

# Danien-kalkens overfladetopografi i egnen og farvandet omkring Århus

HOLGER LYKKE ANDERSEN OG JOHN TYCHSEN



Andersen, H. L. og Tychsen, J.: Danien-kalkens overfladetopografi i egnen og farvandet omkring Århus. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, side 69-73. København, 3. januar 1977.

By means of continuous seismic profiling the surface of the Danian limestone has been mapped in the Århus Bugt (East Jutland, Denmark). Combined with the information from borings and refraction seismic work in adjacent land areas a contour map of the surface of the Danian limestone has been prepared. It is shown that this surface possesses a considerable relief. This relief is interpreted as mainly resulting from halokinetic processes, although other tectonic processes seem to be indicated also. Erosional features are not evident from the present data, but can be inferred from other sources.

*Holger Lykke Andersen og John Tychsen, Laboratoriet for Geofysik, Århus Universitet, Finlandsgade 6, 8200 Århus N.*

Kendskabet til beliggenheden af Danien-kalkens overflade i den centrale del af Østjylland er sporadisk, idet det stort set er begrænset til området omkring Randers, hvorfra der foreligger publicerede kort (Sorgenfrei & Berthelsen 1954; Schrøder 1974). I områderne, som ligger sydligere end Djursland, er Danienet formentlig i det store og hele dækket af yngre Tertiære aflejringer, og beliggenheden af kalkens overflade er kun kendt i ganske få relativt dybe borerer.

Med henblik på en nærmere belysning af Danien-kalkens overfladetopografi blev der i september 1975 udført refleksionsseismiske målinger (kontinuert seismisk profilering) i farvandet mellem Djursland og Samsø, langs sejl-ruter som er markeret på fig. 3. Den samlede profillængde andrager ca. 250 km. Opmålingerne blev foretaget med en GGU tilhørende ét-kanals refleksionsseismisk profileringsudrustning med airgun som energikilde. Udrustningen var installeret ombord i Geodætisk Instituts kutter »Tycho Brahe«. Udrustningen er oprindelig opbygget med henblik på anvendelse ved Grønland, d. v. s. i farvande med store vanddybder. Det viste sig imidlertid ved passende valg af volumen og affyringsstryk i airgun, affyringsfrekvens og afstand mellem airgun og hydrofoner, at det er muligt at opnå tilfredsstillende resultater i lavvandede indre danske farvande.

## Seismiske profiler og deres behandling

Som det illustreres af fig. 1, kan en tydelig reflektor, som antages at svare til Danien-kalkens overflade, følges på næsten alle profilerne. På enkelte profiler har der yderligere kunnet identificeres en eller to højere liggende reflektorer.

Identifikationen af egentlige reflektorer i de kontinuerede refleksionsseismiske profiler kan specielt i farvande som de her undersøgte med lav vanddybde være problematisk, idet de søgte reflektorer ofte maskeres af multiple indsatser fra havbunden og af den såkaldte boblepuls og dens multiple indsatser (fig. 2). Forvekslinger kan imidlertid undgås, idet det er muligt at beregne tidspunkterne for de maskerede indsatser. Tidspunkterne for multiple indsatser fra havbunden kan således beregnes med kendskab til vanddybderne og havbundens topografi. Tidspunkterne for indsatser fra boblepulsen kan beregnes ud fra kendskab til airgun'ens volumen, dens affyringsstryk og dybde (Schulze-Gattermann 1972). De steder, hvor den søgte reflektor ligger tæt under havbunden, har den dog normalt ikke kunnet identificeres. Det hænger sammen med, at der ved målingerne blev lagt vægt på at opnå en stor indtrængningsdybde, hvilket har medført en forholdsvis ringe opløsning i seismogrammerne, og dermed tab af information om højt beliggende laggrænser.

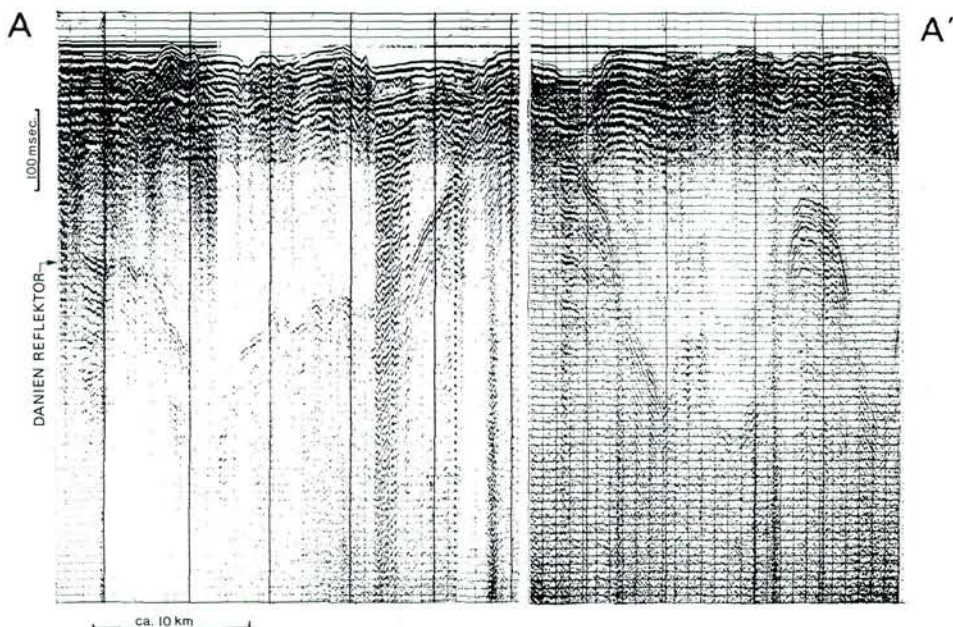


Fig. 1. Kontinuert seismisk profil (AA' i fig. 3). Danien-kalken fremtræder som en god refleksor med betydeligt relief.

På de kontinuerte seismiske profiler er der foretaget udmåling af tidsdifferencen mellem den første indsats fra havbunden og indsatsen fra Danien-reflektoren. Idet der er set bort fra den ubetydelige tidsforsinkelse, som er en følge af afstanden (ca. 30 m) mellem airgun og hydrofoner, er den således målte tidsdifferens benyttet ved beregning af reflektorens dybde under havbunden.

Dybden er beregnet under den antagelse, at sedimenterne over Danienet er homogene med en seismisk hastighed på 1750 m/sek. Denne antagelse bygger på resultaterne fra refrak-

tionsseismiske undersøgelser ved Låsby og Skibby, henholdsvis ca. 25 og 15 km vest for Århus. Ved Låsby angives således for Kvartære + Tertiære aflejringer over kalk en homogen hastighed på 1600 m/sek (Nørlund & Brockamp 1934). Ved Skibby er den tilsvarende hastighed ved målinger foranstaltet af Laboratoriet for Geofysik, Århus, fundet at være 1650–1750 m/sek.

Den totale dybde til Danien-kalkens overflade regnet fra havoverfladen er fundet ved at addere vanddybden målt med ekkolod til den af seismogrammerne beregnede dybde.

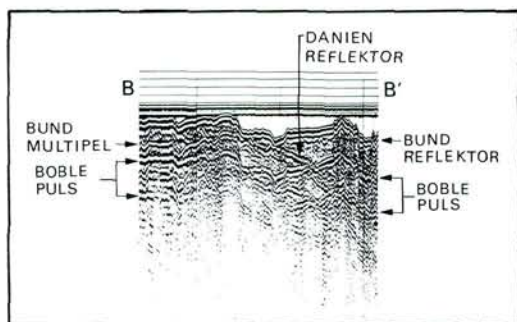


Fig. 2. Kontinuert seismisk profil (BB' i fig. 3). Multiple indsatser fra havbunden og boblepulser maskerer Danien-reflektoren, når den ligger tæt under havbunden.

### Resultater og deres fortolkning

Rå grundlag af de seismisk bestemte dybder er der fremstillet et konturkort for Danien-kalkens overfalde. Kortet er udvidet til også at omfatte tilstødende landområder, idet der er inddraget oplysninger dels fra DGU's borearkiv og dels fra de netop omtalte refraktionsseismiske undersøgelser vest for Århus (fig. 3). Selv om kurveforløbet er noget hypotetisk, særlig imellem Norsminde og Horsens Fjord og i omegnen vest og nord for Århus samt i Mols-området, fremgår det med tyde-

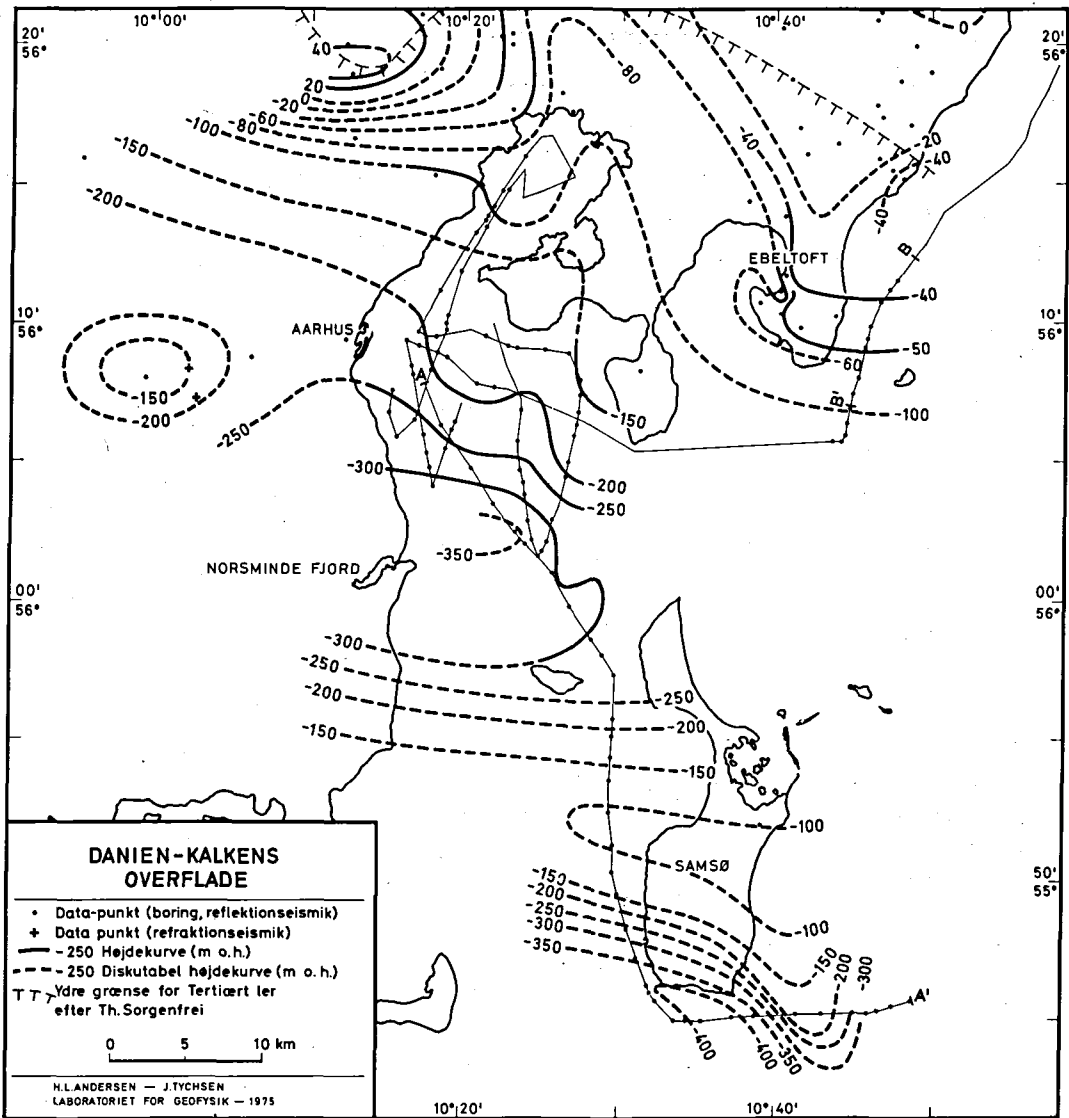


Fig. 3. Højdekort over Danien-kalkens overflade. Ækvistand 20 m eller 50 m. Profilerne langs sejlruerne AA' og BB' er vist i fig. 1 og 2.

lighed, at Daniens-kalkens overflade er i besiddelse af et ganske betydeligt relief.

Kalken træffes ved eller nær jordoverfladen i den østlige del af Djursland og i et område omkring Voldum ca. 20 km nord for Århus. Ind imellem disse højtliggende områder strækker sig en tilsyneladende bred sækning, hvis dybder synes at vokse i retning mod Kalø og Ebeltoft Vig. Hovedtrækkene i dette relief er allerede antydnet af Ødum (1926). Kalkoverfladen falder i den nordlige del af Århus Bugt me-

get svagt mod syd og sydvest ind mod et bassin, hvis dybeste dele øjensynligt befinder sig omkring Norsminde Fjord. Hvorledes dette bassin er udformet på landsiden er ganske uklart. Dog er det sikkert, at bassinet i et område vest for Århus afbrydes, hvor kalkoverfladen lokalt danner en hævningsstruktur (jfr. Lykke Andersen 1974). Den sydlige afgrænsning af bassinet er ubekendt i farvandene mellem fastlandet og Tunø. I farvandet umiddelbart vest for Samsø tegner der sig derimod

et klart billede, idet kalkens overflade her stiger mod en hævningsstruktur under den centrale del af Samsø. Sydflanken af denne struktur befinder sig i den sydligste del af Samsø, hvor kalkoverfladen falder relativt brat mod syd-sydvest.

Dannelsen af det således skildrede relief skal rimeligvis ses som et resultat af tektonisk virksomhed, eventuelt kombineret med erosionsprocesser, som kan have modificeret det oprindelige relief. Det kortlagte område befinder sig ifølge Sorgenfrei (1969) og Madirazza (1976) inden for den del af det danske bassin, hvor der er mulighed for dannelse af saltstrukturer. Den omtrentlige begrænsning mod syd af saltstrukturprovinsen angives af begge forfattere at forløbe gennem Horsens Fjord og Samsø's sydlige del. Det forekommer således nærliggende at antage, at saltstrukturdannelse spiller en rolle for udformningen af kalkoverfladens relief.

For domestrukturen ved Voldum (»Voldumstrukturen« ifølge Madirazza 1976) understøttes denne opfattelse stærkt af, at der til strukturen er knyttet et gravimetrisk minimum (Sorgenfrei og Buch 1964; Schrøder 1974). Dertil kommer, at der ved reflektionsseismiske studier, som venteligt, er påvist en tilsvarende domestruktur i grænsen mellem Nedre og Øvre Kridt (Baartman & Christensen 1975).

Ved den noget dybere liggende domestruktur, som er konstateret vest for Århus, er der ganske vist ikke påvist noget udpræget gravimetrisk minimum, men der er ved reflektionsseismisk undersøgelse (udført af DAPCO og venligst stillet til rådighed af DGU) afsløret en hævningsstruktur i grænsen mellem Nedre og Øvre Kridt, analog til den ved Voldum kendte. Det forekommer derfor ikke urimeligt også at opfatte denne struktur i Danienkalkens overflade som betinget af en saltstrukturdannelse. Domestrukturens højeste punkt befinder sig åbenbart i nærheden af landsbyen Harlev, hvorfor den foreslås omtalt som »Harlevstrukturen«.

Hvorvidt hævningsstrukturen, som er lokaliseret under Samsø, kan opfattes på tilsvarende måde, synes at være mere usikkert, men muligheden kan næppe afvises. Samsø befinder sig rigtignok i den formodede udkant af saltstrukturprovinsen, men dog omtrent i sam-

me position som området nord for Horsens, hvor reflektionsseismiske undersøgelser viser tilstedeværelsen af en dybtliggende saltstruktur (pers. medd. J. C. Baartman).

Depressionerne, som er påvist i Danienets overflade dels i området øst for Voldumstrukturen og dels omkring Norsminde Fjord, synes at finde en acceptabel forklaring som et led i saltstrukturmønstreret. Depressionsdannelsen kan nemlig opfattes som en følge af saltets bevægelse ind mod de omgivende saltstrukturer.

Selv om den salttektoniske hypotese således synes at være rimelig god for hovedelementerne i relieffet, er den dog formentlig ikke tilstrækkelig. Et tegn herpå er, at Danienkalkens bratte fald i et VNV-ØSØ strøg i det sydligste Samsø falder inden for et strøg, hvori der er påvist normalforkastninger til meget stor dybde (pers. medd. J. C. Baartman).

Spørgsmålet om, hvorvidt erosionsprocesser har spillet en rolle ved udformningen af relieffet, er der ingen mulighed for at bedømme direkte, idet den benyttede kortlægningsmetode udelukkende belyser dybden til Danienet, mens den på ingen måde oplyser noget om det stratigrafiske niveau, hvori kalkoverfladen befinder sig. Af petrografiske undersøgelser af Paleocænet i Randers-Djursland-området (Gry 1935) fremgår det, at en vis erosion har fundet sted, idet det er vist, at de Paleocæne bundlag stedvis indeholder omlejrede Danien-elementer.

#### Tak

Forfatterne ønsker at takke K. Ellitsgaard Rasmussen, GGU, som beredvilligt stillede det seismiske udstyr og to erfarne teknikere til vor rådighed. Takket være John Boserup og Egon Hansens fortrolighed med udstyret forløb målingerne uden problemer. For god sejlads med Tycho Brahe skylder vi skipper Jens Jacobsen og hans besætning en tak.

Vi er Birger Larsen taknemlig for hans råd og vejledning. J. Gerdel, H. Christensen og T. Riis har med dygtighed udført det nødvendige tegne- og fotoarbejde. Sidst men ikke mindst takker vi Niels Breiner, uden hvis utrættelige indsats undersøgelsen aldrig var blevet gennemført.

(Foredrag i Dansk Geologisk Forening 13. november)

#### Litteratur

- Baartman, J. C. & Christensen, O. Bruun: Contributions to the interpretation of the Fennoscandian Border Zone. *Dann. geol. Unders.* række 2, 102, 47 pp.  
 Gry, H. 1935: Petrology of the Paleocene Sedimentary Rocks of Denmark. *Dann. geol. Unders.* række 2, 61, 171 pp.

- Lykke Andersen, H. 1974: *Kortlægning af undergrunden i omegnen syd og vest for Århus*. Århus Universitet pp. 59-101.
- Madirazza, I. 1976: Zechstein bassinet og saltstrukturer i Nordjylland med særligt henblik på Nøvling og Paarup. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, 57-68.
- Nørlund, N. E. & Brockamp, B. 1934: Seismische Feldarbeiten in Dänemark. *Institut Géodésique de Danemark Mémoires*, III. Série, Tom 2. 48 pp.
- Schrøder, N. 1974: *De geofysisk-geologiske undersøgelser af området nord for Århus*. Århus Universitet, pp. 13-55.
- Schulze-Gattermann, R. 1972: Physical Aspects of the «air-pulser» as a Seismic Energy Source. *Geophys. Prosp.* 20, 155-192.
- Sorgenfrei, T. 1969: Geological Perspectives in the North Sea Area. *Bull. geol. Soc. Denmark* 19(2), 160-196.
- Sorgenfrei, T. & Berthelsen, O. 1954: Geologi og Vandboring. *Danm. geol. Unders. række* 3, 31, 106 pp.
- Sorgenfrei, T. & Buch, A. 1964: Deep Tests in Denmark 1935-1959. *Danm. geol. Unders. række* 2, 36, 146 pp.
- Ødum, H. 1926: Studier over Daniet i Jylland og på Fyn. *Danm. geol. Unders. række* 2, 45, 306 pp.