det aktuelle område. Specielt i den sydlige del af området viste de ældre borer, at det tertiære ler ligger meget højt, men det var dog usikkert, om der var tale om løse flager opskudt af istidens gletschere, eller om der var tale om uforstyrret lag. Leret var i de ældre borer betegnet 'Tarras', en gammel betegnelse som i Nordtyskland er brugt for nogle mørkegrønne, fede lerarter, angiveligt af Eocæn alder. Et vigtigt formål med de nye borer var derfor at vise, om det fede ler lithologisk og biostratigrafisk kunne sammenholdes med de meget velbeskrevne ældre tertiære lerer fra Østjylland. Som en populær sammenfattende betegnelse for lerarterne fra den ældre del af Tertiærtiden anvender man ofte udtrykket 'plastisk ler'.

Det ældre tertiære ler i Østjylland indeholder lag af vulkansk aske. Tidsrummet ved grænsen mellem Paleocæn og Eocæn var en vulkansk meget aktiv periode i Nordsøområdet, og mere end 200 gange gik vulkaner i udbrud og spredte aske ud over de omliggende havområder, hvor asken sank til bunds og lagde sig som regelmæssige lag i de sedimenter, som var under dannelse på stedet. Asken kan f.eks. ses som mørke bånd i det lyse moler i en række kystklinter i Fur/Mors-området.

Fra Femer Bælt kunne det konstateres, at det tertiære ler optræder med stærkt vekslende, oftest grønlig farver, og at der findes askelag i dele af lagserien. Det kunne også konstateres, at leret visuelt varierer fra bo-



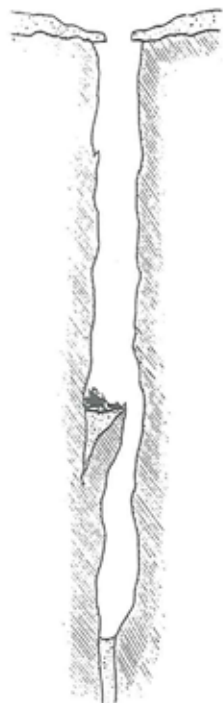
På vej mod vestkysten i juni 1913. De tre fornummede skikkelser er Koch, Vigfus og Larsen. Foto er antagelig taget af Wegener.



Station Eismitte, savet og udhugget i isen.

for 80° n. br. og desuden foretage blandt andet etnografiske og geologiske undersøgelser. De fulgte en måneds tid med to andre slæde-hold - hvert med egne opgaver. Det ene hold med Mylius-Erichsen, Høeg Hagen og grønlandereren Jørgen Brønlund omkom under ulykkelige omstændigheder. Et eftersøgningshold i oktober 1907 måtte vende om på grund af åbent vand, og først i foråret 1908 fandt man ved en ny eftersøgning Brønlunds lig sammen med dagbøgerne for færden.

Wegener gjorde mange erfaringer som ekspeditionsmand i et ugæstfrit arktisk miljø og skriver selv, at det ville komme ham til gode under kommende ekspeditioner, hvor især udforskning af Antarktis var en ønskedrøm. Lige så betydningsfuldt blev det, at der opstod et livslangt venskab med J.P. Koch.



Kochs skitse af gletscherspalten, hvor han reddes af en lille hylde 9 m nede.

J.P. Koch var efter Danmark-ekspeditionen blevet en kendt mand som opdagelsesrejsende, og han havde held til at skaffe danske og tyske sponsorer til en ny ekspedition 1912-1913 til Dronning Louises Land og, efter en overvintring, tværs over indlandsisen til vestkysten. Ekspeditionen omfattede foruden Koch og Wegener den islandske fører Vigfus Sigurdsson og skipper Lars Larsen. Hovedformålet var undersøgelser af forholdene i den ydre del af Indlandsisen - især glaciologiske og atmosfæriske forhold.

Under ekspeditionen indtraf forskellige uheld, som kunne have fået katastrofale følger. Wegener gled på blank is og faldt bagover oven på et kamera og slog ryggen alvorligt og brækkede muligvis et ribben. Det varede lang tid, før han kunne gå nogenlunde normalt. Ved en senere lejlighed faldt Koch ned i en dyb gletscherspalte, men landede til alt held på en hylde, hvorfra de andre ved hjælp af tove kunne redde ham op. To uheld som hver for sig kunne have bragt færden i stor fare.

ring til boring. Denne sidste kendsgerning stemte godt med, at borerne ud fra den foreløbige geologiske model burde møde forskellige niveauer af det plastiske ler, alt efter hvor de var placeret i forhold til domén.

For fastlæggelse af de opborede lerlags stratigrafiske placering blev i alt 10 prøver af det plastiske ler dateret ved mikrofossiler (dinoflagellat-analyse).

Nedenstående figur viser bl.a. den biostratigrafiske opdeling af den ældre tertiære lagserie i Østjylland, som geologer ved især Århus Universitet er nået frem til igennem mange års forskning. Det ses også af figuren, hvordan det er lykkedes at indplacere leret fra Rødby i de i forvejen kendte formationer. Det bemærkes, at ler fra Holmehus, Ølst og Røsnæs formationerne er truffet som faststående lag, mens Lillebælt ler formationen derudover er påvist i løsrevne, istryksforstyrrede flager.

Alder mio. år		Post/ senglaciel	Gytje Ler/silt Sand
2	Kvartær	Glacial	Moræneler Sand Lerflager
50	Tertiær	Eocæn	Lillebælt ler
			Røsnæs ler
		Paleocæn	Ølst
			Holmehus
			Æbelev
60	Kridt	Maastricht	Skrivekridt
70			

Lagserien i borerne.
Kun det tertiære ler vist med
blå farve er truffet i borerne
ved Fehmarn-forbindelsen.

Det er fortsat usikkert, hvordan det fra Fehmarn beskrevne 'Tarras' skal passes ind i den danske stratigrafi. I den forbindelse er det interessant, at der i Heiligenhafen-kystklinten nogle kilometer sydvest for undersøgelsesområdet findes en Eocæn 'Kiselgestein' (VARV 1987,3). Denne er ikke truffet i borerne, men på Fehmarn findes den i borerne i forbindelse med 'Tarras-aflejringerne'. Det er derfor fristende at antage, at både 'Kiselgestein' og 'Tarras' er en smule yngre end det Lillebæltsler, som er den yngste oprindeligt tertiære jordart truffet i borerne.

Den glacielle lagserie: I den glacielle del af lagserien veksler jordarterne ret hurtigt både i den enkelte boring og horisontalt fra boring til boring. Imidlertid er der fundet tre meget forskellige, hver for sig karakteristiske 'morænetyper'. På basis af disses fordeling er den kvartære lagserie opdelt i 3 enheder.

Den nederste af disse enheder karakteriseres som fedt moræneler. Prøver af den har blanke skæreflader, og den optræder med en mørk grundmasse og mange hvide kalknister. Den er kun truffet i landboringen på Fehmarnsiden, hvor den til gengæld er mere end 30 meter tyk. I denne lagtykkelse indgår der dog to tykke flager af meget fedt tertiært ler.

Den mellemste enhed er truffet i to borer, begge i den sydlige del af Bæltet. Den har et lidt større lerindhold ('er lidt federe') end typisk østdansk moræneler, og den har et forholdsvis stort kalkindhold, omkring 30 % CaCO_3 . Også denne enhed indeholder opskudte flager af tertiært ler.

Den øvre enhed domineres af moræneler, som hvad kornstørrelsessammensætning angår har karakter af 'normalt østdansk moræneler', men som ofte viser en ekstrem fasthed. Der forekommer ligeledes morænesand, som udgør hele den glacielle lagserie i områdets nordlige del, men som i øvrigt er fundet i større eller mindre tykkelse i samtlige borer. I to af borerne indgår derudover tykke lag af smeltevandssand.

Det skal understreges, at i hvert tilfælde den øvre enhed uden tvivl indeholder moræner fra flere isfremstød - og muligvis også fra flere istider. Den anvendte opdeling skal alene opfattes som den bedst mulige opdeling, der kunne opnås på basis af det tilgængelige materiale og de gennemførte undersøgelsestyper, som jo er valgt ud fra hensyn til et praktisk formål og ikke fra et ønske om en fremskaffe en maksimal mængde videnskabelig geologisk viden.

biologerne - tilmed kan Wegeners bog læses af enhver gymnasieelev.

Wegener kom til at træde specialister fra snart sagt alle naturvidenskabelige discipliner over tærne, og en voldsom kritik fra mange sider forfulgte Wegener til han, 49 år gammel, omkom ved hjertesvigt på den grønlandske indlandsis i 1930. Dermed nåede han ikke at opleve, at hans indsats fik den fuldt fortjente anerkendelse - som en følge af forskningsresultaterne i 1960'erne og senere.



Brødrene Alfred (tv) og Kurt Wegener på ballonfart i 1912 sammen med Alfreds forlovede Else Köppen (centralt) og hans ældre søster Tony.

Hovedsigtet i Mogens Rud's charmerende bog er ikke en detaljeret diskussion af kontinentdrift, men angiveligt især at berette om Wegeners indsats på det geofysiske område og hans deltagelse i tre Grønlands-ekspeditioner i samarbejde med danske polarforskere. Forfatteren har ønsket at tegne et billede af både videnskabsmanden og mennesket Alfred Wegener, og inden for de givne rammer er det fuldt ud lykkedes.

Mogens Rud har haft støtte i Wegeners dagbøger, officielle beretninger, bøger og breve, hvoraf flere ikke tidligere har været publicerede. Hele vejen igennem har Mogens Rud med nænsomhed og takt skrevet en forbindende tekst, som lader de valgte udpluk fra kildematerialet fremstå med den fulde dramatiske effekt. Livet og dagligdagen, samt de undertiden livsfarlige situationer, bliver også fremhævet af bogens tegninger - og især af fotografierne.

Den unge Wegener deltog som meteorolog i Danmarksekspeditionen 1906-1908; men aktiviteten blev i 1907 udvidet med en hundeslædefærd, hvor han sammen med Gustav Thostrup skulle kortlægge fjordene lige nord

Anmeldelse

MOGENS RUD: *Grønlandsforskeren Alfred Wegener og de drivende kontinenter.*

Christian Ejlers' Forlag. 144 sider, 60 illustrationer. Indbundet. Udkommet november 1997. Pris 198 kr.



Alfred Wegener, tegnet af Achthon Friis på Danmark-ekspeditionen.

Tanken om forskydning af tidligere sammenhængende kontinenter går langt tilbage; men frem for nogen blev det den tyske meteorolog (og ballonskipper!) Alfred Wegener, som satte system i tankerne. Han blev i 1911, som andre før ham, i et atlas fanget af kystliniernes tilsyneladende nøje overensstemmelse mellem Afrikas vestkyst og Sydamerikas østkyst. Det var et indicium for en tidligere sammenhæng mellem kontinenterne.

Wegener begyndte straks at samle beviser eller indicier for den tidligere sammenhæng - og lige så vigtigt gjorde han sig tanker om de drivende kræfter. Et par foredrag og artikler i 1912 vakte furore og harme; men Wegener gav sig ufortrødent i kast med en større afhandling, som dog blev afbrudt af Koch-Wegener ekspeditionen til Grønland 1912-1913, samt verdenskrigen, hvorfra han efter at være blevet såret to gange blev hjemsendt.

Allerede i 1915 kom hans afgørende værk '*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*', hvis betydning for geologien nærmest må sammenlignes med Charles Darwins '*Arternes Oprindelse*' (1859) for

Den sen-postglaciale lagserie: Vor lokalitet ligger i den vestligste del af Østersøbassinet. Dette bassins udviklingshistorie har igennem mange år interesseret forskerne meget, og dets sen-postglaciale udviklingshistorie er i dag i store træk velkendt.

Da isen i slutningen af sidste istid var under tilbagesmeltning, opstod den store Baltiske Issø i den frismeltede lavning. Da gletscherne yderligere trak sig tilbage, brød søvandet igennem ved Billingen i Sverige og afdrænede til Skagerrak. Dette skete ifølge den svenske varvkronologi i år 8.305 f. Kr. Der var nu havforbindelse til dette 'Baltiske Yoldiahav', men på grund af de store mængder tilstrømmende smeltevand forblev saltindholdet lavt.

I den tidlige postglaciale tid førte den postglaciale landhævning til, at tærsklen imellem det 'Baltiske Yoldiahav' og Skagerrak hævedes over havniveau. Østersøen blev igen en ferskvandssø, den såkaldte Ancylus Sø. I den første tid herefter drænede søen over en tærskel i Sverige, men efterhånden fandt vandet vej over tærsklen syd for Gedser og igennem Storebælt til Kattegat. Den postglaciale Stenalderhavstigning var nu i gang, og snart trængte salt vand ind i den indtil da ferske Ancylus Sø. Det 'Baltiske Litorinahav' med mere fuldmarine forhold end i dag var dannet.

Denne udviklingshistorie har afspejlet sig i lagserien i det undersøgte område. Således er der i det store bassin i den sydlige del af korridoren nederst truffet et op til 17 meter tykt lag af fint til mellemkornet sand. Herover følger to lag af sen-postglacialt ler, adskilt af et tyndt sandlag. Lagene er tilsammen op til 12 meter tykke. Ovenpå lerlagene er et op til 7 meter tykt sandlag truffet, ofte sammen med gytjeaflejringer.

For de ingeniørgeologiske vurderinger har det reelt ingen betydning, hvordan de nævnte lag skal indpasses i den ovenfor beskrevne udviklingshistorie af Østersøen, og der er derfor ikke udført detaljerede undersøgelser af f. eks. mikrofossilindhold til belysning af lagenes alder. Det antages dog, at det nedre sandlag er en aflejring af smeltevandssand, og at lerlagene er aflejret i en ferskvandssø i nogen afstand fra gletscherfronten. Ved sammenligning med informationer om boringsresultater i Mecklenburger Bugt sydøst for Femer Bælt synes der at være mulighed for, at lerlagene repræsenterer udviklingen af den

vestlige del af den Baltiske Issø/det 'Baltiske Yoldiahav' igennem senglacialtiden og tidlig postglaciertid. Det øvre sand/gytjelag kan så være dannet i det 'Baltiske Litorinahav', hvor tilsvarende aflejringer er truffet i naboområderne.

4. Jordarternes tekniske egenskaber

Formålet med de udførte undersøgelser var først og fremmest at opbygge en geologisk model for det aktuelle område. Desuden skulle undersøgelsen - på basis både af almindelige erfaringer og af de udførte felt- og laboratorieforsøg - fastlægge de vigtigste geotekniske egenskaber hos de trufne jordarter.

Undersøgelsen havde således mest af alt karakter af en 'placeringsundersøgelse', d.v.s. en undersøgelse, som føres så langt, at forskellige alternativer med tunnel, bro eller kombinationer heraf kan sammenlignes som grundlag for valg af projekttype og linieføring. I en senere fase vil der være behov for langt mere detaljerede undersøgelser af jordarternes fordeling og tekniske egenskaber.

Til brug for sammenlignende vurderinger af de forskellige alternative projekter og linieføringer har det været muligt ud fra de frembragte felt- og laboratedata i kombination med den generelle erfaring om de trufne jordarter at skønne disses styrke- og deformationsegenskaber.

De trufne jordarter er alle kendt fra tidligere undersøgelser i Danmark og Nordtyskland. De øverste lag af postglaciale ler-, sand- og grusaflejringer er anlægsteknisk set relativt uinteressante, da de dels forekommer i relativt tynde lag, dels normalt ikke udnyttes i funderingsteknisk henseende.

Disse lag dækker dog lokalt i den sydlige del af den undersøgte korridor over sen-postglaciale leraflejringer, som er så tykke (op til 12 meter) og så bløde, at de kan volde besvær. Geologernes første reaktion, da de så disse aflejringer, var at sammenligne leret med chokolade, som havde ligget i en varm vindueskarm. Som byggemateriale er det helt uegnet, og skal der siges noget positivt om det, må det være, at det er nemt at grave i. Til gengæld må man indstille sig på, at der ved udgravning vil blive efterladt nogle meget store huller med flade skrånninger med hældninger på 1:10 eller fladere.

Svelning: Den egenskab, at jorden udvider sig, når den tilføres vand. Svelning af et jordvolumen vil kun forekomme, hvis dette forinden har været mere eller mindre udtørret.

Svind: Den egenskab, at jorden trækker sig sammen, når den tørrer.

Varvkronologi: I perioder med isafsmeltning vil karakteren af det sediment, som tilføres søbassiner i området foran isen, skifte med årstiden. Mens der i vinterens frostperiode stort set alene tilføres ler, vil det sediment, der aflejres om sommeren indeholde meget silt. Ved et snit igennem en søbund fra perioden vil fine og grovere lag stadigt skifte. Det samlede lag for et år kaldes et varv. Det har vist sig, at varvene fra varme år vil være tykkere end de fra kolde år. Svenskeren G. de Geer var foregangsmanden indenfor forsøgene med at opstille en 'varvkronologi', d.v.s. en 'tids-regning' baseret på varvopmålinger.

Vibrocoreboring: Boring udført med en boreteknik, hvor man ved hjælp af vibrering presser et prøverør ned i havbunden. Teknikken kan normalt anvendes med succes ned til dybder på 10-12 meter og prøve kvaliteten er ofte god.

dette præger sedimentets karakter. Typisk udgør det organiske indhold 15-30 vægtprocent.

Kokkolitanalyse: En analyse, hvor man fastlægger en aflejnings geologiske alder ved at bestemme dens indhold af en nogle mikroskopiske kalklegemer, som har udgjort dele af en type plankton (kokkosphærer).

Kvartær enhed: Et jordlag dannet i Kvartærtiden, som er den yngste periode i jordens historie. Foruden at rumme nutiden omfatter Kvartærtiden de vekslende istider og mellemistider, som er indtruffet på vor jordklode i denne periode.

Langtids-styrkeegenskaber: I geoteknisk sammenhæng skelner man mellem en lerjords korttids-styrkeegenskaber og langtids-styrkeegenskaber. Dette skyldes, at spændinger tilført en lerjord i første fase til dels bæres af vandet i jorden. I takt med at dette drænes af, overføres spændingerne til jordskelettet. Derfor kan f. eks. en udgravningsvæg godt stå stabilt kort tid efter, at den er gravet, hvorefter den med tiden kan miste sin stabilitet.

Lithologisk: Med en jordarts/bjergarts lithologiske karakter forstås dens basale egenskaber såsom mineralsammensætning, kornstørrelsessammensætning, farve etc.

Moler: Et finkornet, lyst sediment aflejret i havet i perioden fra sen Paleocæn til tidlig Eocæn. Sedimentet er helt overvejende opbygget af kiselalger og findes kun i området omkring den vestlige Limfjord (Thisted/Mors/Fur/Ertebølle Hoved).

Moræner: Usorteret ler aflejret direkte af gletscherne i istiden.

Placeringsundersøgelse: En undersøgelse udført for et fremtidigt anlæg. Undersøgelsen udformes sådan, at man kan vælge den optimale placering af anlægget ud fra undersøgelsen. Denne er dog ikke tilstrækkelig til, at man kan anvende den som basis for dimensionering af anlægget.

Refleksionsseismik: En indirekte måde at undersøge jordlagenes fordeling på. Ved refleksionsseismik sender man lydsignaler ned i jorden og måler, hvor hurtigt de kommer tilbage igen efter at være blevet reflekteret ved f. eks. laggrænser i jorden.

Sintring: Sammenkitning.

Under de post- og senglaciale aflejringer træffes der næsten overalt moræneaflejringer, som vi kender det fra store dele af vort land. Aflejringerne har imidlertid en fasthed, som vi kun sjældent møder i Danmark. Der er tale om en aflejring, som på grund af begyndende sintring har mistet typiske jordartsegenskaber så som formbarhed. Til gengæld udviser moræneaflejringen tendens til opsprækning.

Undersøgelserne har vist, at morænen skifter karakter på tværs af bæltet. Mest iøjnefaldende er det, at lerindholdet vokser markant, jo nærmere vi kommer til Fehmarn. Men aflejringerne beholder deres karakteristiske store fasthed.

Under moræneaflejringerne møder vi tykke formationer af tertiært ler. Tertiært ler er som nævnt kendt fra mange forekomster specielt i Østjylland, men også fra andre lokaliteter i Danmark og Nordtyskland. De tertiære lerer er kendt for nogle specielle egenskaber, som har givet vanskeligheder ved mange bygge- og anlægsprojekter. Leret er ofte sprækket, hvilket gør, at dets reelle styrke er væsentligt mindre end den tilsyneladende fasthed, hvormed det normalt optræder. Desuden er dets langtidsstyrkeegenskaber ofte ringe, hvilket medfører, at stabile skråninger skal anlægges med meget flad hældning (størrelsesordenen 1:10). Endelig er de tertiære lerer kendt og frygtet for deres betydelige volumenændringer ved udtørring og ved vandoptagelse, kendt som henholdsvis svind og svelning. De gennemførte laboratorieundersøgelser tyder dog foreløbig på, at de trufne tertiære lerer kun er moderat følsomme overfor vandafgivelse og -optagning.

Nederst i den aktuelle geologiske model finder vi kalken i en lokal dome i den østlige del af den undersøgte korridor. Det vil være muligt at vælge linieføringer, som kan holdes fri af kalken, men for det tilfælde, at man vælger at passere hen over kalken eller igennem denne, har vi fra tidligere anlægsarbejder en god, basal viden om dens egenskaber. Generelt er det en fast jordart på grænsen til, hvad man kan betegne som en bjergart med gode styrke- og deformationsegenskaber. Et element ved den aktuelle placering som toppen af en dome er imidlertid sandsynligheden for, at der i den øverste del forekommer betydelige sprækkesystemer, hvor kalken har væsentligt ringere geotekniske egenskaber.

Alt i alt har undersøgelserne skabt et godt overblik over de jordarter, som kan blive aktuelle i forbindelse med anlæg af en fast forbindelse over Femer Bælt, uanset om man måtte vælge en bro, en tunnel eller en kombinationsløsning. Men selv om overblikket er skabt, er der mange detaljer om jordarternes udbredelse og egenskaber, som skal klarlægges, inden man kan tage det første spadestik til en ny forbindelse.

Boks II: Log-typer anvendt på Femer Bælt

Naturlig gamma log måler den naturlige radioaktivitet (gammastråling), som skyldes grundstofferne uran, thorium og kalium. Den naturlige gamma radioaktivitet er ofte højt ved stort lerindhold.

Gamma-gamma densitet eller densitetsloggen benytter en gammastrålekilde på sonden og er følsom for formationens elektrontæthed. Elektrontætheden hænger sammen med formationens massefylde.

Neutron-neutron porøsitet eller porøsitetsloggen benytter en neutronkilde på sonden. Neutronerne bliver bremset af vand dels i boringen dels i formationens porerum. De neutroner, som registreres ved sensoren er således påvirket af formationens porøsitet.

Sonic loggen måler formationens lyd hastighed, som er en funktion af porøsitet og massefylde.

Resistivitetsloggen måler formationens elektriske resistivitet (modstand). Resistiviteten er afhængig af de geologiske materialer (f.eks. lerindhold) samt porevæskens koncentration af opløste salte.

Induktionsloggen måler formationens elektriske ledningsevne.

Borehulsvæskens elektriske ledningsevne afhænger af koncentrationen af ioner i væsken. Benyttes ofte til at vurdere grundvandets saltholdighed. Borehulsvæskens temperatur benyttes til korrektion af ledningsevne-målinger.

Ordliste:

Bentonit: En lertype, som på grund af sine specielle egenskaber er velegnet til en lang række forskellige tekniske anvendelser. De største mængder bruges i øjeblikket til 'boremudder' i olie-gaseftersøgnings-boringer, men også f. eks. i malinger bruges lertypen udbredt.

Biostratigrafisk: En biostratigrafisk datering af en aflejring er en relativ geologisk datering baseret på bestemmelse af de rester/spor efter dyr og planter, der findes i aflejringen. Da der efterhånden er en god viden om den reelle alder af de forskellige biostratigrafiske enheder, har man ud fra en biostratigrafisk datering også en god indikation på den reelle alder på sedimentet.

Blank skæreflade: I geotekniske anvendelser vurderes lerindholdets omtrentlige størrelse i et lersediment ofte ved, at man skærer prøven igennem og ser, om der derved fremkommer en (blivende) blank skæreflade.

Borehulslogging: En indirekte undersøgelsesmåde, hvor forskellige sonder sænkes ned i det færdigborede hul og måler forskellige egenskaber i de omkringliggende jordlag.

CPT-forsøg: Et feltforsøg der anvendes til at bestemme tekniske egenskaber ved en jordart. Forsøget gennemføres ved, at en kegle presses ned i jorden. Udstyret er udformet på en sådan måde, at man under nedpresningen kan måle jordlagenes modstand imod spidsens nedtrængen (spidsmodstand), jordlagenes 'vedhæftning' til stålappen bag spidsen (kappemodstand) samt det poretryk der opstår, når spidsen presses ned.

Dinoflagellatanalyse: En analyse, hvor man bestemmer de mikroskopiske alger (dinoflagellater) i en prøve. Ud fra artssammensætningen kan der drages konklusioner om sedimentets geologiske alder.

Dome: En struktur med facon som en omvendt skål. I det aktuelle tilfælde er dommen dannet ved, at salt fra den dybere undergrund på grund af sin lave vægtfylde har trængt sig op i og løftet overliggende lag.

Geoteknik: Fag/videnskab der beskæftiger sig med jord-/bjergarters praktiske anvendelser ved funderings- og jordbygningsarbejder.

Gytjeaflejring: Finkornet sediment med så stort et organisk indhold, at