



SALT

af Erling Bondesen.

Fra tid til anden fremkommer meddelelser i dagspressen om fund af nye økonomisk udnyttelige forekomster i vor undergrund og for en stund vækkes forhåbninger om, at vi nu omsider - måske - kan blive selvforsynende med vigtige råstoffer.

Foruden olie og kul har salt spillet en stor rolle i disse ofte sensationssprægede pressemeddelelser. Ved salt forstås hermed i almindelighed "køkkensalt", i naturen forekommende som stensalt, men her ledsaget af en lang række andre og langt mere værdifulde beslægtede salte. Det gælder i første række de værdifulde gødningssalte - kalisalte, der vil kunne danne basis for minedrift, hvis de findes under udnyttelige omstændigheder.

På dette sted skal vi nu ikke beskæftige os med den nøjere sammensætning og vanskelighederne ved at efterforske og udnytte saltbjergarterne, men koncentrere os om spørgsmålene - hvorfor har vi salt i undergrunden? - og - hvordan forekommer saltet?

I efterkrigsårene har vi navnlig gennem de undersøgelser, der er foretaget af D.A.P.Co (Danish American Prospecting Compagny) og Danmarks Geologiske Undersøgelse fået et omfattende kendskab til de generelle forhold omkring saltet i vor undergrund. Før krigen kendtes salt overhovedet ikke fra undergrunden - bortset fra en 17 cm lang keme (muligvis et falsum) fra en boring ved Harte syd for Kolding. Forholdene syd for grænsen sammen med forekomster af salt grundvand var dog tidligt årsag til mistanke om endog betydelige saltforekomster i vor undergrund. Der er nu udført over tredive dybdeboringer, d.v.s. borerer over 1000 meters dybde, samt ca. 150 andre borerer, der havde til formål at undersøge de strukturelle forhold i undergrunden, og heraf havde ca. 60 borerer særlig mission i forbindelse med saltforekomsterne. Disse borerer sammen med et omfattende materiale af geofysiske målinger (se Varv 1965, 1 og 4) er baggrunden for vor viden om saltet i undergrunden.

Hvorfor har vi salt i undergrunden?

Når dette spørgsmål angribes må vi ned i boringerne til de dybder hvor saltaflejringerne forekommer, og der se på de omgivende bjergarter og prøve at regne ud hvordan forholdene var under aflejringen.

Forsteneringerne i lagene - overvejende kalk - viser at vi befinder os i den yngste del af perm-perioden (se spiralen side 31) nærmere betegnet i den underafdeling, der kaldes Zechstein. (Zechstein = "skaktsten". I de rhinske kuldistrikter må man altid lave mineskakterne i sandsten fra dette periodeafsnit). Bjergarterne fra Zechstein-tiden viser overalt i Nordeuropa, at klimaet må have været meget tørt og varmt (rødt ler og røde sandsten samt gips og kalk). I dette milieu finder vi Zechstein-saltet, der ved sin udbredelse viser sig at være begrænset til to områder - et meget stort nordtysk og et mindre dansk. De to områder var hav-bassiner adskilt fra hinanden ved et landområde - den såkaldte Ringkøbing - Fyn ryg. Landområdet består af grundfjeld, der nu træffes i 900 - 1600 meters dybde. I bassinerne er grundfjeld endnu aldrig påtruffet, selv om flere boringer når mere end 3000 meter ned.

Aflejringsfølgen i selve saltformationerne er karakteristisk ved at veksle efter skemaet:

Saltcyklus	{	karbonat (yngste kalkbjergarter)
		sulfat (gips)
		klorid (stensalt)
		klorid (kalisalt)
		klorid (stensalt)
		sulfat (gips)
		karbonat (ældste kalkbjergarter)

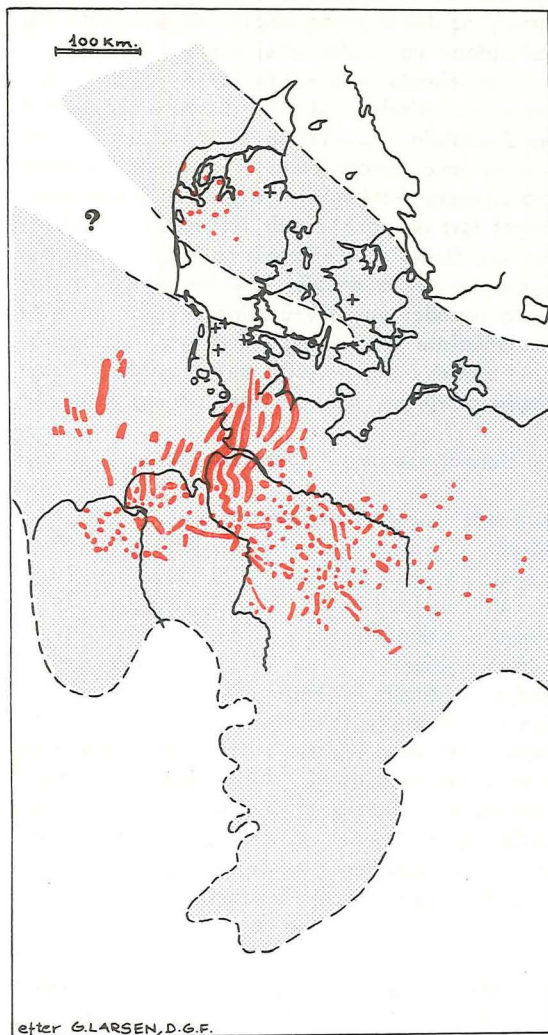
Bjergarterne er her næsten rene kemiske forbindelser. Af disse forbindelser er karbonatet og sulfatet sværere at opløse i vand end stensalt og dette igen lidt sværere at opløse end kalisalene. "Aflejringsmekanismen" må derfor have været en inddampning, hvor først de svært opløselige forbindelser - kalk og gips - udfældes af vandet og aflejres på havbunden. Ved stadig inddampning stiger saltholdigheden i vandet og på et vist tidspunkt begynder stensalt at udfældes, og fortsætter inddampningen kan koncentrationen af de lettest opløselige kalisalte blive så stor, at også de udfældes og danner aflejring.

Kalk kender vi alle som inddampnings"aflejring" i form af kedelsten, og mange har sikkert prøvet at koge en gryde saltede kartofler tør for vand og set saltet på bunden af gryden.

Fra ørkenegne kendes også saltsøer, hvor saltudskillelse finder sted den dag i dag (Det døde hav, Tsad søen, det Kaspiske hav).

Årsagen til, at vi har salt i undergrunden, er derfor de særlige forhold der herskede i Zechstein-tiden, hvor der på grund af et varmt og tørt klima var en stærk fordampning fra vandoverfladen i de to bassiner. Disse må have været lukkede lavvandede have, uden forbindelse med oceaner-

FORHOLDENE I NORDTYSKLAND-DANMARK I ZECHSTEIN-TID



De stiplede linier angiver de daværende kystlinier. Rød farve angiver de fundne saltstrukturer. Krydsene angiver de i artiklen omtalte boringers placering.

Som det ses af kortet må det forventes at både det nordtyske bækken og det danske bækken fortsættes ud i Nordsøen. Kortet siger derfor noget om nødvendigheden af, at grænserne for interesserne i Nordsøens dybgrund Danmark og Tyskland imellem er nøje fastlagt (jævnfør den seneste tids presseomtale af dansk-tyske forhandlinger).

"Landområdet" fra Ringkøbingegnen til Lolland (se Varv 65,3) er af stor betydning for den geologiske udvikling af vor undergrund.

Det var ikke kun i Zechstein-tiden, at der aflejedes salt indenfor dansk område. I boringeme ved Tønder fandtes et 50 m tykt lag fra ældre Trias-tid og i Gassum boringen fandtes mindre saltlag fra yngre Trias-tid.

ne, eller i hvert fald kun lejlighedsvis, da tilstedeværelsen af flere saltcykler og uregelmæssigheder i disse viser, at der af og til må være sket en opspædning af vandet med oceanvand udefra. Tilstedeværelsen af ganske tynde lerlag viser, at der også af og til har kunnet tilføres materiale fra det omkringliggende land - muligvis med ferskvand efter sjældne regnskyl.

Saltaflejringerne i de to inddampningsbassiner kunne blive meget tykke.

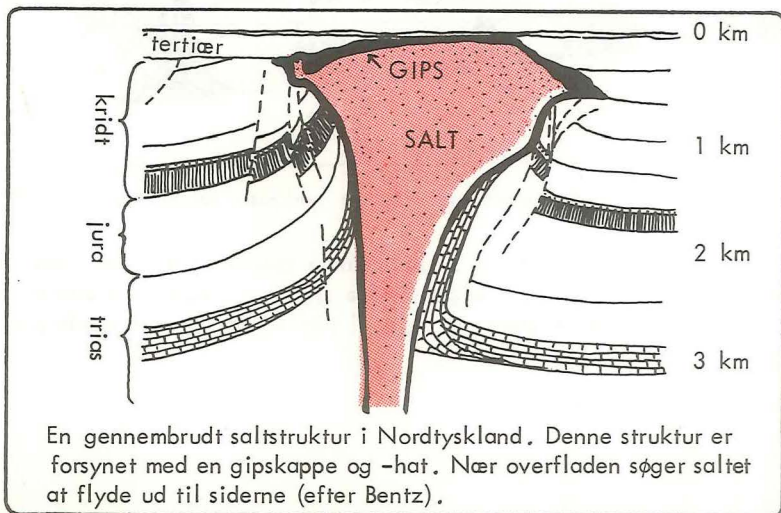
I det nordtyske bækken, der strækker sig ind på dansk område til Ringkøbing-Fyn ryggens "sydvestkyst", kendes meget store salttykkelser indeholdende fem inddampningscykler. På dansk område er i borerne ved Åbenrå, Tønder og Rødby alle fem cykler tilstede, men kun de tre yngste når stensaltudfældningen. Der er her tale om tykkelser på mellem 500 og 1000 meter. Kalisalte svarende til de berømte tyske Stassfurt gødningssalte er fundet i den ældste af de tre saltførende cykler i Tønder-borerne.

Zechstein i det danske bækken er gennemboret i en boring ved Slagelse, hvor der fandtes to inddampningscykler fra 2254 - 2583 meters dybde - altså 329 meter salt. Ved Gassum (nord for Randers) omtrent midt i det danske bækken nåedes Zechstein-saltet i 3400 meters dybde, men gennemboredes ikke. Tykkelserne i det danske bækken kunne sandsynligvis blive omkring 800 - 1000 meter, men herom ved vi intet.

Spørgsmålet rejser sig så - -

Hvordan forekommer saltet ?

Saltet i det danske bækken er oprindelig udfældet på en nogenlunde flad og jævn havbund og sådan findes det sandsynligvis endnu i Slagelse-boringen, der er anbragt i randen af bassinet. Længere ude i bassinet, hvor lagene har været tykkere forekommer saltet koncentreret i nogle store paddehatagtige strukturer, der fra Zechstein-niveaue dybt nede gennembryder de ovenliggende lag og rager op mod den nuværende overflade.

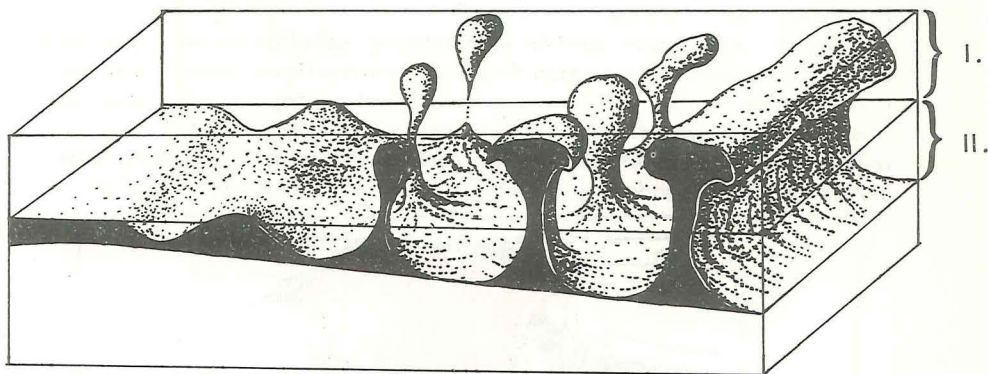


Denne forekomstmåde må skyldes egenskaber ved selve saltet, blandt andet saltets ringere massefylde (2,0) i forhold til de ovenliggende lags (2,6), hvilket giver det en vis opdrift omtrent som olie i vand. - Saltet vil søge at flyde oven på de andre aflejringer. Også saltlagenes tykkelse spiller en rolle samt det forhold, at salt ved en vis belastning (100 kg/cm^2) vil blive plastisk og begynde at flyde hvis underlaget blot hælder nogle få grader.

Saltet ansamles først i store puder et sted, hvor de ovenliggende lag enten er tyndere og derfor ikke vejer så meget, eller hvor der i forvejen var en opadbulende struktur. Puderne kan være aflange og danne en salt-ryg.

Når tilstrækkelig meget salt er flydt sammen i puden eller ryggen, gennembryder saltmasserne de ovenliggende lag og skubber sig som en knytt-næve op gennem lagene indtil "overtrykket" på dybet er udjævnet. Også efter gennembrydningen foregår bevægelser i saltet afhængig af skiftende belastning, for eksempel har indlandsisen været årsag til bevægelser i saltet.

Saltgennembruddene kan som tegningerne viser have højst forskellig form. I det danske bassin er der kun tale om paddehatte eller stokke (pæle), hvoraf Suldrup-strukturen syd for Ålborg er den største på $6,5 \times 5 \text{ km}$ i tværsnit. Suldrup strukturen er foreløbig den eneste af de undersøgte strukturer i det danske bækken, der indeholder kalisalte.



I. Dæklag II. Saltlagets oprindelige tykkelse (efter Trusheim 1957)

Forholdene i det nordtyske bassin er mere sammensatte. Her findes saltet både i paddehatte og i kæmpemæssige rygge. På dansk område er der dog kun tale om mindre puder og rygge i den østlige del af Sønderjylland og på Als.

Til saltstrukturernes knytter sig særlig interesse ud over selve saltene, idet de kan være årsag til koncentration af olie. Ved saltgennembruddet bøjes de ovenliggende lag opad og ud til siderne. Findes der i lagene olie vil denne søge opad, da den altid er under et vist gastryk, og den vil da ledes gennem porøse og gennemtrængelige lag indtil mere tætte lag standser den. Olien kan således netop omkring og over saltstrukturer koncentreres i forholdsvis store mængder.

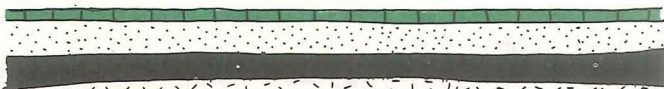
Da saltstrukturer på grund af saltets ringe massefylde er lette at påvise ved tyngdemålinger (se artiklen om geofysik i Varv 1965,1) har de naturligvis oliegeologernes store interesse.

Der er endnu ikke fundet basis for produktion af kalisalte herhjemme. Suldrup-forekomsterne var ikke økonomisk udnyttelige. Med hensyn til stensaltet er saltstrukturen ved Hvarnum vest for Hobro udvalgt til saltproduktion af firmaet A/S Dansk Salt. Saltet skal udvindes ved, at man pumper fersk vand ned og opløser saltet, der som en koncentreret opløsning føres gennem pipe-lines til et inddampningsværk ved Mariager fjord. Man regner med en årlig kapacitet på 150.000 t. Ved Harbøre udnyttes Cheminova en derværende saltstruktur til klorfremstilling. Også her foregår brydningen ved opskylning.

§

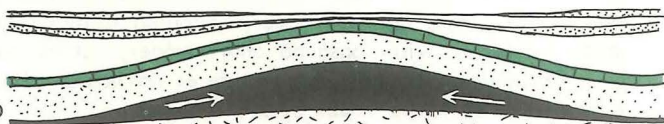
EN SALTSTRUKTURS DANNELSE

I. YNGSTE TRIASTID



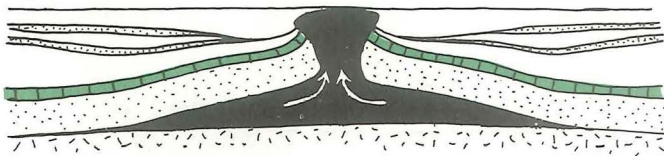
Allerede i yngste Trias var dæklagene så tykke, at saltet (sort) begyndte at bevæge sig, hvor det var tykkest. Bevægelsen er rettet mod en svag opsvulmning i underlaget.

II. MELLEMLSTE JURATID



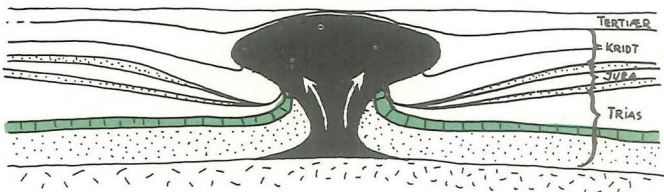
I mellemste Jura har saltvandringsen ført til dannelse af en saltpude over den svage opsvulmning. På havbunden er derved opstået en randsænkning, hvor der aflejres tykke lag. Over puden aflejres kun tynde lag.

III. KRIDTTID



Som følge af den forskellige aflejring og dermed forskellig belastning bryder saltet igennem dæklagene og der dannes en saltstok. Der dannes yderligere en randsænkning.

IV. NUTID



Saltet er koncentreret i en paddehat-struktur eller en saltstok. Den første randsænkning vender nu bulen opad og frembyder derved muligheder for oliekoncentration. (fra Trusheim 1957)