

Thistedstrukturens geologi – et »neotektonisk« skoleeksempel

JENS MORTEN HANSEN OG ECKART HÅKANSSON



Hansen, J. M. & Håkansson, E.: Thistedstrukturens geologi – et »neotektonisk« skoleeksempel. *Dansk geol. Foren., Arsskrift for 1979*, side 1–9, København, 18. januar 1980.

The development of the deep salt-dome between Thisted and Hanstholm in northwestern Jylland is discussed in relation to the present surface distribution of pre-Quaternary and Postglacial sediments. It is concluded that the mid Maastrichtian – Upper Danian rocks exposed over the dome were deposited in an area with no bottom topography, and that several hundred meters of salt induced upheaval took place subsequent to their accumulation. From the level of the marine Postglacial deposits it appears that this movement has been averaging 2.5 mm/year in the center of the dome over the last 4000 years. The recent activity in the dome is evidenced also by the presence of a substantial number of fault-controlled valleys and cliffs, in particular around the lake Nors Sø.

J. M. Hansen, *Danmarks Geologiske Undersøgelse, Thoravej 31, DK-2400 København NV.*
E. Håkansson, *Institut for Historisk Geologi og Palæontologi, Østervoldgade 10, DK-1350 København K.*
20. oktober, 1979.

Det nordvestlige hjørne af Danmark er et af de forholdsvis få områder i landet, hvor man støder på udstrakte forekomster af præ-Kvartære bjergarter direkte i overfladen. En meget stor del af disse forekomster er knyttet til den såkaldte Thisted-struktur beliggende i området mellem Thisted og Hanstholm (fig. 1). De her blottede bjergarter er kalksten af Maastrichtien og Danien alder fordelt i en kompleks, strukturelt betinget mosaik, der ofte er fremhævet af områdets topografi.

Netop dette forhold har bevirket, at forskellige strukturgeologiske modeller har været anvendt i tolkningen af områdets geologi og topografi. En af disse modeller (Andersen 1944) forklarer bjergarternes fordeling, som resultatet af Tertiære og Kvartære bevægelser i Zechstein-saltet, hvorved der er opstået en dome-lignende struktur i undergrunden, som er skåret igennem af isen, og hvorved Danien-bjergarterne træder frem i overfladen i en halvcirkelformet storform gående fra Hanstholm over Hjørdemål og Lønnerup mod Thisted og herfra ud mod Klitmøller (Andersen 1946). Mere alment accepterede geologiske kort over Danmark (cf. Sorgenfrei & Berthelsen 1954) har imidlertid bygget på en anden opfattelse, hvor Danien-kalken i Hanstholm- og Hjørdemålknuderne opfattes som erosionsre-

ster, idet man på begge sider af disse bakker angiver skrivekridt.

De hidtil tilgængelige data har imidlertid ikke været helt fyldestgørende for en detaljeret forståelse af Hanstholmområdets geologi, men i lyset af en række nye observationer viser de entydigt, at Hanstholmområdet på en gennemgribende måde er præget af bevægelser i den underliggende Zechstein-salt.

Dette kan dokumenteres ved studier af såvel præ-Kvartæret som af Kvartæret. Tilmed viser sådanne undersøgelser, at hovedparten af saltbevægelserne i Thistedstrukturen er ganske unge, idet de fortrinsvis har fundet sted i post-Danien tid, måske endda hovedsagelig i Kvartær tid.

Præ-Kvartæret

Den vigtigste præ-Kvartære referenceflade i området er Maastrichtien/Danien grænsen. Denne grænse er blottet eller gennemboret en række steder og giver det væsentligste bidrag til forståelsen af de præ-Kvartære lagstillinger.

At Maastrichtien/Danien grænsen beskriver en domeformet flade (fig. 2) med toppunkt nær Nors Sø fremgår af nedenstående argumentation:

1) Bjergarternes aldersfordeling fremgår af det geologiske kort (fig. 1). Dette kort er bl.a.

baseret på DGUs geologiske basisdatakort og på en række feltundersøgelser (Bang 1979, Hansen 1977, 1979, Håkansson & Hansen 1977, 1979).

2) Danien bryozokalken i Hanstholmknuden hælder mod nord, idet man på sydsiden af bakken har bunden af bryozokalken blottet ca. 20 m over havet, mens man langs bakkens nordside har bryozokalken blottet i strandlinien.

3) Danien bryozokalken i Hjardemålkknuden hælder mod NØ (Andersen 1944).

4) Danien bryozokalken hælder mod S i området S for Vandet Sø (Andersen 1944).

5) Maastrichtien/Danien grænsen er nu blottet i stort set samme kote, langs den samme isohypse på Zechstein-saltets overflade (cf. fig. 3 og 4) i bl.a. Bjerre, Kjølbj Gård, Nye Kløv (Håkansson & Hansen 1977, 1979, Hansen 1979) og ved Thisted, og grænsen var tidligere endvidere blottet ved Rhær og Nystrup Gård (Andersen 1944), ligeledes i samme kote.

6) Skrivekridtet lige under Maastrichtien/Danien grænsen er det yngste Maastrichtien man kender (Hansen 1979, Håkansson & Hansen 1979), mens skrivekridtet ved Blegso på basis af dinoflagellatfloraen skønnes at være af Nedre Maastrichtien eller ældre alder.

Disse omstændigheder er tilsammen en entydig indikation på, at Maastrichtien/Danien grænsen beskriver en kuppel- eller domeformet flade, som er stort set konform med Zechstein-saltets overflade. Hertil kommer en række sedimentologiske data, som indicerer at saltstrukturen ikke gav sig nævneværdigt udslag i bundtopografien omkring Maastrichtien/Danien grænsen:

7) Sedimentationsforløbet hen over Maastrichtien/Danien grænsen viser stor ensartethed hele vejen rundt om domen (bortset fra Nyvang Gård, cf. Andersen 1944). På alle lokaliteter i Thistedstrukturen hvor grænsen i dag kan iagttages, markeres den blot af et tyndt, let merglet indslag i en monoton, pelagisk slamkalksekvens, der synes at være den mest homogene og komplette her i landet (– og måske endda globalt, Håkansson & Hansen 1979).

I markant modsætning hertil er grænselagene i den nærliggende lokalitet Eerslev på Mors tydeligt kondenserede, og grænsefladen er her en veludviklet hærdningshorisont. Eerslev ligger direkte oven på en højtragende saltdiapir, og afvigelserne kan derfor tilskrives en positiv topografi betinget af bevægelser i diapiren (Håkansson &

Hansen 1979). Den usædvanlige aflejring af bryozokalk direkte fra Danien'ets begyndelse i Eerslev antyder ligeledes en betydeligt højere liggende havbund over Morsdiapiren end over Thistedstrukturen (cf. Håkansson & Thomsen 1979). Grænselagernes monotone udvikling inden for Thistedstrukturen må derfor tages som udtryk for en jævn bundtopografi på forholdsvis dybt vand.

Endvidere viser selve grænselagernes deformation, at merglen har fungeret som glideflade i post-Nedre-Danien tid, hvilket kan forklares som resultatet af en glidning mellem Danien- og Maastrichtien-lagene i forbindelse med Zechstein-saltets bøjning af de overlejrende lag:

8) Merglen indeholder vekslende mængder af klaster. Detaljerede biostratigrafiske undersøgelser af disse klaster (Hansen 1979) viser, at klasterne på nogle lokaliteter stammer fra såvel lagene lige under merglen som fra lagene lige over merglen, hvilket må betyde, at der i post-Nedre Danien tid er sket en brecciering og sammenblanding af grænselagene.

På basis af disse data kan det med rimelig sandsynlighed konkluderes, at Thistedstrukturen m.h.t. kalklagene er en domeformet struktur dannet i post-Danien tid, og at de samlede vertikale bevægelser er i en størrelsesorden af flere hundrede meter.

Resten af Tertiæret over strukturen mangler, hvorfor man ikke her kan hente oplysninger om, hvornår strukturen er blevet aktiveret. I Thistedstrukturens omegn findes dog en del Palæogene sedimentter (bl.a. moler og glimmerler). Disse sedimentter viser imidlertid ingen tegn på, at strukturen skulle være synderligt udviklet i løbet af det ældre Tertiær, f.eks. i form af mere grovklastiske indslag.

Der er derfor al mulig grund til at undersøge de Kvartære aflejringer for at få et indtryk af hvor store bevægelser, der kan have fundet sted i denne periode.

Kvartæret

Mens de præ-Kvartære lagstillinger viser en række karakteristiske forhold, der betyder, at Hanstholmstrukturen er udviklet i post-Danien tid og sandsynligvis først har haft regionalgeologisk indflydelse langt senere, viser de Kvartære lagstillinger og materialer en række forhold, som er karakteristiske for en dome-struktur i udvikling.

Allerede Andersen (1946) anså det for givet, at vægten af de ismasser, som i Kvartærtiden bredte sig over Danmark, på afgørende måde har accentueret en præ-eksisterende ustabilitet i Zechstein-saltet. At dette er tilfældet, er i de senere år søgt dokumenteret på en række salttektonisk inducerede strukturer i Jylland (Madirazza 1968a, b, 1970, 1979; Lykke-Andersen 1979), ligesom flere undersøgelser tyder på, at der også kan påvises Kvartære – sub-Recente jordskorpebevægelser uden relation til Zechstein-saltet (Milthers 1916; Andersen 1957; Kronborg, Bender & Larsen 1978; Hansen 1980). Man har imidlertid i Hanstholmområdet særlig gode betingelser for at afsløre omfanget og karakteren af disse bevægelser, idet en meget stor del af området er dækket af Postglaciale, marine aflejringer, som, fordi de er aflejret af havet, giver relativt præcise oplysninger om deformationen af de førhen vandrette strandlinier. Imidlertid er kun få af vore salttektonisk inducerede strukturer karterbare på denne måde, hvilket i høj grad besværliggør påvisningen af, om disse strukturer stadig er i bevægelse.

De indtil nu gennemførte undersøgelser af Thistedstrukturens Postglaciale, marine aflejringer har været koncentreret om topografiske studier og om beskrivelse af råstofgrave. En fremtidig undersøgelse af Thistedstrukturens præ-Kvartære og Kvartære lag bør koncentrerer om f.eks. seismisk, geodætisk og biostratigrafisk indmåling af bestemte referenceflader.

Det glacielle landskab

Det glacielle landskab – d.v.s. de Kvartære og Prækvartære sedimentoverflader, som isen har dækket – viser en række former, der kun vanskeligt lader sig forklare ud fra rent glaciologiske og afsmeltningmæssige modeller, men langt simple kan forklares som forkastninger eller opsprækningszoner dannet i forbindelse med Zechstein-saltets flydning. Især skal fremhæves (cf. fig. 1):

1) Det halvcirkelformede arrangement af afrundede bakker hovedsagelig bestående af Danien-kalksten. Dette landskab ligner i alt væsentligt et cuesta-landskab, der kan forklares ved, at isen har skåret toppen af en dome i den relativt hårde Danien-kalksten. Herved fremkommer en halvcirkelformet bakkerække omkransende den

ældre og blødere skivekridt i det lavtliggende land (Andersen 1944, 1946).

2) Opdelingen af området med Danien-kalksten i flere bakker, de såkaldte »knuder« hvorpå Hanstholm, Hjørdemål og Lønnerup ligger, kan forklares som resultat af en række opsprækningszoner eller forkastninger, der radierer ud fra Hanstholmstrukturens centrum (Andersen 1944, 1946).

3) De høje og meget markante, gamle kystskrænter, som løber parallelt med Thistedstrukturens strygningsretninger, kan være betinget af gamle opsprækningszoner, der er opstået i forbindelse med Zechstein-saltets oppresning og deraf følgende strækning af kalkstenslagene.

4) En række steder kan man i det rent glacielle landskab iagttage stort set lineære dale eller skrænter, som uden hensyn til den glacielle eller Postglaciale topografi skærer gennem disse unge landskaber. Særligt påfaldende virker den N-S gående dal, som fra området SØ for Bleg Sø fortsætter i den østvendte klint på nordkysten af Nors Sø, og endvidere synes at fortsætte et lille stykke S for Nors Sø. Vinkelret på denne dal løber en snorlige sydvendt kridtklint langs nordkysten af Nors Sø. Ganske få meter N for denne klint og parallelt med klinten findes en nordvendt skrænt, hvorved søen af en dæmningslignende kridtblok afspærres fra et mindre sumpområde umiddelbart N for søen.

Det komplicerede mønster af skrænter og dale, som således omgiver Nors Sø, minder i alt væsentligt om det mønster af sprækker og forkastninger, som opstår, når man i modellforsøg efterligner en salt dome i udvikling. Således vil man over strukturens centrum, nogenlunde svarende til Nors Sø, få et nærmest kaotisk system af sprækker og forkastninger, mens man på strukturens flanker ofte vil få radierede sprækker og forkastninger, for eksempel svarende til gabet mellem Hanstholmknuden og Hjørdemålknuden (cf. Gussow 1968).

5) Omtrent parallelt med Vesterhavets nuværende kystlinie, men ca. 3 km inde i landet, findes et system af skrænter og dale, som snart er gamle kystkliner (ved Bleg Sø), og som snart skærer gennem det glacielle landskab (NØ for Bleg Sø). I den forbindelse bør det nævnes, at den nuværende kystlinies forløb fra Hanstholm til Klitmøller meget vel kan være bestemt af en forkastning, idet kalklagene under Hanstholm havn

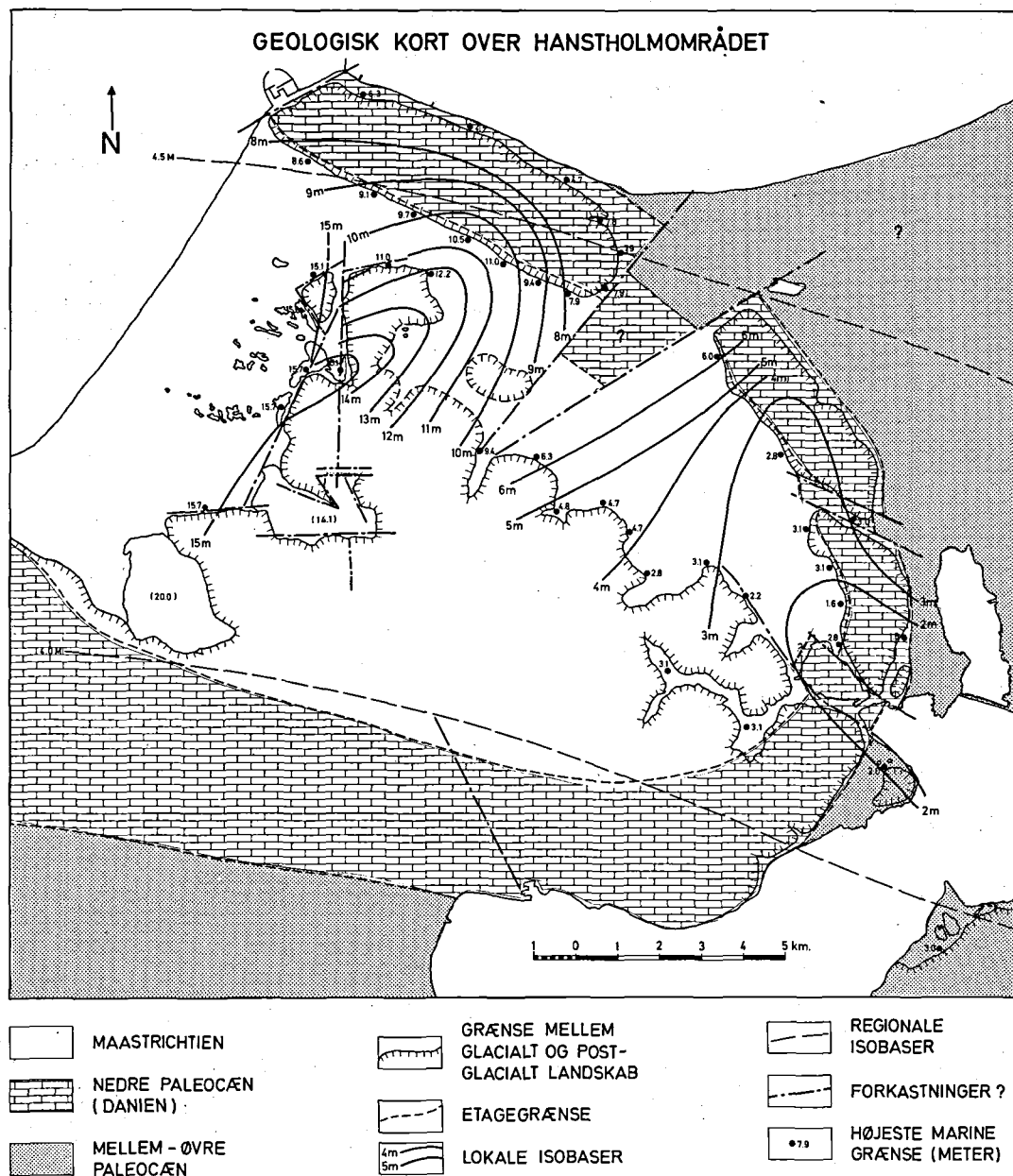


Fig. 1. Geologisk kort over Hanstholm området visende fordelingen af Maastrichtien - Paleocæn bjergarterne. Regionale isobaser efter Mertz (1924). Lokale isobaser udtegnet på grundlag af den højeste marine grænses beliggenhed.

Geological map of the Hanstholm area showing the distribution of Maastrichtian - Paleocene rocks. Regional isobases (from Mertz, 1924) showing Holocene isostatic upheaval. Local isobases drawn on the basis of the maximum Holocene transgression in the area.

er af yngre Danien alder (Dinesen & Sorgenfrei 1960), men at de ikke des mindre ligger i niveau med kalklag af Maastrichtien og ældre Danien alder i selve Hanstholmknuden. At den forkastning, som således må befinde sig mellem havne-

arealet og byen, er af post-Danien alder, illustreres af, at kalklagene i havneområdet er overordentligt finkornede, nærmest skrivekridtagtige, og derfor ikke bærer præg af synsedimentær forkastningsaktivitet i deres umiddelbare nærhed.

En lang række lignende landskabselementer kunne fremdrages til illustration af, at Hanstholmområdet indeholder en rigdom på strukturer, som ikke alene lader sig forklare med isens, smeltevandets, vindens eller havets aktivitet, men som må være opstået i forbindelse med ganske unge jordskorpebevægelser.

Det postglaciale landskab

I almindelighed anses såvel den Sen- som Postglaciale landhævning i Danmark generelt at aftage fra NØ mod SV. På basis af beliggenheden af den højeste marine grænse for de Postglaciale, marine aflejringer, har Mertz (1924) for Vendsyssel, det østlige Jylland, de sydlige Limfjords egne og Øerne konstrueret isobaser, som forbinder punkter, hvor den højeste marine grænse ligger i samme højde. Selv om den højeste marine grænse ikke er samtidig overalt i landet, giver isobaserne et godt og veldokumenteret billede af landhævningsens regionale forløb i de egne, hvor landhævningen udelukkende er et resultat af isafkastningen og hvor andre faktorer af mere lokal karakter ikke har spillet nogen rolle.

Det af Mertz fremstillede isobasekort giver således hovedtrækkene af landhævningsens regionale forløb og udgør et glimrende grundlag for beregningen af mere lokale anomalier.

I Hanstholmområdet skulle man således forvente en relativ hævnings på 4.0–4.5 m, såfremt kun den almindelige landhævning havde påvirket landskabet. Disse værdier stemmer da også godt med de faktiske forhold i god afstand fra Thistedstrukturen, f.eks. i Hanherred (Petersen 1976). Imidlertid kan man konstatere, at den marine grænse ved Hanstholm ligger væsentligt højere (11 m), og at den andre steder kan ligge for lavt (cf. Fig. 1). De anomalier, som afviger fra det regionale mønster, viser, at undergrunden i Hanstholmområdet har forandret form i Postglacial tid.

Et profil fra Klitmøller til Hanstholm (fig. 2), viser, at den flade, hvorpå klitterne i Hanstredreservatet ligger, beskriver en kuppelformet flade, hvis nordrand ligger i 8–11 m højde, mens den centrale del af kuplen ligger i mere end 15 m højde. Selv om klitterne i området i nogen grad tilslører denne kendsgerning, kan man imidlertid overbevise sig om rigtigheden heraf ved et studium af højdeforholdene mellem klitterne. Der er således tale om en ganske jævn flade, som stort set er konform med den dome-formede struktur i kalklagene (fig. 1).

Det er naturligvis af afgørende betydning at vide, om sedimenterne i denne kuppelformede flade er marine eller eoliske. I kuplens rand,

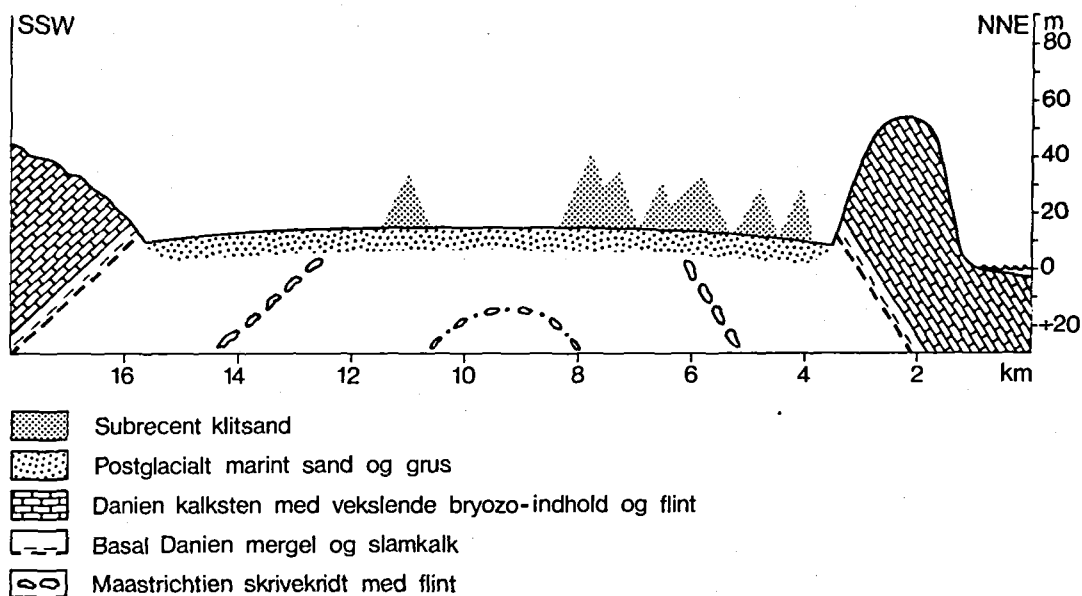


Fig. 2. Principskitse (fortolkning) af geologien i et profil fra Klitmøller til Hanstholm.

Sketch showing an interpretation of the geology along a line from Klitmøller to Hanstholm.

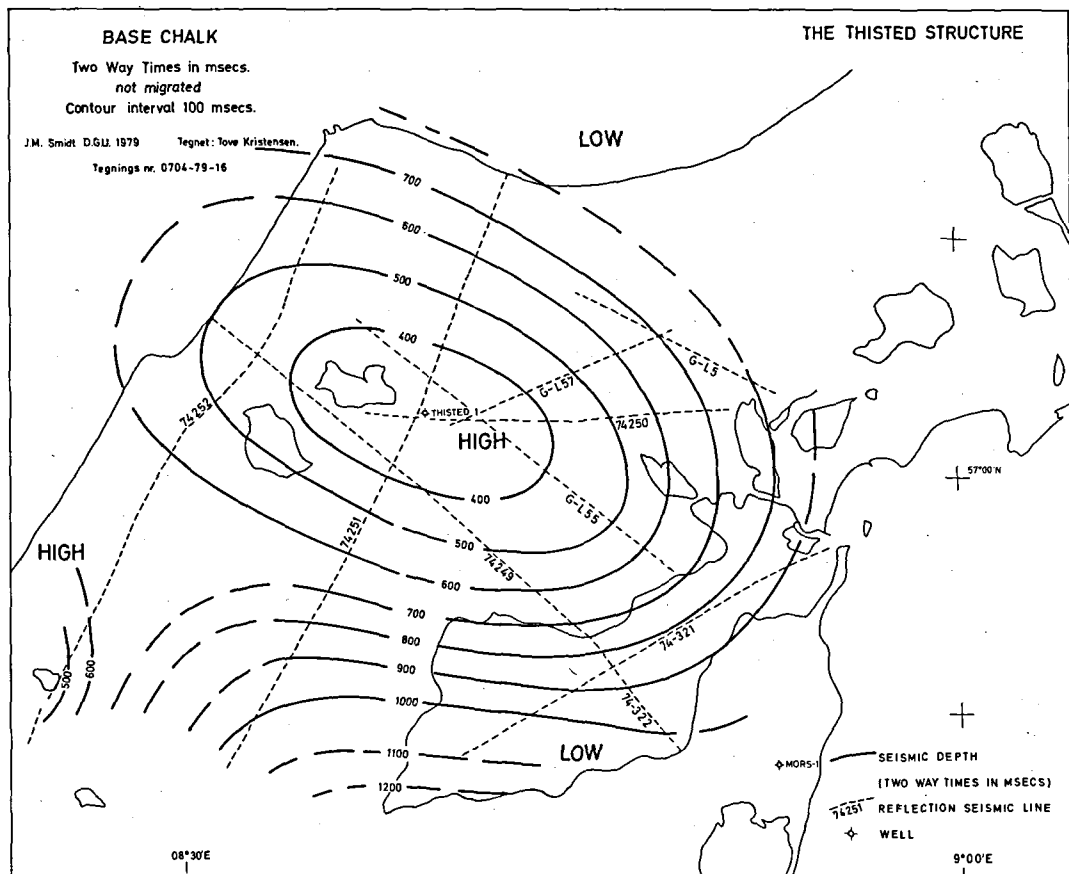


Fig. 3. Thistedstrukturen; »umigrerede« to-vejs tidskort baseret på følgende seismiske linier: G-L5 Ext., G-L55 og G-L57 skudt i 1967, samt 74 249, 74 250, 74 251, 74 252, 74 321 og 74 322 skudt i 1974 (alle optaget af Dansk Undergrunds Consortium). Seismiske tider til basis af Øvre Kridt kalksten i millisekunder.

(low = lavliggende, high = højliggende). (Figuren stillet til rådighed af J. M. Smidt).

Seismic times in milliseconds of Base Upper Cretaceous chalk. (Figures courtesy J. M. Smidt).

f.eks. S for Ræhr, kan man i flere råstofgrave se, at der er tale om grovkornede stranddannelser, som ligger direkte ovenpå skrivekridtet fra kote ca. 0 til kote 10 m. I den centrale del af Hastedreservatet er det mindre indlysende, om kuplen består af marine eller eoliske dannelser, idet sedimentet her næsten kun er sand. Desværre findes ingen grave eller borer i området, som har kunnet afklare dette spørgsmål.

Det er vanskeligt at forklare den meget regelmæssige, kuppelformede flade, hvorpå klitterne ligger, som en flyvesandsflade, idet højdeforholdene da måtte forventes at være mere varierede. Det har været fremført, at den kuppelformede flades centrale del er en afblæsningsflade, hvis form bestemtes af grundvandsspejlets beliggen-

hed. Det er velkendt, at grundvandsspejlet normalt beskriver en flade, som gengiver terrænformen i modificeret udgave. Det er derfor vanskeligt at forestille sig, at grundvandsspejlet i den kuppelformede flade var beliggende i et allerede eksisterende flyvesandsområde, inden de nuværende klitter dannedes. Det er derfor mere nærliggende, at den centrale del af kuplen – i lighed med randområderne – består af marine dannelser.

Forkastnings- eller opsprækningsbetingede tidligere kystklinter hvor undergrundslag er eroderet af Stenalderhavet kan iagttages på en række lokaliteter (se f.eks. Petersen, 1980 fig. 3). Mest markante er klinterne i den nordlige og østlige del af Thistedstrukturen, således f.eks. rundt om

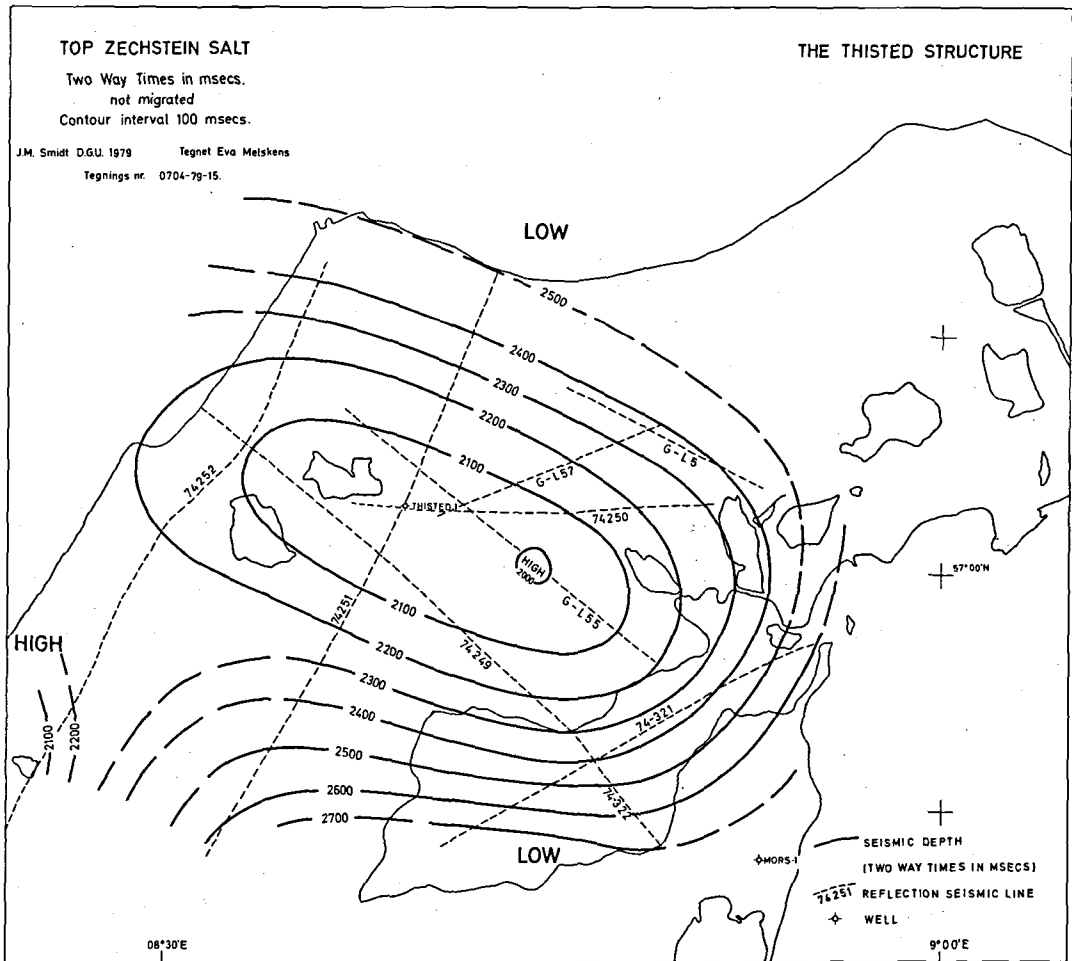


Fig. 4. Seismiske tider til top af Zechstein salt i millisekunder. (Figuren stillet til rådighed af J. M. Smidt).

Seismic times in milliseconds of Top Zechstein salt.

de såkaldte »knuder« – Hanstholmknuden, Hjørdemålkknuden og Lønnerupknuden. Men også klinerne i den centrale og i den sydlige del af Hanstholmstrukturen kan opnå anseelige højder; her kan især fremhæves den imponerende kridtklint ved Blegso midt i Hanstedreservatet.

Et påfaldende træk ved disse kliner er, at klintefoden, som svarer til den højeste marine grænse, ligger i ret forskellig højde (cf. fig. 1), idet den højeste marine grænse på sydsiden af Hanstholmknuden ligger i mere end 11 ms højde, mens den på sydsiden af Lønnerupknuden, ved Lønnerup Fjord, ligger mindre end 4 m over havet.

Indenfor så korte afstande, som der her er tale om, må man forvente, at den højeste marine grænse er stort set lige gammel overalt, hvilket

tydeligt viser, at strandlinierne er deformerede i Postglacial tid.

Sammenligner man den marine grænses højdeforhold med saltdomens beliggenhed (cf. fig. 3 og 4), er der meget, der tyder på, at der i glacial og Postglacial tid er begyndt at blive dannet en randsænke eller randsynklinal omkring Lønnerup Fjord og SØ herfor, svarende til, at saltdomen er begyndt at udvikle sig til en diapir. En sådan udvikling vil kunne forklare de ret varierede højdeforhold, som præger de marine flader i strukturens østlige del.

På basis af kulstof-14 dateringen og fauna-analyser anslår K. Strand Petersen (personlig meddelelse), at den maksimale transgression i Hanherred indtraf omkring 4000 år før nu. Sammenholdes dette med isobaseanomalierne er der

udover de regionale niveau forandringer årligt er sket en gennemsnitlig hævnning på 2.5 mm omkring Nors Sø og en sænkning på 0.5 mm omkring Lønnerup Fjord siden den maximale Postglaciale transgression.

Vertikale bevægelser i denne størrelsesorden kan altså alene tilskrives flydning af Zechstein-saltet. I en så forholdsvis flad struktur som Thistedstrukturen (fig. 3 og 4) må man derfor forvente at saltflydningens hastighed, som jo har både en horizontal og en vertikal komponent, er væsentligt større end den vertikale bevægelse på 2.5 mm/år i strukturens centrale del.

Sammenlignes dette tal med anslåede hævningsværdier over andre saltstrukturer (f.eks. 0,2–0,3 mm/år i Mønsted, iflg. Madirazza 1968a) er det klart, at saltet i Thistedstrukturen tilsyneladende bevæger sig meget hurtigt. Her må man imidlertid tage i betragtning at saltet i denne struktur er meget dybtliggende (J. M. Smidt personlig meddelelse, cf. fig. 3 og 4) og derfor ikke udsat for opløsninger af grundvandet, hvorfor en relativt større del af saltfyldningens vertikale komponent kan forplante sig helt op til overfladen.

Det kan ikke umiddelbart hævdes, at saltfyldningens hastighed i saltdiapirer i almindelighed skulle være lavere end i Thistedstrukturen. Forskellen i de anslåede værdier kan meget vel forklares ved den kendsgerning, at opløsning af saltet i grundvandet spiller en afgørende rolle for, hvor meget saltdiapirerne hæver terrænoverfladen. Saltdiapirernes hævnning af terrænoverfladen er derfor kun et absolut minimumsmål for hvor hurtigt saltet flyder inden i selve strukturen. Følgelig er der intet i vejen for, at saltet i de lodrette diapirer kan have vertikale hastighedskomponenter af samme størrelsesorden som eller større end i Thistedstrukturen.

Selvom der endnu ikke kan gives helt præcise tal for omfanget af Thistedstrukturens hævnning i post-Danian tid er det alligevel slående, at vertikale bevægelser af den fundne størrelsesorden rigeligt tillader en dannelseshistorie, som alene er begrænset til Kvartæret. Den tidligere refererede hypotese, om de kvartære ismassers betydning for saltstrukturernes udvikling (Andersen 1946), kan derfor på ingen måde udelukkes.

Efterskrift

Vi er Jesper Mørk Smidt, DGU meget taknemmelige for tilladelse til at benytte hans tolkninger af de reflektionsseismiske sektioner fra Thistedstrukturen (cf. Fig. 3 og 4). Samtidig vil vi benytte lejligheden til at takke de øvrige deltagere i DGF's ekskursion til Hanherred og Thy (21/4 1979) for en entusiastisk og inspirerende diskussion i forbindelse med fremlæggelsen af ovenstående resultater.

Litteratur

- Andersen, S. A. 1944: *Danmarks Geologi*, vol. I. København 1944.
- Andersen, S. A. 1946: *Landet mod nordvest – Thy og Vester Han Herred*. København 1946.
- Andersen, S. A. 1957: De jyske kildedale og deres problemer. *Meddr. dansk geol. Foren.* 13 (5): 438–440.
- Bang, I. 1979: Foraminifera in the lowermost Danian of Denmark. In: Birkelund, T. & Bromley, R. G. (eds): *Cretaceous-Tertiary boundary events. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*. University of Copenhagen 1979, pp. 108–114.
- Dinesen, A. & Sorgenfrei, Th. 1960: Geo-hydrologisk undersøgelse af kalkundergrunden ved Hanstholm havn. *Danm. geol. Unders. Rapport*: 60 pp., 6 tavler.
- Gussow, W. C. 1968: Salt diapirism. Importance of temperature, and energy source of emplacement. *M. Ass. Petrol. Geologists. Mem.*, 8: 16–52.
- Hansen, J. M. 1977: Dinoflagellate stratigraphy and echinoid distribution in Upper Maastrichtian and Danian deposits from Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 26: 1–26.
- Hansen, J. M. 1979: A new dinoflagellate zone at the Maastrichtian/Danian boundary in Denmark. *Danm. geol. Unders. Arbog 1978*, pp. 131–140.
- Hansen, J. M. 1980: Læsøs Postglaciale udvikling i relation til den Fennoscandiske Randzone. *Dansk. geol. Foren., Årsskrift for 1979*, pp. 23–30.
- [Håkansson, E. & Hansen, J. M. 1977]: Locality B-5: Kjølby Gård. In: *XVth European Micropaleontological Colloquium, Denmark*. Copenhagen 1977, pp. 58–61.
- Håkansson, E. & Hansen, J. M. 1979: Guide to Maastrichtian and Danian boundary strata in Jylland. In: Birkelund, T. & Bromley, R. G. (eds.): *Cretaceous-Tertiary boundary events. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*. University of Copenhagen 1979, pp. 171–188.
- Håkansson, E. & Thomsen, E. 1979: Distribution and types of bryozoan communities at the boundary in Denmark. In: Birkelund, T. & Bromley, R. G. (Eds): *Cretaceous-Tertiary boundary events. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*. University of Copenhagen 1979, pp. 78–91.
- Kronborg, C., Bender, H. & Larsen, G. 1978: Tektonik som en mulig medvirkende årsag til daldannelsen i Midtjylland. *Danm. geol. Unders. Arbog 1977*, pp. 63–76.
- Lykke-Andersen, H. 1979: Nogle undergrundstektoniske elementer i det danske Kvartær. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1978* pp. 1–6.

- Madirazza, I. 1968a: Mønsted and Sevel salt domes, north Jutland, and their influence on Quaternary morphology. *Geologische Rundschau*, 57 (3): 1034–1066.
- Madirazza, I. 1968b: An interpretation of the Quaternary morphology in the Paarup salt dome area. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 18: 241–243.
- Madirazza, I. 1970: Landskab og saltstrukturer. *Varv* 1: 3–11.
- Madirazza, I. 1979: Saltdiapirernes betydning for den Kvartære kronologi: Batum – et eksempel. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1978*: pp. 7–13.
- Mertz, E. L. 1924: Oversigt over de sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark. *Danm. geol. Unders.* II Rk. 41: 49 pp.
- Milthers, V. 1916: Spaltdale i Jylland. *Danm. geol. Unders.*, IV Rk. 1 (3): 16 pp.
- Petersen, K. S. 1976: Om Limfjordens postglaciale marine udvikling og niveauforhold, belyst ved mollusk-faunaen og C-14 dateringer. *Danm. geol. Unders., Årbog 1975*: pp. 75–103.
- Petersen, K. Strand, 1980: Ekskursion til Hanherred og Thy omhandlende den Holocæne marine udvikling og neotektoniske implikationer. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1979*, side 19–22.
- Sorgenfrei, Th. & Berthelsen, O.: 1954: Geologi og Vandboring. *Danm. geol. Unders.* III Rk., 31, 107 pp.
- Sorgenfrei, Th. & Buch, A. 1964: Deep tests in Denmark 1935–1959. *Danm. geol. Unders.* III Rk., 36, 146 pp.