

HOVEDTRÆK AF TUNGMINERALANALYSENS RESULTATER I DANMARK

GUNNAR LARSEN

LARSEN, G.: Hovedtræk af tungmineralanalysens resultater i Danmark. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1969*, side 36–47. København, 7. januar 1970.

The paper deals with some main features of the present knowledge of the heavy mineral geology of the Danish sedimentary sequence. At first an example on the suitability of the heavy mineral analysis as a stratigraphic method is presented. Next the physical and chemical factors controlling the composition of the heavy mineral fraction are examined. Based on these facts the origin of a number of Danish heavy mineral associations finally are commented.

Her i landet er anvendelsen af tungmineralanalysen som speciel metode til belysning af eksempelvis stratigrafiske spørgsmål ikke af helt ny dato. Allerede i århundredets begyndelse udførte O. B. Bøgild tungmineralanalyser af både tertiære og kvartære sedimenter. Disse undersøgelser blev offentliggjort i Madsen, Nordmann & Hartz, 1908 og Harder, 1913.

I udlandet, herunder ikke mindst i Holland (se f.eks. Edelman, 1938), udvikledes tungmineralanalysen i de følgende årtier til en standardmetode, som kom til at indtage en fremtrædende plads i den sedimentologiske forskning. Fra denne periode foreligger fra dansk side et par publikationer af Helge Gry (Gry, 1936, 1948) med emner fra tungmineral-geologien. Som elev af Helge Gry har Bruno Thomsen arbejdet med tungmineralundersøgelser af især grønlandske og færøske materialer (Thomsen, 1952, 1957). Endelig har forfatteren til denne artikel, som elev af Gry og Thomsen, haft lejlighed til at bearbejde en række danske aflejrings tungmineralselskaber (Larsen & Dinesen, 1959; Christensen & Larsen, 1960; Larsen, 1966, 1967; Larsen, Christensen, Bang & Buch, 1968).

Den følgende redegørelse skal søge at sammenfatte nogle hovedtræk af vor nuværende viden om tungmineral-geologien i den danske lagserie.

Alment om tungmineralanalysens egnethed

Det er ikke ualmindeligt at møde en vis skepsis overfor tungmineralanalysen som relevant hjælpemiddel til løsning af geologiske opgaver. Baggrunden herfor kan være skuffelse over, at den ikke har vist sig at være en »mirakelmetode«, som uden videre giver svar på vanskelige spørgsmål.

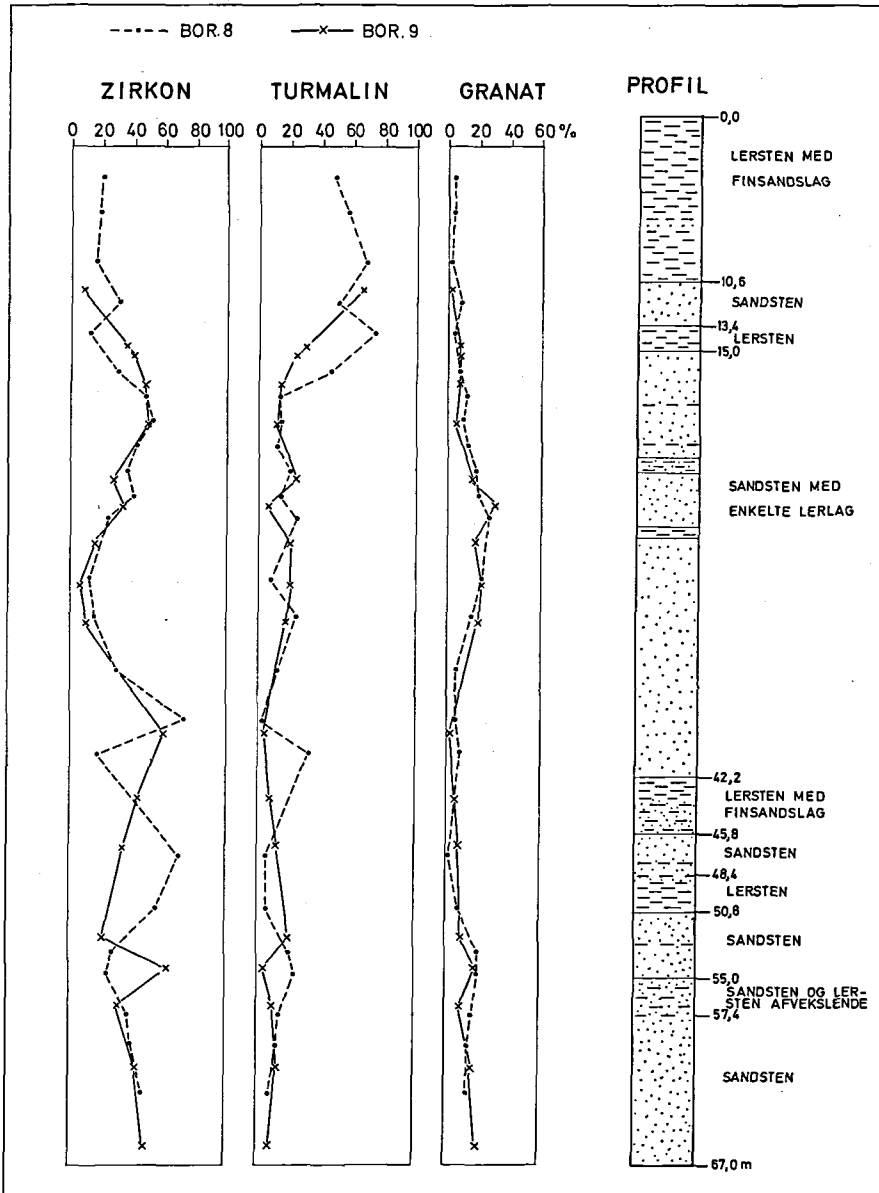


Fig. 1. Fordelingen af tungminerallerne zirkon, turmalin og granat i to boreprofiler i samme lagserie; boringernes indbyrdes afstand er 200 m (jvf. Larsen, Christensen, Bang & Buch, 1968).

I denne sammenhæng må det være vigtigt at erindre om, at tungminerallerne normalt kun udgør en lille brøkdel af det samlede sediment, samt at denne lille fraktion på samme måde som den resterende del af sedimentet har været påvirket af en lang række processer under sedimentdannelsen. Ved tolkning af tungmineralanalytiske resultater må det derfor være vigtigt at betragte den tunge fraktions sammensætning i sammenhæng med hele sedimentets petrografi, samt at gøre sig klart, hvorledes de geologiske processer kan have influeret på tungmineralsammensætningen. Inden dette emne betragtes nærmere skal der fremlægges et eksempel på en undersøgelse, som kan belyse tungmineralanalysens egnethed ved stratigrafiske undersøgelser.

Eksemplet er vist i fig. 1. Det drejer sig om en nedre jurassisk lagserie, hvori der er ført to borer ned med en indbyrdes afstand på 200 m. Det er borerne nr. 8 og 9 i brolinien mellem Helsingør og Hålsingborg (se Larsen, Christensen, Bang & Buch, 1968). Af figuren ses, at der med hensyn til hovedtrækkene i tungmineralfordelingen er en udpræget lighed de to profiler imellem. Andre eksempler af lignende art kendes. Det kan derfor konkluderes, at der er erfaring for, at en petro-stratigrafi kan etableres ved hjælp af tungmineralanalyser. Det skal bemærkes, at man sandsynligvis må regne med, at en sådan stratigrafi er en lokal stratigrafi, og at muligheden for egentlig fjernkorrelation ved hjælp af tungmineralspektre næppe foreligger.

Af fig. 1 ses endvidere, at der foruden den omtalte lighed i hovedtrækkene også visse steder i profilerne gør sig iøjnefaldende forskelle gældende i detaljeforløbet og kurverne. Disse forskelle synes især lokaliseret i sådanne afsnit af lagserien, hvor sedimenter af forskellig kornstørrelse veksler hyppigt. Dette kan være udtryk for, at kornstørrelsesvariationen i nogen grad kontrollerer mineralsammensætningen.

Faktorer som kontrollerer tungmineralsammensætningen

De faktorer, som kontrollerer et klastisk sediments tungmineralselskab, kan groft sammenfattes i følgende grupper:

- a) Udgangsmaterialets sammensætning
- b) Fysiske processer under sedimentationsforløbet
- c) Kemiske processer under og efter sedimentdannelsen

Betydningen af udgangsbjergarternes sammensætning er så umiddelbart indlysende, at den ikke skal kommenteres nærmere.

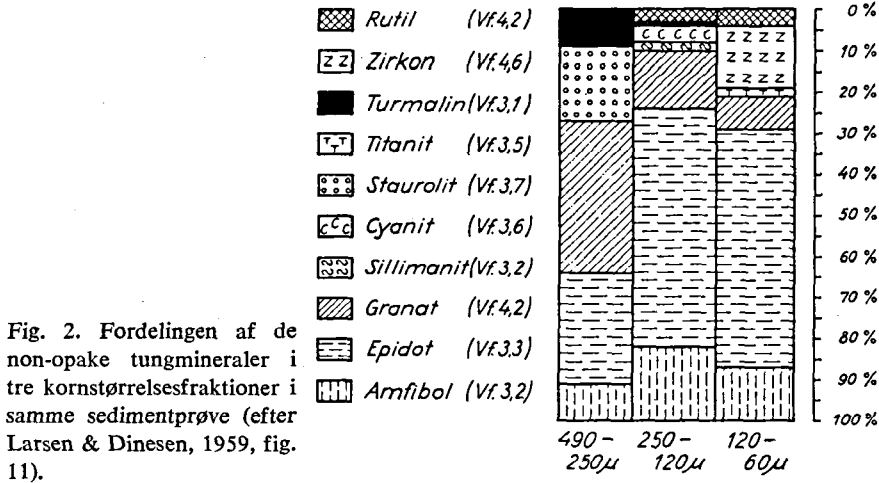


Fig. 2. Fordelingen af de non-opake tungmineraller i tre kornstørrelsesfraktioner i samme sedimentprøve (efter Larsen & Dinesen, 1959, fig. 11).

Fysiske faktorer

Under sedimentmaterialernes transport og aflejring foregår der bl.a. en sortering efter kornstørrelse eller kornmasse. Da der i tungmineralfraktionen ligesom i den lette fraktion almindeligvis findes en spredning i kornstørrelsen, vil sådanne processer influere på det aflejrede materiales tungmineralbestand.

I fig. 2 er vist et eksempel på tungmineralsammensætningen i forskellige kornstørrelsesfraktioner i et og samme sediment. Det fremgår, at der er tydelige forskelle i den kvantitative mineralfordeling fra fraktion til fraktion. Dette vil betyde, at der indenfor en lagserie, opbygget af et ensartet udgangsmateriale, vil kunne være væsentlige forskelle i tungmineralspektret fra lag til lag, såfremt disse lag har indbyrdes forskellig kornstørrelsesfordeling. Dette fænomen, der er velkendt fra bl.a. den tertiære lagserie ved Brejning på sydsiden af Vejle fjord (Larsen & Dinesen, 1959), betegnes »granulær variation«.

Et andet eksempel på, at fysiske sedimentationsprocesser kan indvirke på den kvantitative mineralsammensætning, er fremlagt i fig. 3. Denne viser et antal analyser af danske tungsandsforekomster, hvis tungmineralindhold overstiger 50 %. Af figuren ses, at der indenfor hvert lokalitetsområde gør sig en karakteristisk ændring gældende i mineralsammensætningen med stigende koncentrationsgrad af tungsandet; med stigende koncentration stiger indholdet af opake mineraler i forhold til non-opake samtidig med, at der sker en forskydning i mængdeforholdet mellem ilmenit og magnetit til fordel for magnetit. Vægtfylden for de non-opake tungmineraller er overvejende 3,5–4 for ilmenit ca. 4,5–5 og for magnetit ca. 5,2 g/cm³.

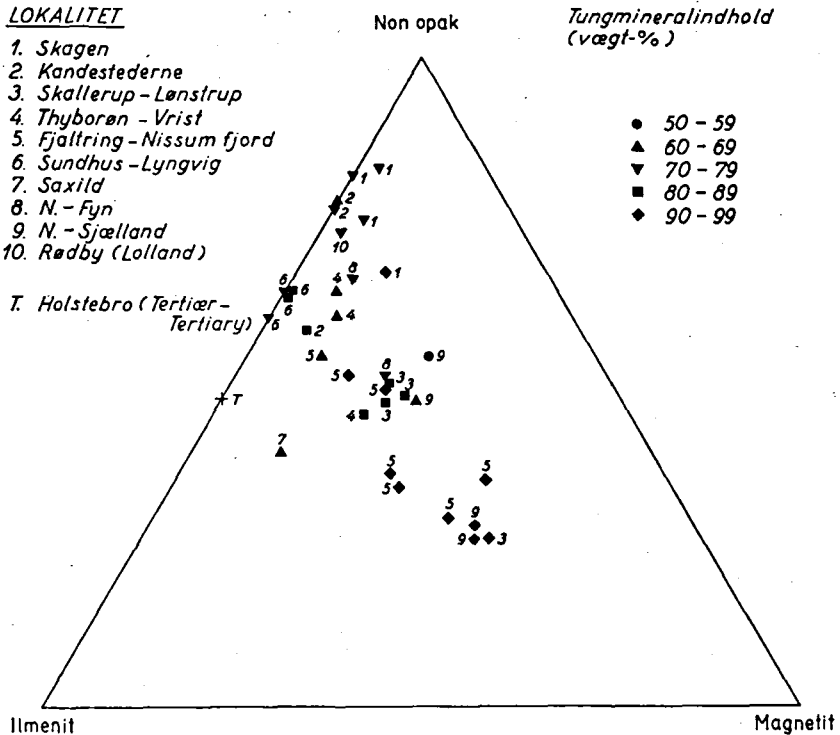


Fig. 3. Tungmineralfraktionens sammensætning med hensyn til magnetit, ilmenit og non-opake mineraler i højtconcentrerede prøver af tungsandsforekomster fra danske kystområder (efter Christensen & Larsen, 1960, fig. 7).

Det, diagrammet fig. 3 udtrykker, synes derfor at være, at der med stigende koncentrationsgrad af tungmineraler sker en relativ stigning i den andel, hvormed de allertungeste komponenter indgår.

Af disse to eksempler, som kunne suppleres med andre, kan bl.a. konkluderes, at fortolkningen af et tungmineralmaterials geologi bør omfatte betragtninger vedrørende de fysiske sedimentationsforholds mulige indflydelse.

Kemiske faktorer

De kemiske omdannelsesfænomener, som hører den exogene cyklus til, falder naturligt i to grupper:

- 1) Forvitring, som geologisk set er en kortvarig, men ofte intensivt virkende proces. Hvor intensivt en forvitring vil virke på bl.a. tungmineral-

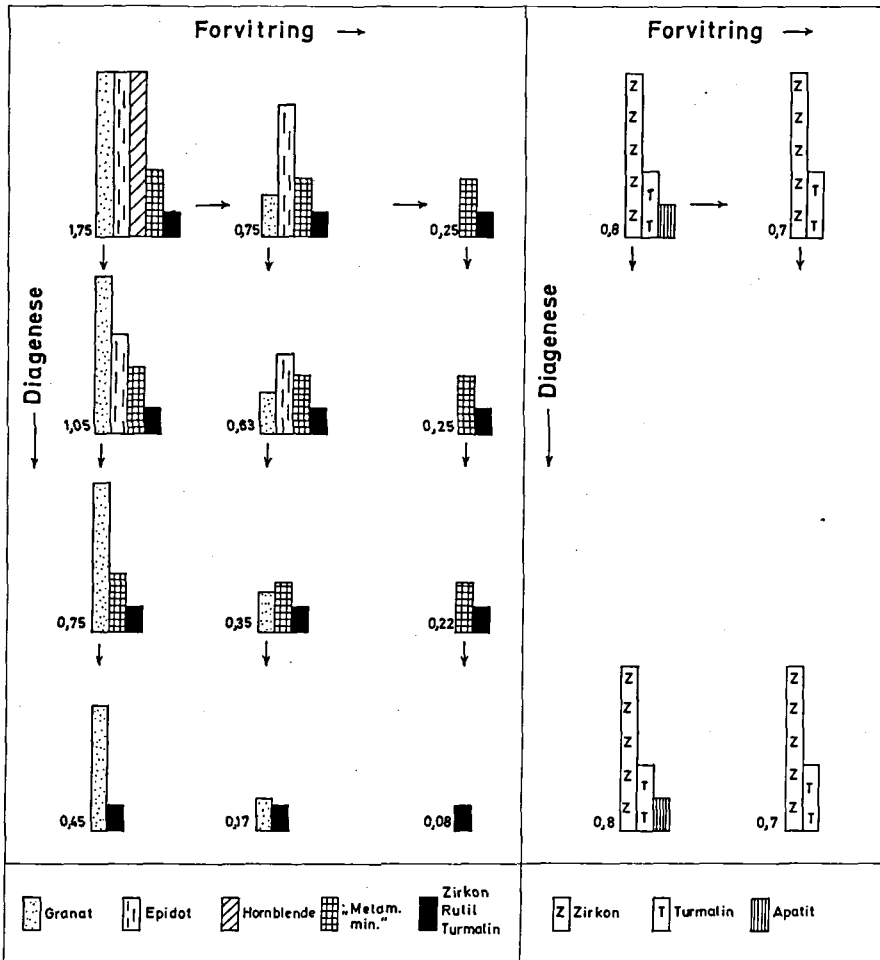


Fig. 4. Skematisk oversigt over hvorledes forvitring og diagenese kan indvirke på tungmineralselskaber; sammenstillet efter Wieseneder, 1953.

indholdet afhænger af et samspil af klimatiske betingelser, terrænmorfologiske tilstande og tektoniske forhold (se bl. a. Weyl, 1949).

- 2) Diagenese, som er en proces, der oftest virker gennem geologisk set lange tidsrum. Netop derfor må diagenesen tillægges væsentlig betydning for sedimenternes sammensætning.

Om disse kemiske processers betydning for tungmineralselskaber i almindelighed er der hidtil ikke ydet originale bidrag fra dansk side; men de erfaringer, som er indhøstet i udlandet, kan overføres på danske forhold og give et vægtigt fortolkningsgrundlag.

Bl.a. Wieseneder (1953) har diskuteret forvittringens og diagenesens destruktive virkning på tungminerallerne. Wieseneders betragtninger er sammenstillet i grafisk form i fig. 4. Figuren skal belyse, hvorledes sammensætningen af et tungmineralselskab ændres under indvirkning af forvitring og diagenese. Ved hvert mineraldiagram er der forneden til venstre anført et tal, som angiver tungmineralprocenten.

Venstre halvdel af figuren vedrører et såkaldt »umodent« udgangsmateriale med hornblende, epidot og granat som mængdevis dominerende komponenter. Af disse mineraler er hornblende øjensynlig det mindst stabile; det fjernes hurtigt ved både forvitring og diagenetisk opløsning. For de fleste øvrige mineraler gælder, at stabilitetsgraden ikke er ens under hhv. forvitring og diagenese. Granat er således relativt stabil under diagenese men opløses ret let ved forvitring, medens forholdet er det omvendte for epidot. De såkaldte »metamorfe mineraler« (d.v.s. staurolit, kyanit, sillimanit) forholder sig stabile under forvitring men ikke under intensiv diagenese. Af figuren ses også, at en gennemgribende forvitring og diagenese fører til destruktion af ca. 95 % af det oprindelige mineralselskab. Tilbage er der et udpræget stabilt selskab sammensat af zirkon, rutil og turmalin.

Forekomsten af en stabil association er ikke nødvendigvis udtryk for, at der har fundet en omfattende opløsning sted. Højre del af fig. 4 viser et eksempel på et udgangsmateriale domineret af stabile mineraler. Dette selskab vil kun undergå minimale ændringer under forvitring og diagenese. – Det spørgsmål, om et givet, stabilt tungmineralselskab repræsenterer en original association eller en lille rest af et destrueret selskab, må søges løst ud fra studier af tungmineralprocenten, tungminerallerne kornteksturer samt sedimentets almindelige petrografi.

Ideen om den diagenetiske opløsning, eller »intrastratal solution«, som fænomenet betegnes af Pettijohn (1957), hører utvivlsomt til blandt den exogene geologis mere frugtbare ideer. Visse hovedtræk i den danske lagseries opbygning kan øjensynlig forklares ud fra denne ide.

De undersøgelser, der hidtil er udført vedrørende tungmineralsammensætningen i aflejringerne i Det Danske Sænkingsområde, tyder på, at der er en karakteristisk grænse ved et dybdeniveau omkring 2 km. Over dette niveau forekommer et antal tungmineralselskaber, hvoraf nogle er præget af stabile andre af ustabile mineraler. Årsagen til denne blandede beskaffenhed skal formentlig søges i flere forhold: Forskellige udgangsmaterialer, varierende forvittringsintensitet og også stedvis optrædende diagenetisk opløsning (Larsen, 1966). Under 2 km-niveauet kendes hidtil kun meget enkelt sammensatte selskaber; det drejer sig om rhætiske lag i boringen Vedsted 1, Rhæt og Lias i Fjerritslev 2, samt Jura-Nedre Kridt i Lavø 1 (Larsen, 1966). I borerne på disse lokaliteter består selskaberne hovedsagelig af zirkon, rutil og turmalin, samt enkelte korn af stærkt ætset granat. Netop

granatens overfladetextur sandsynliggør, at der er tale om selskaber, der er blevet stærkt forarmede gennem diagenetisk opløsning. Endnu foreligger der imidlertid så få undersøgelser af materialer fra større dybde end ca. 2 km, at det ikke kan afgøres, om 2 km-niveauet i Det Danske Sænkningssområde virkelig repræsenterer en diagenetisk »opløsningsfront«. Man skal sandsynligvis regne med, at intensiteten i den diagenetiske opløsning er underkastet lokale variationer i overensstemmelse med de lokale geokemiske-hydrologiske forhold. Det skal endnu engang nævnes, at der også er fundet symptomer på diagenetisk opløsning over 2 km-niveauet.

En anden virkning af diagenesen er den authigene mineraldannelse (se f.eks. Fairbridge, 1968). Spørgsmålet, om et givet mineralselskab indeholder authigene mineraler, må afgøres ud fra teksturstudier.

Af det her nævnte skulle fremgå, at det ved fortolkninger vedrørende et analysematerials udgangsbjergarter er vigtigt dels at bedømme omfanget af den kemiske opløsning dels at holde eventuelle authigene mineraler udenfor beregningerne.

Oversigt over danske tungmineralselskaber

I fig. 5 er vist en oversigt over en række tungmineralselskaber fra den danske lagserie. Udvalgelsen af disse har til dels måttet bero på et skøn. I hvert af de udvalgte selskaber er sådanne komponenter, som med rimelig sikkerhed kunne antages for authigene, udeladt. Endvidere er der ikke medtaget selskaber, som måtte formodes at være stærkt påvirkede af diagenetisk opløsning. De i figuren anførte selskaber skønnes derfor i det store og hele at svare til sådanne, som forefandt i lagserierne ved afslutningen af det sedimentogene stadium.

Af figuren ses bl.a.

- 1) I de kvartære og tertiære lag træffes ustabile epidot-hornblende selskaber. Disse, der utvivlsomt stammer fra skandinaviske grundfjeldsmaterialer, træffes udbredt over væsentlige dele af Nordeuropa (se f.eks. Edelman, 1938; Baak, 1936). Det skal anføres, at man har kendskab til både kvartære og tertiære selskaber, som i henseende til den kvantitative mineralfordeling er noget afvigende fra de her fremførte, men som alligevel må regnes til samme type.
- 2) I Trias, Jura og Nedre Kridt i Nordjylland findes selskaber, som har betydelig lighed med de ovenfor omtalte kvartære og tertiære associationer. De kan derfor antages i væsentlig grad at være afledt fra samme slags udgangsmaterialer, nemlig skandinaviske grundfjeldsforekomster.

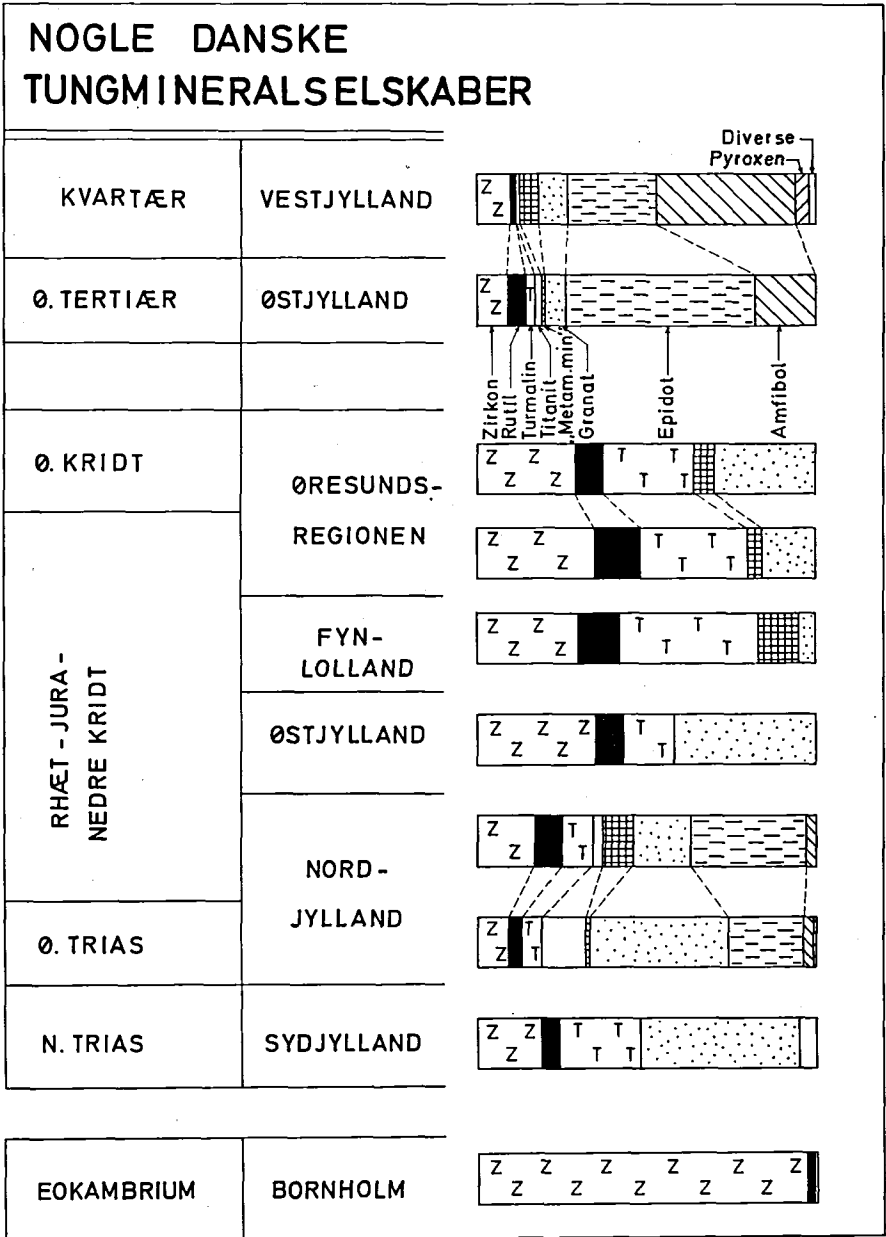


Fig. 5. Sammenstillet efter Gry, 1936, Larsen & Dinesen, 1959, Christensen & Larsen, 1960, Larsen, 1966, samt hidtil upublicerede data.

- 3) Det granatrige selskab, som optræder i de østjydske Jura-Rhæt lag skønnes ikke at være synderligt påvirket af diagenetisk opløsning, men der regnes med muligheden af, at der ved forvitring er fjernet en del hornblende. Antagelig er associationen opstået af grundfjeldsbjergarter af mere højmetamorf natur end de, hvorfra ovennævnte epidot-rige selskaber udgik. P.gr.a. den geografiske lokalisering i Østjylland (hovedlokaliteten er boringen Gassum 1) er det nærliggende at formode, at denudationsområdet har været placeret i et område svarende til det nuværende Vestsverige. – Lignende granatrige selskaber kendes fra Nedre Trias i Syddanmark og Nordtyskland (se bl.a. Sindowsky, 1958).
- 4) Ved vurderingen af det fynsk-lollandske selskab lægges der vægt på, at kornenes afrundingsgrad er ret god, samt at forvittringsømfindtlige mineraler næsten ikke er til stede. Dette tages som udtryk for, at denudationsområdet har bestået af ældre sedimentlagserier.
- 5) Det bornholmske selskab (se Gry, 1936) er sandsynligvis en primær stabil association af lokal granitisk oprindelse.

Af det her nævnte vil bl.a. være fremgået, at den danske sedimentlagserie med hensyn til de tunge mineralselskabers opbygning øjensynlig er ret kompliceret sammensat. Baggrunden herfor er formentlig ikke blot, at diagenetiske opløsningsprocesser i varierende grad har omformet selskaberne, men også at der i tidens løb har været denudationsområder af forskellig sammensætning, som har gjort sig gældende.

Oversigt over vesteuropæiske tungmineralprovinser

I et forsøg på at anskueliggøre, i hvilken større sammenhæng det føromtalte kvartære mineralselskab af skandinavisk herkomst skal ses, er fig. 6 fremstillet. Figuren, der bygger på Baak, 1936, samt Debyser, Vatan & Boyer, 1955, angiver udbredelsen af et antal submarine vesteuropæiske tungmineralselskaber.

Disse mineralselskaber falder efter dannelsesmåde i tre kategorier. Den ene omfatter det skandinaviske og det britiske selskab. Udbredelsen af disse afspejler i store træk udbredelsen af det nordeuropæiske kvartære isdække. Man må dog regne med, at der er sket en vis ændring af de to selskabers oprindelige udbredelse bl.a. gennem indvirkning af recente, submarine processer. – Den anden kategori omfatter sådanne selskaber, som opstår i nutiden ved udtømmning gennem flodmundinger; hertil hører Rhin-selskabet, Loire-selskabet og Gironde-selskabet. Materialvandringsretningen i havet spiller en rolle for selskabernes udbredelse, hvilket ikke mindst de to

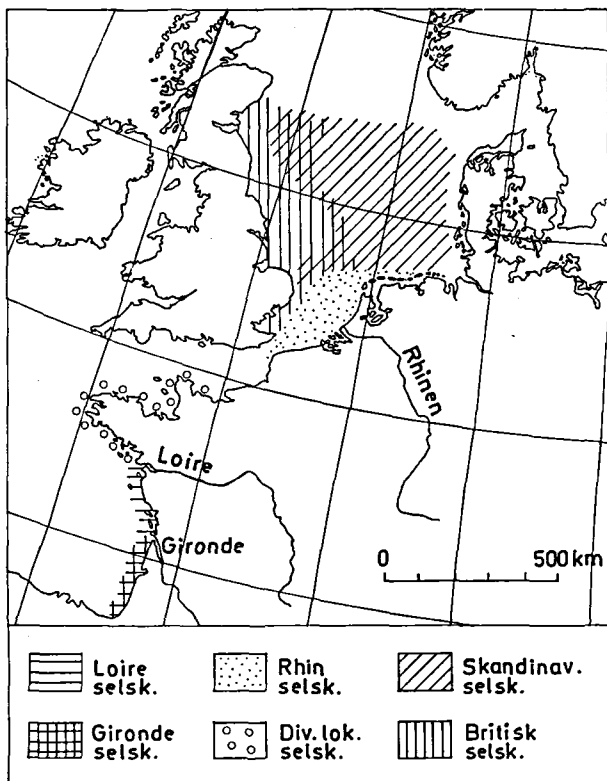


Fig. 6. Nogle recente submarine tungmineralprovinser i Vesteuropa. Sammenstillet efter Baak, 1936, og Debyser, Vatan & Boyer, 1955.

sidstnævnte selskaber giver en klar illustration af; materialvandringsretningen langs den franske Atlanterhavskyst er sydlig (Debyser, Vatan & Boyer, 1955). – Den tredje kategori omfatter bl.a. Bretagne-selskaberne, som er et antal mere eller mindre lokale selskaber, opstået gennem erosion af eksponerede kystpartier.

Situationen i fig. 6 kan betragtes som et geologisk øjebliksbillede. I fortiden har man formentlig haft situationer, som på visse punkter har mindet om den her viste. En af sedimentologiens opgaver er regionalgeologisk kortlægning af tungmineralprovinser i ældre geologiske lag, med det formål at bestemme beliggenhed og sammensætning af nedbrydningsområder, forløbet af transportveje m.v. Det skal understreges, at en forudsætning for, at sådanne opgaver kan løses, må være, at man, som påpeget tidligere, har kendskab til de fysiske og kemiske faktorer, som kan indvirke på tungmineralselskabernes sammensætning.

(Foredrag ved Dansk Geologisk Forenings årsmøde 11. oktober)

Geologisk Institut,
Aarhus Universitet
8000 Aarhus C

Litteratur

- Baak, J. A. 1936: *Regional Petrology of the Southern North Sea*. Wageningen.
- Christensen, W. & Larsen, G. 1960: Tungsandsforekomster i Danmark. *Danmarks geol. Unders.*, række 3, 33.
- Debyser, J., Vatan, A. & Boyer, F. 1955: La sédimentation sableuse sur la côte atlantique entre la Loire et le bassin d'Arcachon. *Geol. Rundsch.* 43, 406–425.
- Edelmann, C. H. 1938: Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und angrenzenden Gebieten. *Geol. Rundsch.* 29, 223–273.
- Fairbridge, R. W. 1968: Phases of diagenesis and authigenesis. In: G. Larsen & G. V. Chilingar (editors): *Diagenesis in Sediments. Developments in Sedimentology* 9, 19–89.
- Gry, H. 1936: Om Nexøsandstenen og »Aakerformationen«. En Tungmineral-Korrelation. *Meddr dansk geol. Foren.* 9, 27–42.
- Gry, H. 1948: Erklæring af 6. Marts 1943 vedrørende petrografisk Undersøgelse af Kærneprøver fra Boringen Paaby II. In: *Saltfundet ved Harde den 13. November 1936. Beretning afgivet af det af Ministeriet for offentlige Arbejder den 24. januar 1946 nedsatte Udvalg til Revision af Undergrundsløven*. Bilag 66, 409–413.
- Harder, P. 1913: De oligocæne Lag i Jærnbaneegnensskæringen ved Aarhus Station. *Danmarks geol. Unders.*, række 2, 22.
- Larsen, G. 1966: Rhaetic – Jurassic – Lower Cretaceous Sediments in the Danish Embayment (A Heavy-Mineral Study). *Danmarks geol. Unders.*, række 2, 91.
- Larsen, G. 1967: Danske triassedimenters tungmineralindhold. *Meddr dansk geol. Foren.* 17, 154–155.
- Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminiferfaunaen (oligocæn – miocæn). *Danmarks geol. Unders.*, række 2, 82.
- Larsen, G., Christensen, O. B., Bang, I. & Buch, A. 1968: Øresund. Helsingør-Hälsingborg Linien. *Danmarks geol. Unders.*, Rapp. 1.
- Madsen, V., Nordmann, V. & Harz, N. 1908: Eem-Zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-Aflejringer i Danmark, Nord-Tyskland og Holland. *Danmarks geol. Unders.*, række 2, 17.
- Pettijohn, F. J. 1957: *Sedimentary Rocks*. Harper & Row.
- Sindowsky, K. H. 1958: Schüttungsrichtungen und Mineral-Provinzen im westdeutschen Buntsandstein. *Geol. Jb.* 73, 277–294.
- Thomsen, B. 1952: En tungmineralanalyse af nogle sandprøver fra de nordlige Færøer. *Meddr dansk geol. Foren.* 12, 205–210.
- Thomsen, B. 1957: On sand samples from the west coast of Greenland. I. *Meddr Grønland* 152 (2), 24 pp.
- Weyl, R. 1949: Zur Ausdeutbarkeit der Schwermineral-Vergesellschaftungen. *Erdöl und Kohle.* 2. Jahrg., 207–211.
- Wieseneder, H. 1953: Über die Veränderungen des Schwermineralbestandes der Sedimenten durch Verwitterung und Diagenese. *Erdöl und Kohle.* 6. Jahrg., 369–372.