

# Træk af Mors salthorstens udvikling

GUNNAR LARSEN OG JENS BAUMANN



Larsen, G. & Baumann, J.: Træk af Mors salthorstens udvikling. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1981*, side 151–155. København, 15. juli 1982.

Development of the Mors salt dome has been interpreted from a seismic profile across the structure. It is assumed that each bed was essentially horizontal at its time of deposition and that the observed deviations from the horizontal reflect later deformation. Six stages of development of the salt dome are depicted.

Ud fra et seismisk profil hen over Mors salthorsten er der foretaget en bedømmelse af salthorstens udvikling. Den grundlæggende betragtning er, at ethvert lag på dannelsesstidspunktet har ligget tilnærmelsesvis horisontalt, samt at afvigelser fra horisontal position skyldes senere deformationer. Salthorstens udvikling er skildret i seks stadier.

G. Larsen, *Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 8000 Aarhus C*,  
J. Baumann, *Geoteknisk Institut, Maglebjergvej 1, 2800 Lyngby*. 29. december 1981.

## Almene betragtninger

Som et led i Elkraft og Elsam's undersøgelser vedrørende Mors salthorstens egnethed som deponeringssted for radioaktivt affald har forfatterne efter anmodning foretaget en bedømmelse af Mors salthorstens udviklingshistorie. Det er resultaterne heraf, der fremlægges i det følgende. Undersøgelsen er udført på grundlag af det seismiske profil 7907.

Ialt tre seismiske profilopmålinger blev udført over Mors strukturen. Profilernes lokalisering fremgår af kortet fig. 1. Her er også vist lokaliseringen af de to dybe borerings Erslev 1 og Erslev 2. Omstændighederne ved den seismiske undersøgelse, der blev udført af Prakla-Seismos, er skildret i Elkraft-ElSAM (1981). Det til den geologiske bearbejdelse udvalgte seismiske profil (7907) er vist i fig. 2.

Saltforekomsterne, der indgår i Mors strukturen, tilhører øjensynlig Øvre Perm, Zechstein.

Det foreliggende undersøgelsesemne har været drøftet med medarbejdere ved Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), bl.a. geofysiker J. C. Baartman. Det er herunder skønnet, at Mors strukturen er opstået ved, at der er taget salt ind fra et område af omtrent cirkulær form med en diameter på ca. 20 km. Dette svarer til et indtagsareal på ca. 320 km<sup>2</sup>. Det er endvidere skønsmæssigt anslået, at tykkelsen af Zechstein lagserien forud for saltstrukturens dannelse har været ca. 1.200 m. Dette svarer til, at Mors strukturens indtagsområde har haft et volumen af Zechstein

aflejringer på ca. 380 km<sup>3</sup>. Ifølge de seismiske profiler er der ca. 300 m Øvre Perm tilbage i indtagsområdet, hvilket svarer til et volumen på ca. 100 km<sup>3</sup>. Ifølge disse betragtninger har der til

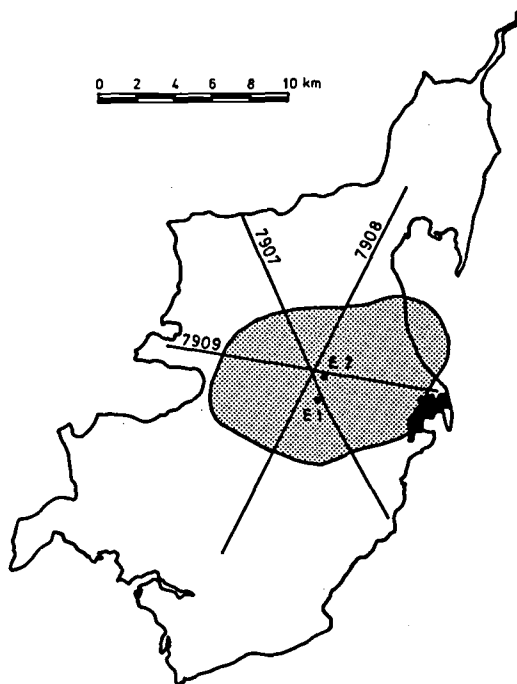


Fig. 1. Lokaliseringskort visende beliggenheden af de tre seismiske linier 7907, 7908, 7909 samt af de to dybe borerings Erslev 1 og Erslev 2.

Location map showing the three seismic sections (7907, 7908, 7909) and the two deep wells Erslev 1 and Erslev 2.

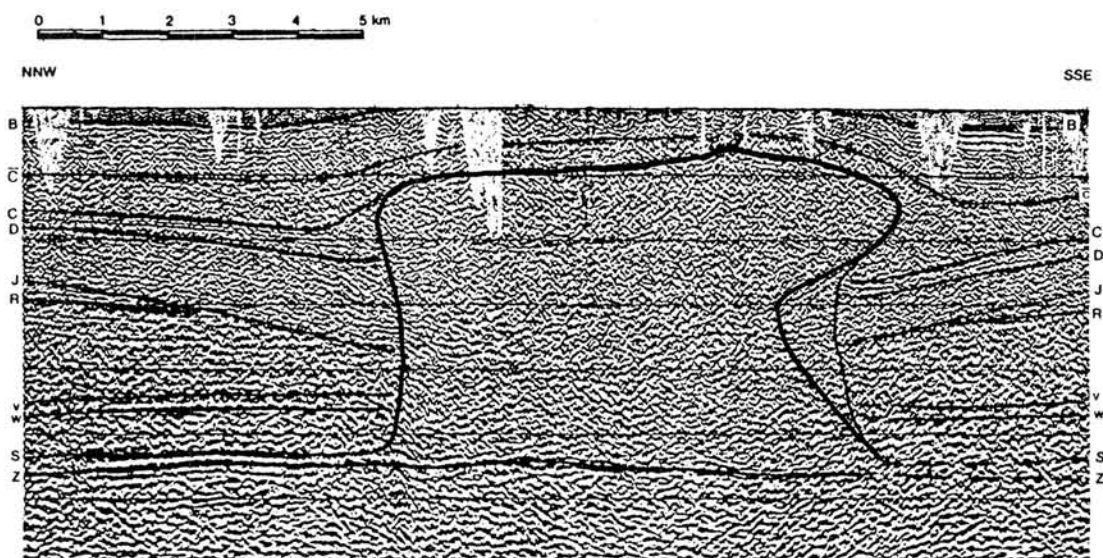


Fig. 2. Det seismiske profil 7907. Den stratigrafiske tolkning af refleksionerne er flg.

B: Basis af Tertiær.  
 C: Grænse indenfor Øvre Kridt.  
 C: Basis af Øvre Kridt.  
 D: Basis af Nedre Kridt.  
 J: Grænse i Nedre Jura.  
 R: Nær basis af Rhæt.  
 V og W: Grænser indenfor Trias.  
 S: Top af Zechstein.  
 Z: Basis af Zechstein.

The seismic section 7907. The reflections have been interpreted as follows:

B: Base of Tertiary.  
 C: Boundary within Upper Cretaceous.  
 C: Base of Upper Cretaceous.  
 D: Base of Lower Cretaceous.  
 J: Boundary within Lower Jurassic.  
 R: Near base of Rhaetic.  
 V and W: Boundaries within Triassic.  
 S: Top of Zechstein.  
 Z: Base of Zechstein.

rådighed for Mors strukturen været et volumen af Zechstein aflejringer på ca. 280 km<sup>3</sup>, nemlig 380–100.

Ifølge F. Lyngsø Jacobsen, DGU, kan man ud fra cap-rock tykkelsen i boring Erslev 1 antage, at der er opløst ca. 300 m salt under horstens opstigning; det giver et volumen af opløst salt på ca. 12 km<sup>3</sup>.

Mors salthorsten, som den tager sig ud i dag, har ifølge Elkraft-Elsam (1981) et volumen på ca. 264 km<sup>3</sup>. Lægges hertil de ca. 12 km<sup>3</sup>, som formodes at være opløst under horstdannelsen, fås et oprindeligt saltvolumen på ca. 276 km<sup>3</sup>, et tal der ligger forbløffende tæt ved ovennævnte ca. 280 km<sup>3</sup>.

Nogle sider af Mors salthorstens geologi er tidligere skildret af Baartman (1980) og Madirazza (1980).

#### Stadier i salthorstens udvikling

Forud for den geologiske tolkning af det seismiske profil 7907 var dette bearbejdet af geofysiker

J. C. Baartman så vidt, at et antal karakteristiske refleksioner var henført til geologiske laggrænser af rimelig veldefineret stratigrafisk placering, se fig. 2. Ved den foreliggende geologiske tolkning af profilet har grundbetragtningen været, at de i profilet identificerede stratigrafiske horisonter på dannelsesstidspunktet har haft en tilnærmelsesvis horisontal beliggenhed, samt at afvigelser fra den horisontale position skyldes senere deformationer. Under anvendelse af dette princip er der udarbejdet en oversigt over saltstrukturens udvikling. Der er skildret seks stadier, illustreret i fig. 3–8. Disse stadier skal kommenteres i det følgende.

*Stadium 1. Mellem Keuper, alder ca. 200 millioner år (fig. 3).*

Af det seismiske profil at dømme er Trias lagserien til og med Mellem Keuper udviklet med ensartet tykkelse i undersøgelsesområdet – bortset fra senere erosion i de mest horstnære dele. Dette udlægges således, at Zechstein saltaflejringer har ligget i ro indtil slutningen af Mellem Keuper.

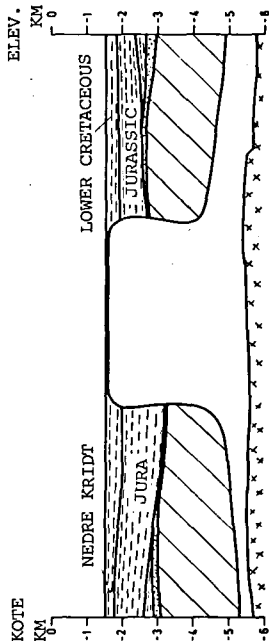


Fig. 6. Slutn. af Nedre Kridt. 100 mill. år.  
End of Lower Cretaceous. 100 mill. ys.

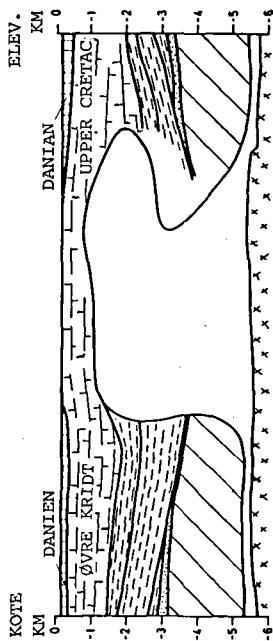


Fig. 7. Slutn. af Danien. 60 mill. år.  
End of Danian. 60 mill. ys.

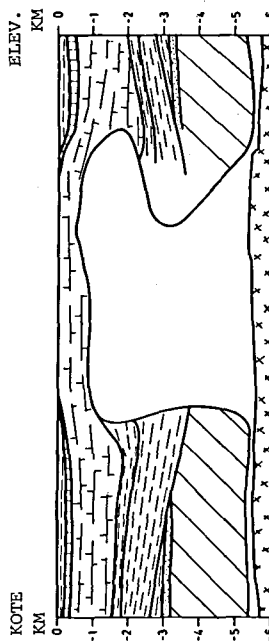


Fig. 8. Nuværende situation.  
Present situation.

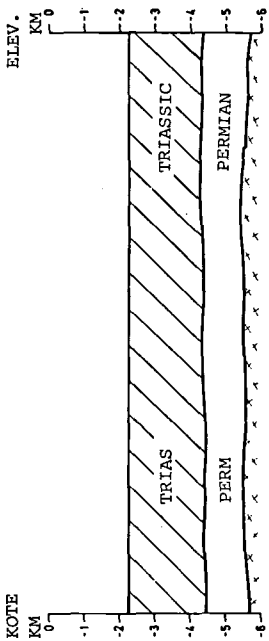


Fig. 3. Mellem Keuper. 200 mill. år.  
Middle Keuper. 200 mill. ys.

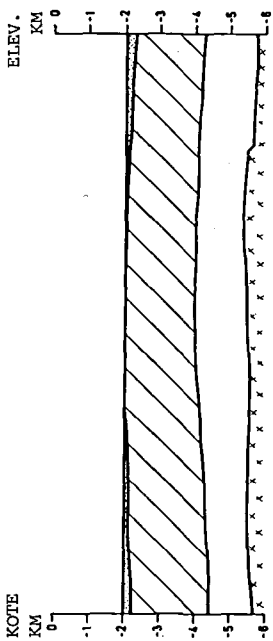


Fig. 4. Slutn. af Trias (Gassum). 195 mill. år.  
End of Triassic (Gassum). 195 mill. ys.

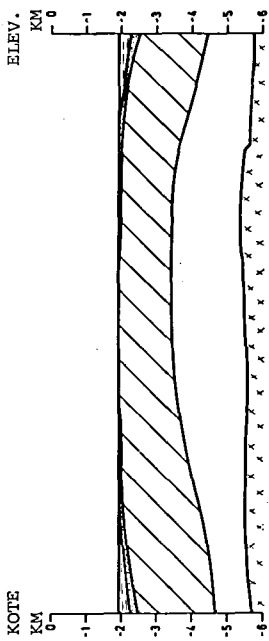


Fig. 5. Nedre Lias (Fjerritslev I). 190 mill. år.  
Lower Lias (Fjerritslev I). 190 mill. ys.

Fig. 3—8. Stadier i Mors saltstrukturens udvikling.

Stages in the development of the Mors salt dome.

*Stadium 2. Slutningen af Trias, Rhæt, alder ca. 195 millioner år (fig. 4).*

Fra det yngste afsnit af Keuper, Rhæt, kendes en sandet aflejring, Gassum formationen. Ifølge det

seismiske profil er der en udtynding i Gassum formationen ind mod den nuværende salthorst. Dette tages som udtryk for, at der under Gassum formationens dannelse er sket en saltpudedan-

nelse ved lateral flydning af Zechstein saltet ind mod den nuværende horst. Det skønnes, at saltoverfladen har rejst sig ca. 300 m i løbet af de ca. 5 millioner år, som er hengået fra stadium 1 til stadium 2. Dette svarer til, at den gennemsnitlige opstigningshastighed har været ca. 0.06 mm/år.

*Stadium 3. Ældste del af Jura*, alder ca. 190 millioner år (fig. 5).

Den ældste del af Jura lagserien består af en marin skiferaflejring, Fjerritslev formationen. Denne formation inddeles i flere enheder, hvoraf Member I er den ældste. Ifølge tolkningen af det seismiske profil viser Fjerritslev formationens Member I en markant udkiling ind mod den nuværende horst. Endvidere fremgår det, at overfladen af det udkilende lag i horstens umiddelbare nærhed fortsætter som en erosionsflade ned i de ældre lag. Idet det, som ovenfor nævnt, antages, at denne flade oprindeligt har været tilnærmelsesvis horisontal, udledes, at den saltpude, der var under skabelse i slutningen af Trias, er udviklet yderligere i den ældste del af Jura. Det ser ud til, at saltstrukturens overflade i intervallet fra stadium 2 til stadium 3 har rejst sig ca. 600 m, hvilket giver en gennemsnitlig stigningshastighed på ca. 0,12 mm/år i dette interval.

*Stadium 4. Slutningen af Nedre Kridt*, alder ca. 100 millioner år (fig. 6).

Det fremgår af det seismiske profil, at lagene fra den del af Jura, der følger efter Fjerritslev formationens Member I, samt lagene fra Nedre Kridt har en fortykkelse ind mod den nuværende horst. Dette tolkes således, at randfeltet af den tidligere dannede saltpude i løbet af det foreliggende tidsinterval har været præget af indsykning, hvilket utvivlsomt har været modsvaret af en kraftig opstigning i den centrale del af den tidligere dannede saltpude. Det må være den egentlige horstdannelse, som har fundet sted. Det fremgår, at det især har været saltet på NNV-siden af horsten, der er blevet mobiliseret, medens der øjensynlig stadig var en væsentlig saltreserve tilbage i det SSE-lige område.

Ifølge borerne Erslev 1 og Erslev 2 findes der et meget tyndt lag af Nedre Kridt umiddelbart over salthorstens cap-rock; Nedre Kridt laget er af marin oprindelse. Denne forekomst tydes således, at horstens overflade ikke har været helt oppe ved havbunden på det tidspunkt i

Nedre Kridt, da disse lag blev dannet, men sikkert ganske tæt på. Det findes derfor sandsynligt, at der på det tidspunkt er foregået opløsningsprocesser i salthorstens overflade. Formentlig er en betydelig del af den i dag eksisterende cap-rock opstået ved den lejlighed; i hvert fald er det vanskeligt at se, på hvilket senere tidspunkt, der skulle have været bedre kår for saltopløsning.

Ud fra fig. 5 og 6 at dømme er der fra stadium 3 til stadium 4 sket en hævnning af saltoverfladen på ca. 1.800 m, hertil skal formentlig lægges et par hundrede meter salt, som er opløst langs horstoverfladen. Ifølge dette har den gennemsnitlige opstigningshastighed været ca. 0.02 mm/år (evt. ca. 0.022 mm/år).

*Stadium 5. Slutningen af Danien*; alder ca. 60 millioner år (fig. 7).

I løbet af Øvre Kridt og Danien blev der i området aflejret kalksten og kridt omkring og over salthorsten. Det fremgår, at disse aflejringer er væsentlig tykkere udenfor end indenfor horstens område, hvilket må afspejle en videreudvikling af horststrukturen.

Det ser ud til, at næsten hele saltreserven i den tidligere saltpude nu er ført ind i salthorsten. Endvidere ser det ud til, at der indenfor salthorsten selv er sket en omlejring, således at der på SSE-siden i horstens øvre del er foregået en lateral udbygning af form som et overhæng til den side.

Ifølge tolkningen af det seismiske profil, fig. 2, findes Danien ikke indenfor horstens område. Denne opfattelse må dog skyldes vanskeligheder ved at tyde de allerøverste lag i det seismiske profil, idet der i boringen Erslev 1 er konstateret tilstedeværelse af Danien; derimod er Danien ikke truffet i Erslev 2.

Der skal iøvrigt henvises til korrelationsprofilen mellem Erslev 1 og Erslev 2, fig. 9. De ved profiLOPTEGNINGEN benyttede oplysninger er hentet fra Elkraft-Elsam (1981), der atter har DGU's undersøgelser som kilde. Af fig. 9 ses, at der er iøjnefaldende forskelle m.h.t. lagudviklingen i Øvre Kridt og Danien på de to lokaliteter. Disse forskelle tyder på, at der indenfor horstområdet i løbet af Øvre Kridt og Danien er sket sådanne lokale bevægelser i saltmassen, at der fra tid til anden er opstået væsentlige forskelle i saltoverfladens beliggenhed selv indenfor korte afstande; afstanden mellem de to borer er 1.071,35 m.

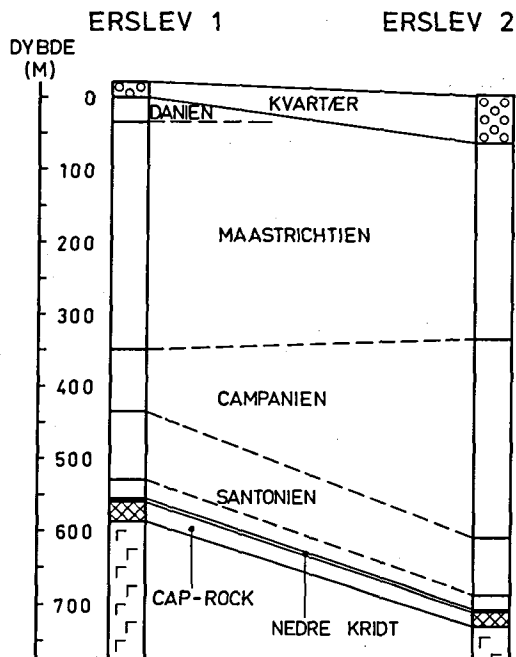


Fig. 9. Lagserien over saltet i borerne Erslev 1 og Erslev 2. Boringernes lokalisering fremgår af fig. 1.

The sequence above the salt in the deep wells Erslev 1 and Erslev 2. The locations are shown in fig. 1.

Der skal i den forbindelse også henvises til Nygaard og Frykman (1981), som skildrer symptomer på sygenetiske omlejringsstrukturer i Maastrichtien kalkforekomsterne på Mors.

Ved at sammenholde fig. 6 og 7 bemærkes, at der i tidsintervallet mellem stadium 4 og 5 er sket en hævnning af saltoverfladen på ca. 700 m, dette svarer til en gennemsnitlig hævnning på ca. 0.018 mm/år.

**Stadium 6. Nutiden (fig. 8).**

I store træk synes nutidens horstbillede at svare til det, der gjorde sig gældende ved slutningen af Danien. Det, der er kommet til af aflejringer i

løbet af Tertiær og Kvartær, er ifølge det seismiske profil (fig. 2) udelukkende knyttet til området udenfor horsten. I forhold til den virkelige situation er dette et meget forgrovet billede.

Det skal i den forbindelse nævnes, at der i nutidens landoverflade omtrent midt henover horsten findes et dalstrøg; ifølge vandforsyningsboringer er Kvartæret tykt under dalbunden og ganske tyndt udenfor dalstrøget. Såfremt dette træk er begrundet i saltbevægelser, kan tyndningen naturligt være, at der er foregået omlejringer i saltet, således at der er sket en indsænkning af horstoverfalden i det centrale strøg og evt. en samtidig udbygning af horstens flanker. Herom kan dog kun gisnes, idet det foreliggende observationsmateriale er utilstrækkeligt til en nærmere udredning. Spørgsmålet kan dog anses for væsentligt, i hvert fald hvis man interesserer sig for, hvorledes salthorstens bevægelser kan tænkes at blive i fremtiden; netop ved skøn over fremtiden kan det være vigtigst at kende tilbøjelighederne i den seneste del af fortiden.

Af fig. 7 og 8 ses, at saltoverfladen er hævet ca. 300 m under tidsafsnittet mellem stadium 5 og 6. Dette giver en gennemsnitlig hævningshastighed på ca. 0.005 mm/år, en værdi der er betragtelig mindre end de, der er fundet for de tidligere stadier i saltstrukturens udvikling.

**Litteratur**

Baartman, J. C. 1980: Geology of salt domes in North Jutland. Geological structures of salt domes. *Proceedings. Radioactive Waste Disposal. Symposium. Geology and site investigation. Elsam/Elkraft*, 49-67.

Elkraft-Elsam 1981: *Deponering af højaktivt affald fra danske kernekraftværker. Salthorstundersøgelser. Bd. II Geologi*, 403 pp.

Madirazza, I. 1980: Structural Geology of Linde, Gørding and Mors Salt Diapirs. *Proceedings. Radioactive Waste Disposal. Symposium. Geology and site investigation. Elsam/Elkraft*, 75-90.

Nygaard, E. & Frykman, P. 1981: Alloktone aflejringer i Maastrichtien kalken på Mors. *Dansk geol Foren., Arsskrift for 1980*, 57-60.