

Begravede dale i Nordsøen - og i Sønderjylland

Af Mads Huuse & Holger Lykke-Andersen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet og Steen Thomsen, Sønderjyllands Amt

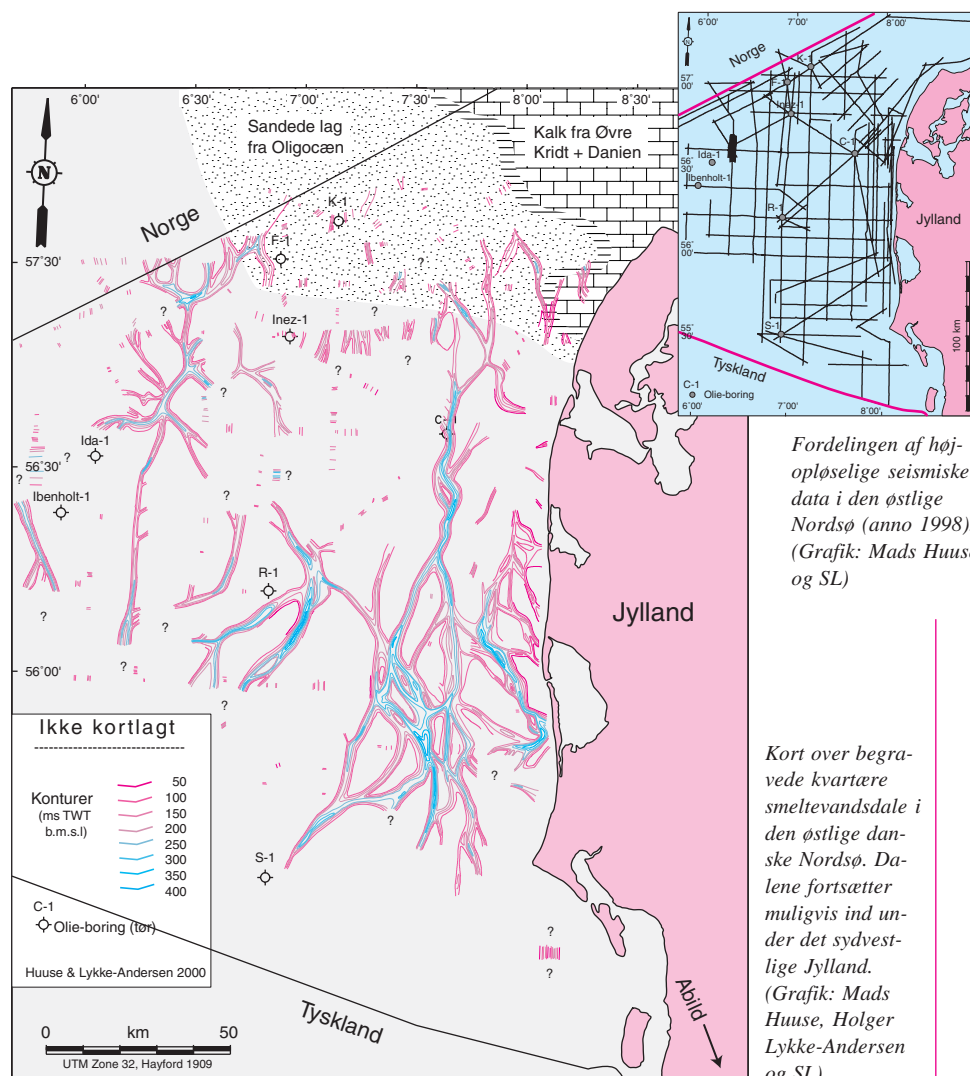
Under Nordsøens bund skjuler sig et system af begravede, kvartære dale, tilsyneladende af samme type som dem, der spiller en stadig større rolle som drikkevandsmagasiner inde på land.

Fra den jyske vestkyst til den engelske østkyst udgør Nordsøen et lavvandet havområde med kun små variationer i vanddybden. En markant undtagelse findes i Skagerrak, hvor Norske Rende skærer sig ned til dybder på mere end 500 meter under havniveau. Norske Rende menes dannet som resultat af gletscher- og smeltevandserosion i forbindelse med istidene i Skandinavien i løbet af den sidste million år. Renden holdes i dag åben af kraftige bundstrømme, og Norske Rende er således bevaret som et levn fra istidene. Resten af Nordsøen er derimod kendetegnet ved betydelige mængder af tertiære og kvartære sedimenter og deraf følgende moderate vanddybder og jævn havbund.

Dataindsamling

Dalene i den østlige del af dansk Nordsø er blev kortlagt som led i Mads Huuse's PhD-projekt ved Geologisk Institut, Aarhus Universitet, finansieret af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (SNF). Den seismiske datadækning anno 1998, der ligger til grund for kortlægningen, er vist på det lille kort.

De seismiske målinger blev foretaget med udstyr tilhørende Geologisk Institut og foregik dels med Havforskningskibet Dana (1994-1996), dels med Søopmålingsfartøjet Gribben (1997-1998). Dana-togterne blev finansieret af SNF, mens sejladserne med Gribben foregik i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS). Yderligere højopløselige seismiske data indsamles af Aarhus Universitet i samarbejde med GEUS med Søopmålingsfartøjet Flyvefisken (1999-2001).



Fordelingen af højopløselige seismiske data i den østlige Nordsø (anno 1998). (Grafik: Mads Huuse og SL)

Kort over begravede kvartære smeltevandsdale i den østlige danske Nordsø. Dalene fortsætter muligvis ind under det sydvestlige Jylland. (Grafik: Mads Huuse, Holger Lykke-Andersen og SL)

Når man ved seismiske undersøgelser kigger ned igennem havbunden i Nordsøen, afsløres det, at der befinder sig et vidt forgrenet system af dalstrukturer, der minder om den norske rende, om end de er noget mindre. Disse begravede dale kan være op til 350 meter dybe, flere km brede og op til et par hundrede km lange. Dalene er karakteristiske ved det at de er "bananformede", det vil sige de er dybere på midten end i enderne, hvor de tilsyneladende stopper brat. De adskiller sig således markant fra dale, som findes i flodsystemer på jordoverfladen, da disse som regel har en veldefineret munding, hvor de løber ud i en sø eller ud i havet. Flere af dalene fortsætter mod land, hvor de kun enkelte steder er kortlagt i detalje.

Dalenes alder

Føreløbige undersøgelser, baseret på sammenligninger med dale fra tilstødende hav-

og landområder, tyder på, at dalene i Nordsøen oprindeligt er dannet i forbindelse med Elster glaciationen for 500 til 300.000 år siden, hvor mægtige gletschere skred fra det Skandinaviske højland henover Danmark og Nordsøen til Nordtyskland og Holland. Dette baseres i høj grad på sammenligninger med tilsvarende dale i Nordtyskland, hvor alderen og udbredelsen af de kvartære dale er relativt velbestemt på grund af deres store betydning som grundvandsreservoir.

I Nordtyskland er det velkendt at dale fra Saale-istiden, for 250 til 100.000 år siden, generelt ikke er nær så dybe som Elster-dalene, mens dybden af dale fra Weichsel-istiden, for ca. 70-10.000 år siden, generelt ligger mellem Elster- og Saale-dalenes dybder. Dybden af dalene i Nordsøen svarer til Elster-dalene i Nordtyskland. Desuden er det velkendt at Weichsel-isen stoppede ved hovedopholds-

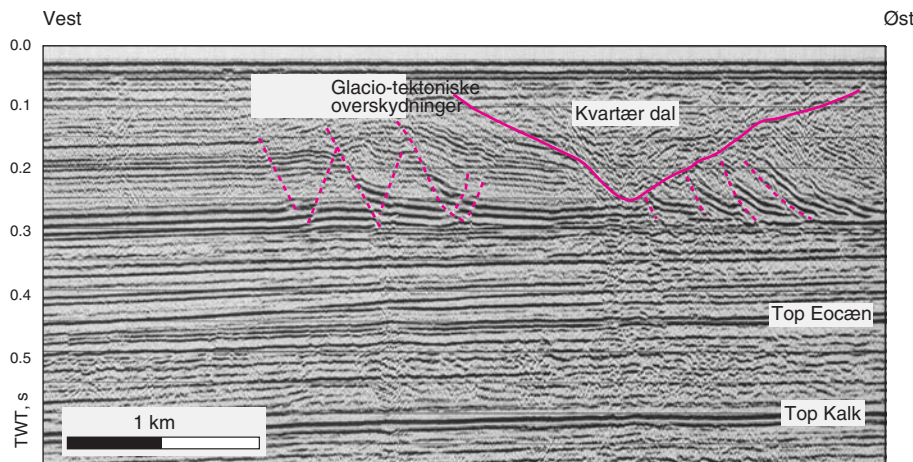
linien i Jylland og således kun dækkede den nordlige del af Nordsøen. Det er således nærliggende at antage, at dalene i den østlige Nordsø stammer fra samme istid, som de dybeste dale i Nordtyskland, det vil sige Elster.

Dalene skærer lokalt glacial-tektoniske overskydningsstrukturer og er således yngre end disse. Da overskydningsstrukturerne menes dannet på grund af det store fremadrettede tryk ved fronten af en fremadskridende gletscher, er det rimeligt at antage, at dalene er frembragt efter passage af gletscherfronten, det vil sige under gletscheren.

Smeltevandserosion under isen

Her vil vi ikke koncentrere os om diskussionen af mekanismer for dalenes dannelse, men berette om deres tilstedeværelse i Nordsøen, og hvad de kan fortælle os om tilsvarende dale på land, primært Jylland, hvor deres udbredelse og geometri langt fra er velbestemt. Med hensyn til dalenes dannelse henviser vi til tidligere diskussioner af Per Smed og Holger Lykke-Andersen i *Geologisk Nyt* nummer 1, 2 og 3 fra 1995, samt til vores artikel i *Quaternary Science Reviews* 19 nummer 12. Der konkluderer vi at dalene i Nordsøen hovedsagelig er dannet som følge af smeltevandserosion under isen i forbindelse med de kvartære glaciationer.

Kun i nogle få tilfælde har strukturer i underlaget været med til at bestemme dalenes forløb. I områder med ringe tertiære mægtigheder i Østjylland og Kattegat spiller underlagets struktur en større rolle for placeringen af dalene. I dele af Nordsøen med store tertiære mægtigheder tyder dalenes forløb på, at permeabiliteten af under-



Glacial-tektoniske overskydningsstrukturer gennemskåret af en begravet dal. (Grafik: Forfatterne og SL)

laget kan have været af betydning for daldannelsen. Kortlægningen viser således, at dalene er dybest, hvor underlaget består af relativt impermeabel silt og ler fra Miocæn, mens de er mindre udviklede mod nord og syd, hvor de skærer ned i relativt permeable sand og silt-aflejringer fra henholdsvis Oligocæne og Plio-Pleistocæne.

Dalfyld – et muligt grundvandsreservoir

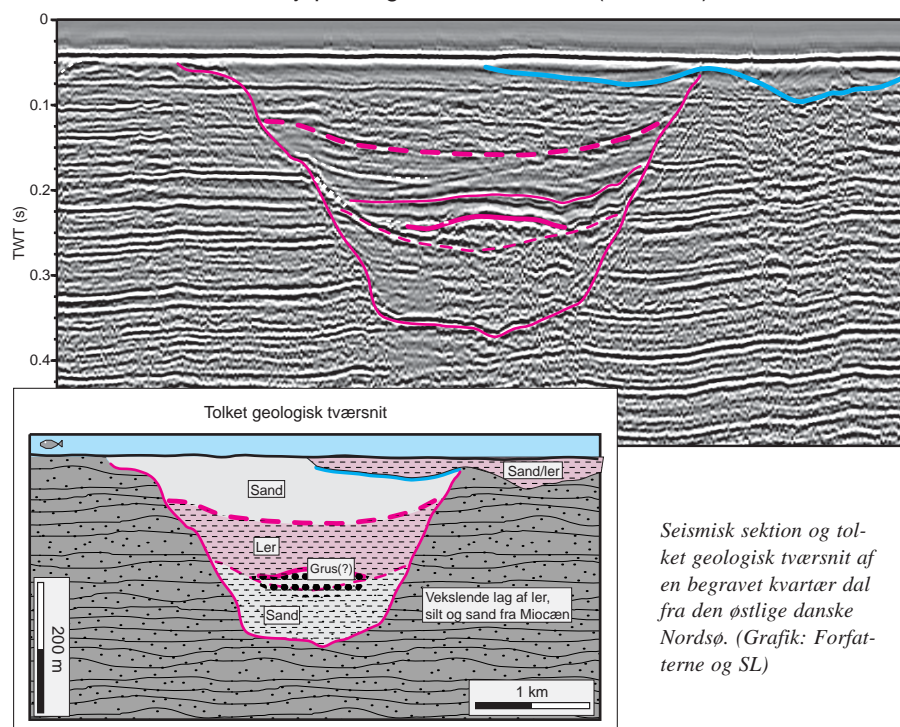
På det danske landområde udgør helt eller delvist begravede kvartære dale, svarende til dem der er kortlagt i Nordsøen, grundlaget for vandforsyningen til mange byer, for eksempel Århus. Dette skyldes, at de begravede dale ofte indeholder lag med sand og grus indkapslet i mere finkornede lerlag, der beskytter mod forurening fra overfladen. Med tiltagende fare for forurening af de overfladenære grundvandsreservoirer man anvender i dag, må det forventes, at begravede dale vil få stigende betydning

for sikringen af forsyningen med grundvand fra dybtliggende reservoirer.

Indholdet af sand og grus i mange dale på land er forholdsvis velkendt, mens deres udbredelse kun er sporadisk kortlagt. Forholdene i Nordsøen er lige omvendt, det vil sige, at udbredelsen nu er forholdsvis velbestemt, mens indholdet af dalene må tolkes ud fra kendskabet til dalene på land.

Seismiske analyser antyder at store dele af dalfyldet er grovkornet materiale som for eksempel smeltevandssand og grus vekslede med mere finkornede lag af silt og ler. Et stort indhold af grovkornet (porøst og permeabelt) sediment vekslede med finkornede (forsegkende) lerlag gør dalene interessante i forbindelse med grundvandsforskning. Her tænkes der naturligvis ikke på at lede efter ferskvand under Nordsøen, men på at det indblik i dalenes fyld, geometri og udbredelse, som kan opnås til havs, kan overføres til dalene på land. Omvendt kan borer i dale på land hjælpe med til at datere- og bestemme indholdet af dalene i Nordsøen.

Højopløselig seismisk sektion (DA96-05)



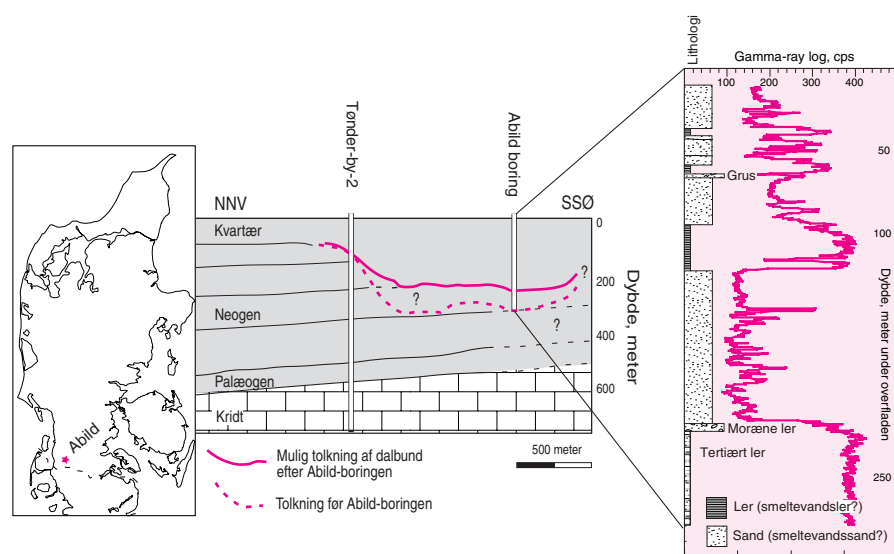
Seismisk sektion og tolket geologisk tværsnit af en begravet kvartær dal fra den østlige danske Nordsø. (Grafik: Forfatterne og SL)

Seismik

Seismiske undersøgelser, at lydbølger udsendt i vandet af en såkaldt luftkanon reflekteres af lag i undergrunden, hvorefter de registreres ved hjælp af en række hydrofoner (mikrofoner til lydmåling i vand), som slæbes efter skibet. Herved kan lagernes placering i de øverste ca. 500 m af undergrunden bestemmes med en nøjagtighed på 5-10 meter.

Det er i princippet den samme metode, man bruger til at finde olie i de dybere dele af undergrunden. Eksempler på begravede dale, som de ser ud på de seismiske data, er vist her. Metodikken bag seismiske undersøgelser til havs er beskrevet af Mads Huuse i *Geologisk Nyt* (2/96).

Skitse af en begravet dal ved Abild, Sønderjylland. Dalen er gennemboret med henblik på at sikre drikkevandsforsyningen fra Abild Vandværk. Det geologiske profil er baseret på olie-seismiske data og tyngdemålinger udført af Steen Thomsen, Sønderjyllands Amt. Til højre ses et litologisk profil baseret på bore-spåner (cuttings) og den tilsvarende gamma-ray log målt i Abild-boringen. Litologibeskrivelsen er udført af Peter H. Kristensen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet. Gamma-ray loggen er opmålt af Uffe Korsbech, DTU. Gamma-ray loggen viser jordlagenes naturlige radioaktivitet. Høje gamma-ray værdier indikerer typisk forekomsten af lerlag (forsegelende), mens lave gamma-ray værdier indikerer sandlag, der kan være mulige grundvandsreservoarer. (Grafik: Forfatterne og SL)



Det forventes derfor, at en øget integration af information fra henholdsvis land- og havområderne vil kunne lede til øget forståelse af dalenes dannelseshistorie, deres udbredelse, samt deres mulige indhold af grundvandsreservoarer, til gavn for den fremtidige forsyning af rent grundvand i Danmark.

Boringen ved Abild

Med henblik på at opnå et øget indblik i dalfylkets karakter og i alderen af dalene blev der i løbet af juni udført detaljeret prøvetagning i forbindelse med en grundvandsboring udført for Abild Vandværk i Sønderjylland. Boringens placering blev bestemt af Steen Thomsen, Sønderjyllands Amt og Abild Vandværk, der havde lokaliseret en dyb begravet dal umiddelbart syd for Abild by ved samtolkning af olie-seismiske data og højopløselige tyngdefeltsdata. Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd financerede en forlængelse af boringen ned til 277 meter. Forlængelsen af boringen skete med henblik på at gennembore den nederste (ældste) del af dalfylket, som forventedes at ligge i ca. 250-300 meters dybde.

Boring med trykluft

Boringen blev udført med den såkaldte luft-hebe teknik, hvor borespånene bliver ført op til overfladen ved hjælp af trykluft. Denne metode er betydeligt billigere end kernetagning og blev vurderet til at give bedre prøver til mikropalæontologiske- og sedimentologiske undersøgelser end konventionelle skylleboringsteknikker. Der blev udtaget boreprøver for hver boret meter. For hver tredje meter blev der cirkuleret med boremudder og en helt ren prøve kunne tages, mens de mellemliggende prøver blev taget under kontinuert boring.

Kvaliteten af boreprøverne tyder på at boring med luft-hebe teknik er meget velegnet til prøvetagning i de kvartære dales ofte grovkornede og usammenhængende fyld. Således ville der næppe være fremkommet brugbare kernep prøver i de tykke sand og gruslag. Tilsvarende ville prøverne

fra de finkornede lerlag formentlig være blevet opblandet i en traditionel skylle boring.

Foreløbige resultater af Abildboringen

I den dybe boring blev tertiært ler truffet allerede i 223 meters dybde under overfladen, umiddelbart under et 4-5 meter tykt lag moræneler. Det tertiære ler fandtes indtil 277 meters dybde, hvor boringen måtte stoppes af tekniske årsager. Over moræneleret findes en næsten 100 meter tyk serie af sand og gruslag overlejret af et godt 30 meter tykt lerlag.

Den gennemborede lagserie giver to muligheder for at tolke de geologiske forhold omkring Abild-dalen: Enten er det tertiære ler faststående og dalbunden således beliggende ca. 75 meter over den oprindelige tolkning, eller det gennemborede tertiære ler udgøres af en kæmpemæssig blok skredet ned fra siden af dalen. I det sidste tilfælde findes dalbunden internt i eller under det gennemborede interval.

Dette problem vil blive undersøgt nærmere ved retolkning af eksisterende seismiske data og så vidt muligt ved indsamling af nye seismiske data, samt højopløselige tyngdefeltsdata. Desuden forventes det at korrelation med omkringliggende boringer vil kunne bidrage til at bestemme, hvorvidt det tertiære ler i Abildboringen er faststående.

Alderen af det tertiære ler i Abild-boringen vil blive bestemt biostratigrafisk ved analyse af lerets indhold af mikrofossiler (dinoflagelater, foraminiferer), samt ved en korrelation med den nærliggende olieboring Tønder-by-2. Foreløbige mikropalæontologiske analyser af udvalgte boreprøver over det tertiære ler viser udelukkende omløjrede fossiler i dalfylket, der således må dateres på anden vis. Alderen af fylket vil derfor blive søgt bestemt ved fingerstilling af den basale moræne, samt ved luminiscens-datering af tre udvalgte sand/grusprøver.

Fremtidige undersøgelser

Analyserne af boringen ved Abild er således langt fra afsluttet. De detaljerede analyser af dalfylket forventes at være tilendebragt i løbet af vinteren, mens indsamling af nye seismiske data muligvis kan finde sted allerede i efteråret 2000 eller sommeren 2001.

Til slut kan vi konstatere, at boringen i dalen ved Abild var en stor succes for Abild Vandværk, der har sat tre filtre til grundvandsindvinding i det tykke sand/gruslag mellem 124 og 218 meter under overfladen. Sand/gruslaget er antagelig forseglede af det overliggende lerlag og boringen har således sikret områdets grundvandsforsyning i flere år fremover. ■

SEISMOGRAFER, RESISTIVITETSSYSTEMER
VLF ELEKTROMAGNETISK SYSTEM
STØJ- OG VIBRATIONSMÅLEUDSTYR

FRA ABEM Instrument AB

Dyno Nobel Danmark A/S

Telefon 43 45 15 38
Homepage www.dynonobel.dk