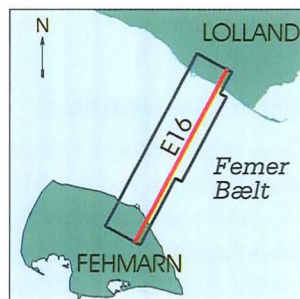


Geologiske og geotekniske forhold under Femer Bælt

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 skrider 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.

Undersøgelingsstrategi

Den valgte undersøgelingsstrategi bestod af en række trin. I det første skulle materiale fra ældre undersøgelser i området indsamles. Næste trin var en omfattende reflektionsseismisk 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 beskedne. Der er udført en del seismiske undersøgelser og korte såkaldte vibrocoreboringer gen-



Boreplatformen i aktion

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-

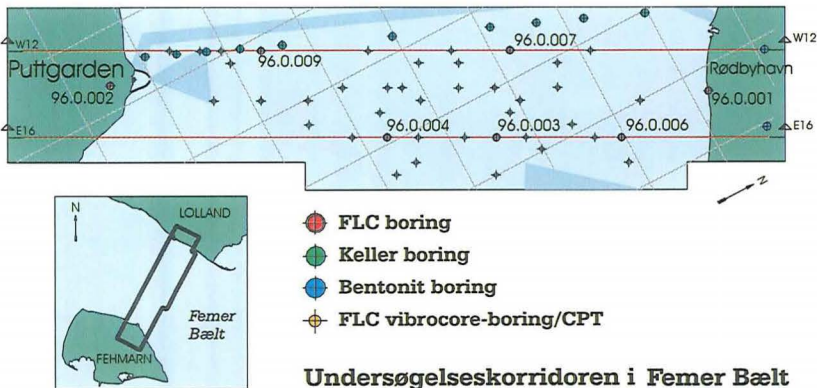


Dækket på boreskibet. Vibrocore boreriggen er udspændt mellem de to kraner.

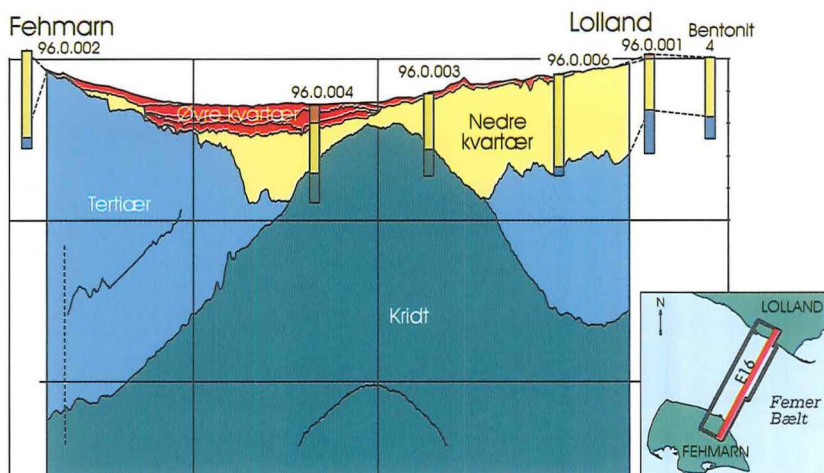
søiske lagserie. Den anden skulle udføres i et 400 x 1000 meter net med et udstyr, som skulle kunne vise opbygningen af lagserien til mindst 120 meters dybde. Efter en testsejlad valgte man at udstyre båden med en 'Pinger' og en 'Sparker' (se boks I) til sejladsen i det tætte net. Der blev også påmonteret 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 skrivekridt. 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.



Den foreløbige geologiske model for tværsnittet fra Fehmarn til Lolland.

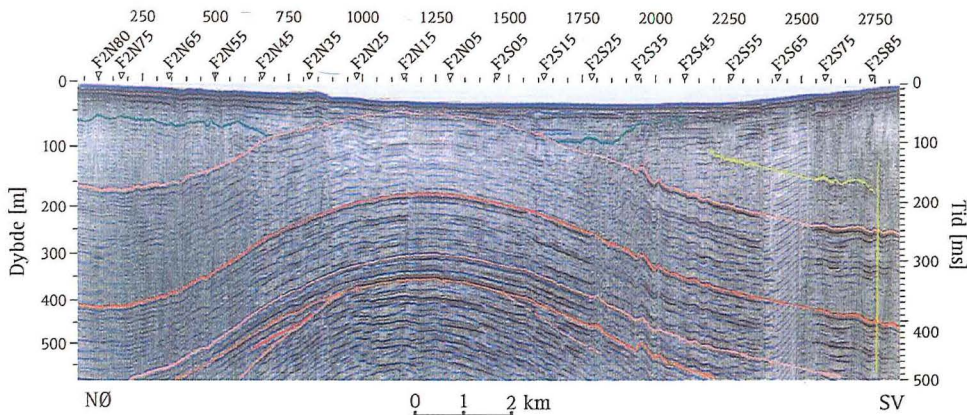
overfladen, som indenfor undersøgelsesområdet udviser dybdeforskelle på mere end 150 meter. Dette ses tydeligt i ovenstående figur, hvor det også kan konstateres, at det tertiære ler er borteroderet omkring domens toppunkt, således at kalken her optræder umiddelbart under de kvartære aflejringer og kun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

For at verificere den foreløbige model blev der udført en række yderligere undersøgelser i form af CPT-forsøg og borerer 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, borerer 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 borerer 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.

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 domnen 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 salt dome. 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'.

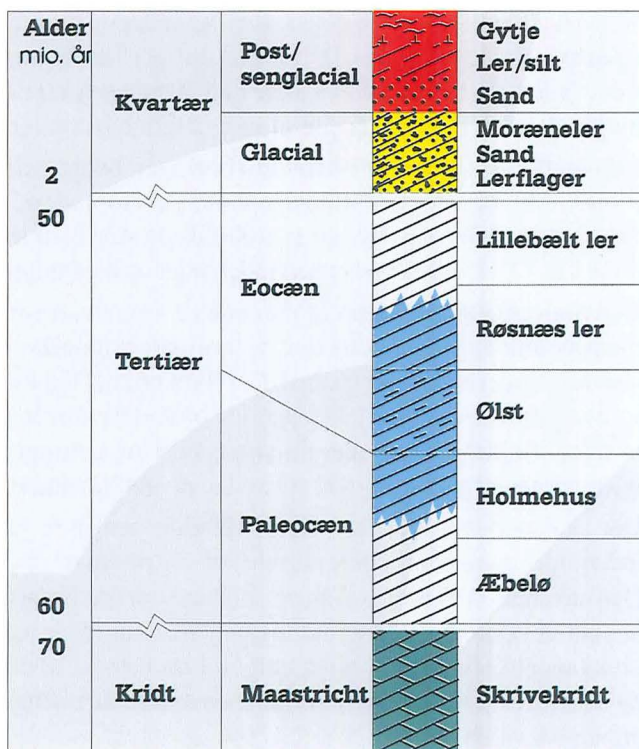
Det ældre tertiære ler i Østjylland indeholder lag af vulkansk aske. Tidsrummet ved grænsen mellem Paleocæn og Eocæn var en vulkansk meget aktiv periode i Nordsøområdet, og mere end 200 gange gik vulkaner i udbrud og spredte aske ud over de omliggende havområder, hvor asken sank til bunds og lagde sig som regelmæssige lag i de sediment, 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 grønne farver, og at der findes askelag i dele af lagserien. Det kunne også konstateres, at leret visuelt varierer fra bo-

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 domnen.

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.



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 Heiligenhaven-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 borerne. 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.

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-postglaciale 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 gytjeflejringer.

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 seneglacialtiden 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 skråninger med hældninger på 1:10 eller fladere.

Under de post- og sen-glaciale 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 lydshastighed, 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-gaseftersøgningsboringer, 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 stålkappen 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

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

Kokkolitanalyse: En analyse, hvor man fastlægger en aflejrings 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).

Moræneler: 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 lyd signaler ned i jorden og måler, hvor hurtigt de kommer tilbage igen efter at være blevet reflekteret ved f. eks. laggrænser i jorden.

Sintring: Sammenkitning.

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 prøvekvaliteten er ofte god.