



Den viste stamme (fra forsiden) må have siddet fast i det omgivende sediment, da det blev overskredet af gletscheris. Presset fra isen har deformeret stammen, og der er udviklet såkaldte kink-bånd inden for hvilke ved-strukturen er drejet. Som det ses på billedet, er der udviklet kink-bånd i to retninger, a og b, og bevægelsen langs disse er markeret med pile.

Kink-bånd er velkendte fra deformerede bjergarter, og det vides, at sammenpresningsretningen, der resulterede i dannelsen af kink-bånd, ligger som vinkelhalveringslinien i den spidse vinkel mellem kink-båndene a og b. Det vil i dette tilfælde betyde, at den is-deformerende stamme har været udsat for et tryk parallelt med stammens længdeudstrækning.



Detalje fra et af kink-båndene øverst på stammen.



HEROVER SES ET STYKKE AF EN TRÆSTAMME, SOM ER GRAVET UD AF EN SKRÆNT I DET NORDLIGSTE GRØNLAND. TRÆSTAMMEN ER FOLDET VED EN GLETSCHEROVERSKRIDELSE – PÅ BAGSIDEN FORTÆLLES OM FOLDERNE – OG INDE I BLADET OM DE FUNDNE TRÆTYPER OG DERES ALDER.

GRANITDANNELSE ER ET ANDET SPÆNDENDE EMNE, SOM ER MED I DETTE NUMMER. – FOR IKKE AT GLEMME BÆLTET AF VIGTIG PYRIT-MALM I DET SYDLIGE SPANIEN OG PORTUGAL.

FRA DE HJEMMELIGE HIMMELSTRØG ER DER DET NYESTE NYE OM HAVBUNDEN VEST OG SYD FOR BORNHOLM, – OG TIDLIGERE HAVNIVEAUER I DET ØSTLIGE DANMARK SÆTTES RIGTIGT PÅ PLADS.

VARV er jo betegnelsen for noget årligt tilbagevendende, men for redaktionen og for læserne er det heldigvis noget, der sker hvert kvartal. Desværre bliver der også mulighed for, at fejl sniger sig ind oftere, end vi synes om, men vi vil - så tit det er nødvendigt - også rette fejlene igen.

Vi forlod således ikke 1987 med nummer 4 uden fejl. Mest alvorligt var det, at vi helt havde misforstået figur 11 på side 115, derfor har forfatteren velvilligst afleveret en forklarende tekst, der er blevet til en lille artikel om *Strandforskydningskurver* på side 10 i dette nummer. Tak!

I samme artikel side 114 omtales der 6 pollenanalyser. Disse vigtige analyser var udført af geolog **Else Kolstrup** - hvilket også var nævnt i manuskriptet til artiklen om Fribrode Å, men 'smuttet' for redaktionen. Undskyld!

Der var også - efter moderne opfattelse - kludder med figurteksten på side 117. Problemet her er brugen af ordet 'senglacial' - om det stadigvæk må bruges for tidesrummet for isens afsmeltning fra hovedopholdslinien i Midtjylland og til isranden lå ved de norske ra og de mellemsvenske randmoræner, - eller om ordet nu udelukkende må anvendes om tidsafsnittet 13.000 - 10.000 Kulstof-14 år for nu. For at være på den sikre side, kan læserne strege ordet 'Senglacial' i figurteksten. Vi håber at kunne belyse problemet i en kommende artikel.

Forsidefoto: Ole Bang Berthelsen.

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 01 11 22 32

Kontoret betjenes af **Anita Mosfeldt Lauersen** og **Anne Mette Nielsen** mandage 9 - 16. Andre dage kan henvendelse ske til Svend Pedersen eller Steen Sjørring på samme telefonnummer.

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Svend Pedersen, Steen Sjørring og Sven Laufeld (i Sverige)

Renskrift: Gitte Sjørring

Montage: Svend Pedersen og Steen Sjørring

Repro: Vest-Scan a/s, Esbjerg

Tryk: Johnsen + Johnsen a/s, København

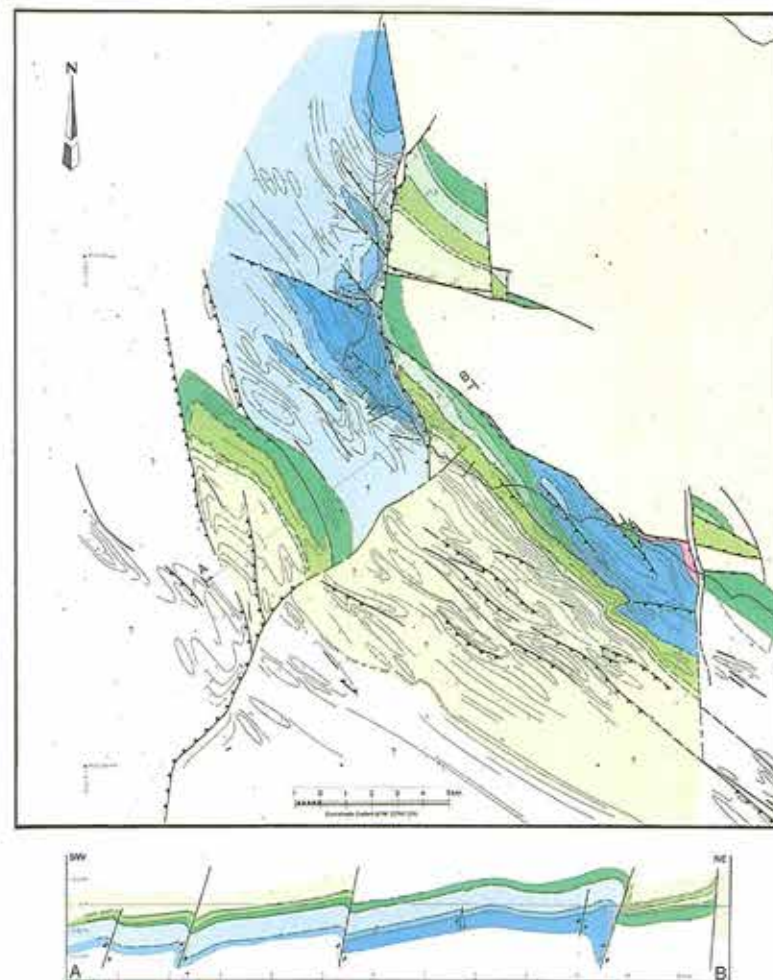
VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 70 kr i abonnement i 1988.

Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV. Postgiro 9 06 88 80, eller 65 SKr til VARVs svenske postgirokonto 4388-5.

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meddelt Postvæsenet.

© 1988 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter aftale.

De enkelte rygge kan følges fra den ene seismiske linie til den anden og er undertiden fulgt mere end 10 kilometer. I områderne tæt ved kysten, som ikke er seismisk undersøgt, kan ryggen ses på flyfoto, så på den måde kan de følges helt ind til stranden, hvor de kan studeres i kystklinter, hvor lagernes alder er kendt. De geologiske resultater vil blive omtalt i de næste numre af VARV.



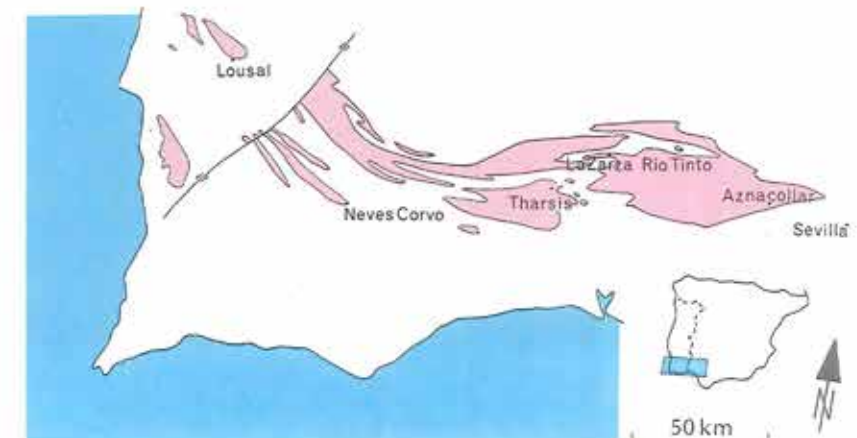
Figur 9. Et udsnit af sydkysten af Bornholm. De rygge på havbunden, der kan ses på de seismiske profiler, er vist med tynde streger, medens rygge, der er set på flyfoto, er angivet med prikkede linier. Farvekode: rødt er lag fra Trias, blå fra Jura og grønne fra Kridt.

IBERISK PYRIT

af Henrik Stendal

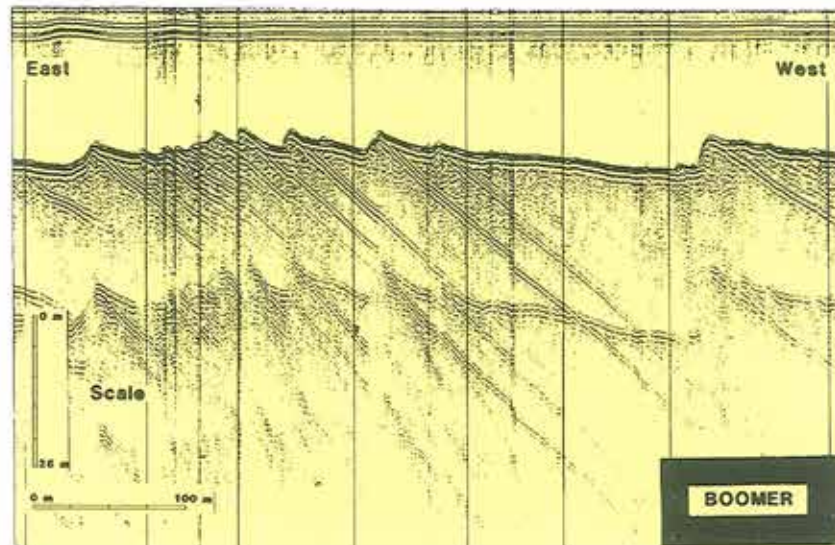
Det spansk-portugisiske pyritbælte dækker et stort område i den sydvestlige del af den Iberiske Halvø. Bæltet strækker sig fra nord for Sevilla i Spanien og vestover til Lousal nær Atlanterhavs-kysten i Portugal, en strækning på ca. 250 km - svarende til et areal på ca. 8000 km².

Pyritbæltet har 60 miner, men kun en halv snes stykker er i produktion i dag. Derudover kendes mere end 300 mindre pyritforekomster. Malmene består af linser af massiv pyrit (som af og til er kobber-førende), og linserne kan blive op til 3 km lange, 300 meter tykke og 400 meter dybe, som f. eks. i Rio Tinto malmlegemet. Andre forekomster består af tynde bandede lag af pyrit, kobber-kis, zinkblende og blyglans som f. eks. i Aznalcollar nær ved Sevilla.

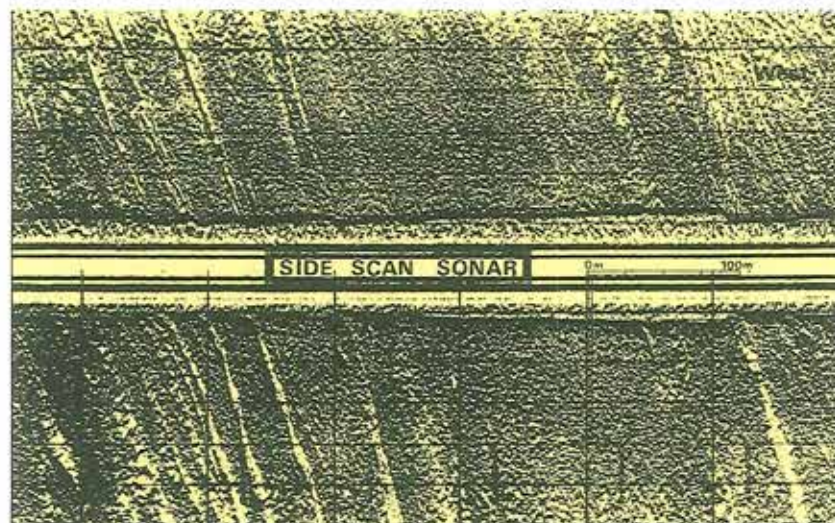


Figur 1. Kort over den sydvestlige del af den iberiske halvø med udbredelsen af det "sedimentære-vulkanske kompleks": pyritbæltet.

Det iberiske pyritbælte er dannet i et havbassin i Devon-Karbon. Pyritmalmen findes som linser i aflejringer af skifre og vulkanske bjergarter som tuffer, lavaer og agglomerater. Denne aflejringsserie kaldes også for det "sedimentære-vulkanske kompleks" og varierer fra 50 til 800 meter i tykkelse. Sammen med de underliggende lag af kvartsitter og skifre og de overliggende lag af skifre og gråvækker er pyritmalmen foldet i forbindelse med den hercyniske foldefase.



Figur 7. Et eksempel på Boomer-registrering, der viser en savtakket havbunds topografi, nemlig en asymmetrisk opbygning af ryggene og hældende mesozoiske lag under havbunden.



Figur 8. Eksempel på side scan sonar registrering fra det samme stykke, som boomer-registreringen viser. Ryggene ses her som lige, parallelle linier.

I pyritbæltet findes følgende malmtyper:

- a) massiv pyritmalm
- b) båndet pyrit-zinkblende-blyglans malm, også kaldet kompleks pyritmalm
- c) båndet kobberkiskholdig pyritmalm
- d) stokværk-malm med pyrit og kobberkis
- e) guld- og sølvrige gossan-malme.

Den massive pyritmalm indeholder typisk 45-48 % svovl (S), 40-43 % jern (Fe), 0.6-1.0 % kobber (Cu), 0.5-1.0 % bly (Pb), 1.0-2.5 % zink (Zn), 0.3-0.4 % arsen (As), 0.5-1.2 g/t guld (Au) og 20-30 g/t sølv (Ag). Af og til findes også lidt baryt sammen med denne malm. Pyritmalmen er ofte meget finkornet og andre mineraler kan derfor være meget vanskelige at bestemme. Pyritmalmen findes bl.a. i Rio Tinto, Tharsis og i La Zarza.



Figur 2. Ca. 10 cm bredt håndstykke af massiv båndet kompleks malm. De gule bånd er pyrit, brunlige farver er zinkblende og blågråt skær er blyglans. Foto: Ole Bang Berthelsen.

Den båndede eller komplekse pyritmalm har et lavere sulfidindhold, højere bly og zinkværdier og ofte - udover arsen - også et indhold af antimon (Sb), kviksølv (Hg), sølv (Ag) og tin (Sn). Denne malmtypen er også meget finkornet, men på grund af den udprægede bånding er det muligt at skelne de enkelte mineralfaser. Eksempler på denne malmtypen findes i Aznalcollar (Spanien) og i Neves Corvo (Portugal).

Den båndede kobberholdige pyritmalm er i sammenligning med pyritmalmen meget rig på kobber (8 %) og sølv (44 g/t), lav i indholdet af zink (0.4 %) og helt uden bly. Denne type malm findes i Neves Corvo.

Langs vestkysten af Bornholm ses indtil flere odder og pynter, hvis eksistens alene skyldes tilstedeværelsen af den hårde sammenkittede 'Hasle Sandsten'. Denne sandsten fortsætter ud under havbunden og danner rev (Fig. 3), der kan følges over en kilometer ud i vandet. På helt samme måde fortsætter andre mesozoiske lag ud under havbunden, hvor de hårde dele opbygger rev og undersøiske rygge.

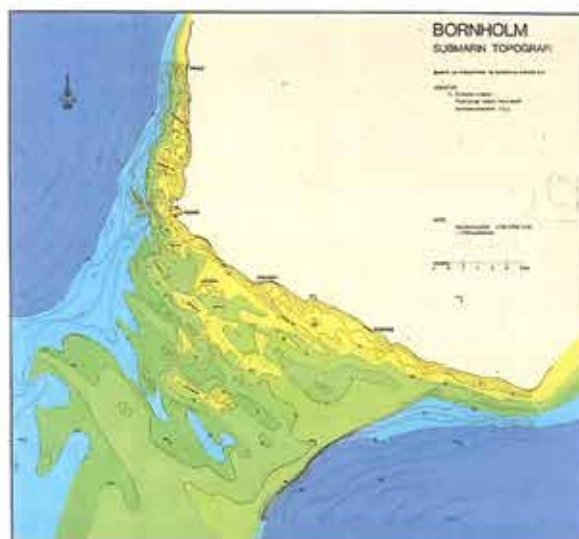
På grundlag af eksisterende søkort og ekkolod-registreringer er dybdeforholdene syd og vest for Bornholm blevet kortlagt (Fig. 4), og efter kurvebilledet at dømme, kan havbunden opdeles i 3 områder nemlig de 2 områder vest og sydøst for Bornholm (mørkeblå) og Rønne Banke (lyseblå og grønne områder).

I områderne vest og sydøst for Bornholm er vanddybderne store (25-50 m), havbunden er meget jævn og består af tykke kvartære aflejringer. På Rønne Banke er havdybden ringe (10-25 m), og de kvartære aflejringer er meget tynde. Den ujævne bund på banken skyldes et tætliggende system af nordvest-sydøst orienterede render og mellemliggende grunde (Fig. 4). Grundene består af mesozoiske lag (Fig. 5), der er hårde, og som står frem som rygge på havbunden (Fig. 6).

På ekkolod- og boomer-diagrammerne ses ryggene som savtaktede former (Fig. 7). De er skævt opbyggede med en stejl eller lodret side og en bred, lavthældende side. Ryggene har en højde på mellem 1 og 8 meter over bunden, og de ligger tit samlede i bælter, som det ses på side scan sonar diagrammerne (Fig. 8).



Figur 6. Undervandsfoto af en undersøisk ryg. Her ses den stejle side, der kan følges over flere meter. Ryggen er ca. 1.5 m høj. Foto: Søren Pedersen.



Figur 4. De topografiske forhold i farvandet syd og vest for Bornholm. Dybe områder (over 30 m) er vist med mørkeblåt, mellem 20 og 30 m er farven lyseblå. De gullige kystnære områder er mellem 0 og 12.5 meter dybe. Rønne Banke træder tydeligt frem.

HARDE OG BLØDE LAG

På grund af hævnningerne, der flere steder overstiger 1000 meter, blev de mesozoiske lag hurtigt nederoderet, og denne nedbrydning sker stadigvæk, hvilket bl. a. ses i de mange kystklinter langs syd- og vestkysten af Bornholm. Nedbrydningen af bløde lag sker hurtigt, og det medfører, at kystlinien langs Bornholm er meget ujævn. Der hvor der er bløde lag, findes bugter, og hvor hårde lag kommer til syne ses odder og pynter.



Figur 5. Det lysegrønne område syd-vest og vest for Bornholm viser udbredelsen af de blottede mesozoiske sedimenter på havbunden. Det ses, at der er en nær sammenhæng mellem Rønne Banke (blå) og udbredelsen af de blottede lag.



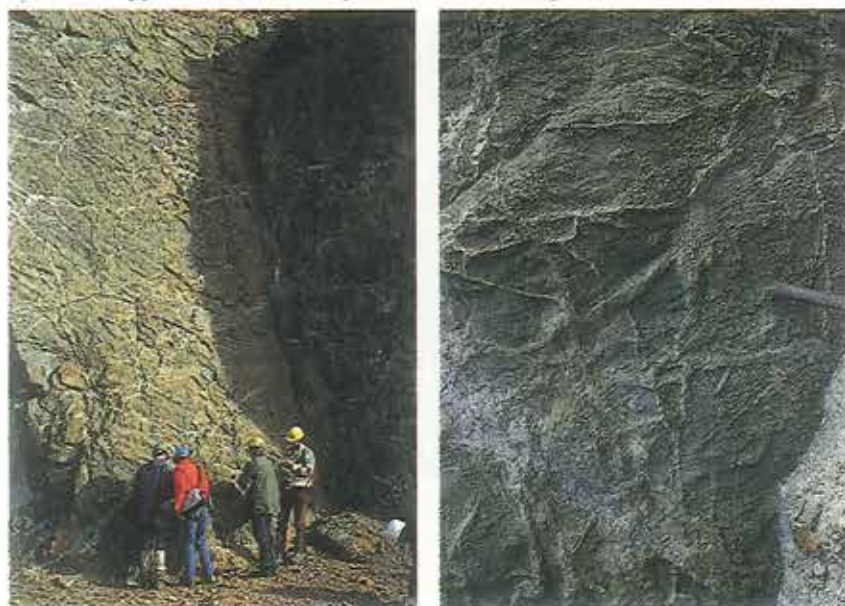
Figur 3. Azna collar åbne brud med ca. 20 meter massiv malm af den bandede type. Malmen udgør den mørke zone under lastbilerne.

Stokværk-malmen med pyrit og kobberkis sidder som årer i stærkt omdannede vulkanske bjergarter og ofte under den massive pyritmalm. Årerne er fra 1-20 cm tykke. Sammen med disse årer er kobberkis fordelt i de samme bjergarter, som stokværket befinder sig i. Denne type malm er i dag den vigtigste kobbermalm i Rio Tinto-området, der er et af Vesteuropas vigtigste kobberproducenter.

Guld- og sølvrige gossanmalme fra Rio Tinto indeholder 2 g/t guld og 50 g/t sølv. Guldet og sølvet fra gossan udvindes kemisk med en cyanid-'oplukning'. Sammen med guld og sølv fra de andre malmtyper produceres der fra Rio Tinto-området hvert år 4 tons guld og 45 tons sølv.

Som berørt er maldannelsen sket på havbunden - måske i 2 km's dybde - i forbindelse med den aktive vulkanske periode, der gav anledning til dannelsen af tuf-bjergarterne. Sådanne malme, der er dannet samtidig med de omgivende bjergarter, kaldes synsedimentære eller syngenetiske. Malmene dannes ved at metallerne transporteres i vandige opløsninger (hydrotermale opløsninger), som stiger op til havbunden - denne proces kaldes exhalativ. Derfor hedder denne type malme også 'marine exhalativ-sedimentære malme' eller 'vulkanogen-sedimentære forekomster', som er dannet synsedimentært. Malmene i stokværk-

systemet er afsat i andre bjergarter, men efter deres dannelse, hvorfor malmene kaldes epigenetiske malme. Stokværk-zonen betragtes som en tilførselskanal for de massive pyritlinser, der er knyttet til bestemte lag.



Figur 4. Stokværkmalm i den oprindelige tilførselskanal under havbunden. Til venstre ses en del af kanalen på afstand, og til højre et nærbillede af samme, San Dionisio malmlegemet i Rio Tinto.

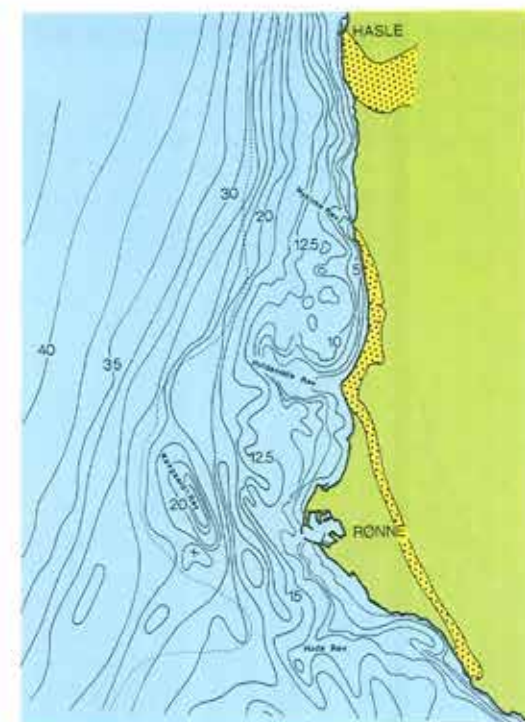
Metallerne stammer fra de underliggende bjergarter. På grund af varme, f.eks. fra den vulkanske aktivitet, begynder vandet i bjergarterne at cirkulere. Under cirkulation til 5-10 km's dybde opløser vandet metallerne i de gennemstrømmede bjergarter og transporterer metallerne op til havbunden, hvor de udfældes og danner malmforekomster. Også i dag kan man iagttage exhalative strømninger ud på havbunden, som regel i begrænsede bassiner, f.eks. fra Røde Havet (Atlantis II-dybet), og fra Stillehavet (East Pacific Rise). Metalafsætningerne vil altid lægge sig i lavninger (depressioner) på havbunden, da de metalførende hydrotermale opløsninger er tungere end det omgivende havvand. Disse afsætningssteder er med til at give malmlegemerne deres linseagtige form og lagbundne struktur og placering, som stadigvæk kan erkendes trods påvirkningerne fra den hercyniske foldning.

Det spansk-portugisiske pyritbælte er en af Europas mest betydningsfulde metalprovinser samtidig med, at det er et af Europas ældste mineområder. I oldtiden blev kun den forvitrede malm (gossan), som er en limonitmalm (jernoxid)

Figur 2. Profilet viser et skematisk SV - NØ snit gennem Rønne Graven (RG) og Bornholm. Tykke mesozoiske lag findes i Rønne Graven, medens der kun er tynde lag på Bornholm. Blå lag er fra Trias og Jura, grønne er fra Kridt. Pilene angiver de bevægelser lagene blev underkastet i begyndelsen af Tertiær.



overfladeformer. I Mesozoisk tid (fra 230 til 65 millioner år siden) udgjorde Rønne Graven vest for Bornholm (se VARV 1985 - 1) og mange andre 'blokke' ved Bornholm et kraftigt indsynkningsområde, hvor der blev aflejret store mængder af sedimenter, flere steder mægtigheder på over 4000 meter! Mange af disse sedimenter blev med tiden hårde - enten fordi de blev presset sammen af de ovenliggende lag og/eller fordi sedimenterne blev kittet sammen af mineraludfældninger fra vandet. Senere - i begyndelsen af Tertiær - blev de mesozoiske lag udsat for tryk, hvilket ses af forkastninger, folder og store hævnninger, se Fig. 2.



Figur 3. Dybdeforhold vest for Bornholm. Ekvidistansen er 2.5 m og tallene angiver dybder i meter. På kortet ses en tydelig sammenhæng mellem odderne langs kysten og Hasle Sandstenen (gult med prikker). Sandstenen fortsætter ud i vandet som revdannelser (Nykirke Rev og Hvidodde Rev).

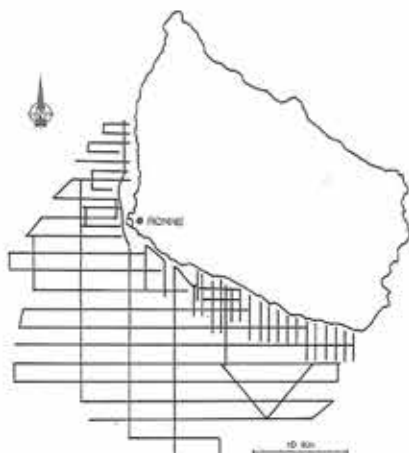
UNDERSØISKE RYGGE

VEST FOR BORNHOLM

Af Niels Erik Hamann

Denne artikel er den første i en række af artikler om den geologiske opbygning sammensætning og dannelse af de mesozoiske lag i havet vest for Bornholm.

Siden 1983 har Fredningsstyrelsen, senere ændret til Skov- og Naturstyrelsen ved kontoret for Havbundsundersøgelser forestået en seismisk undersøgelse samt prøveindsamling i farvandet vest og syd for Bornholm i forbindelse med den almindelige kortlægning af råstoffer på havbunden i de indre danske farvande.



Figur 1. Undersøgelsesområdet syd og vest for Bornholm. De kraftige linier angiver placeringen af de seismiske profiler.

I et 620 km² stort område vest og syd for Bornholm (Fig. 1) er der sejlet ca. 745 km seismiske linier, hvor *ekkolod*, *side scan sonar*, *pinger* og *boomer* har været anvendt (se herom i VARV 1984-1), og endvidere er der optaget mere end 300 prøver fra havbunden til støtte for den geologiske tolkning.

Ved den geologiske kortlægning opdager man ofte, at den strukturelle opbygning af undergrundens bjergarter 'slår igennem' i de yngre lag, så det kan være gamle lags beliggenhed, der præger overfladens former. Dette er særdeles tydeligt på Bornholm (samt i havet vest for), hvor undergrundens lag kun er dækket af tynde yngre lag, der endog mangler stedvis.

I farvandet vest og syd for Bornholm er de mesozoiske lag blottede i store områder, og de har en altdominerende betydning for udformningen af havbundens

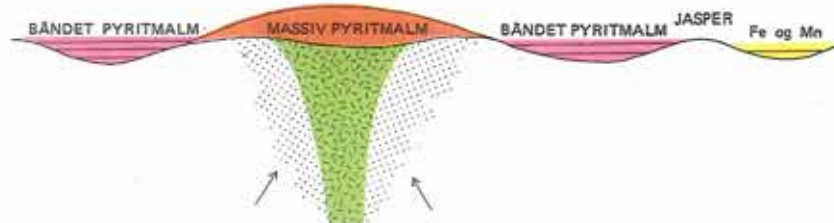


Figur 5. Vue over et af malmbrydningsområderne i Rio Tinto set fra en af de opstillede udsigtsplatforme.



Figur 6. Et af malmbrydningsområderne i Rio Tinto. Øverst ses den karakteristiske rustrøde 'gossan'.

samt den underliggende cementationszone med kobber, bly, zink, sølv og guld brudt. Den dag i dag er gossan-malmen stadigvæk interessant på grund af indholdet af guld og sølv.



Figur 7. Principskitse med placeringen af de dannede malme. Tilførselskanalen indeholder pyrit og chalkopyrit afsat fra hydrotermale opløsninger (ca. 250 - 300°C). De vandige opløsninger omdanner samtidig sidebjergarten i stokværkszonen, f. eks. omdannes feldspat til sericit og amfiboler til chlorit. På havbunden over stokværkszonen afsættes pyritmalm ved omkring 100-150°C. Længere væk fra den massive pyritmalm udfældes jern og mangan. Hvis der er et stort overskud af silicium afsættes jern og silicium sammen som jasper, og mangan fældes som rhodonit. Hvis der er overskud af ilt til stede dannes jern- og manganoxider (hæmatit og pyrolusit) og ved overskud af kultvejlte dannes jernspat og rhodochrosit.

Minedrift og smeltning af malm skete under fönikerne og romernes hersken i Spanien og Portugal, hvorefter minedriften lå stille indtil midten af det nittende århundrede. På den tid udnyttede man kobber fra den berigede cementationszone lige under gossan laget. Kobber blev smeltet ud fra højlødig kobbermalm eller ristet fra pyritholdig kobbermalm. Ved ristning forsvandt pyriten ved, at luftens ilt gik i forbindelse med svovl og dannede svovldioxid, der er en luftart, og tilbage blev kobber og jern, der kan adskilles kemisk. Overskydende jern - "violet malm" blev anvendt som tilskud i smelteovnene.

I en periode på ca. 15 år i sidste halvdel af forrige århundrede var Spanien verdens førende kobberproducent. På omtrent samme tidspunkt fandt man ud af at bruge pyrit til svovlsyrefremstilling. Hidtil havde man anvendt rent svovl fra Sicilien, men den stærkt stigende kemiske industri i Europa kunne sagtens forbruge al den svovlsyre, der blev fremstillet. Siden midten af det sidste århundrede er der brudt 250 millioner ton massiv pyritmalm i pyritbæltet. Reserverne overstiger 1000 millioner t. Den spansk-portugisiske pyritindustri er verdens 3. største - efter USSR og Kina.

Denne subduktionsproces og opsmeltning har foregået i de sidste 4 milliarder år på forskellige steder af Jorden. Gennem de sidste 200 millioner år har subduktionen foregået rundt om Stillehavet, men tidligere har subduktionen foregået alle mulige andre steder på Jorden. Og engang har der også foregået subduktion under Bornholm.

Granit, gnejs og migmatit

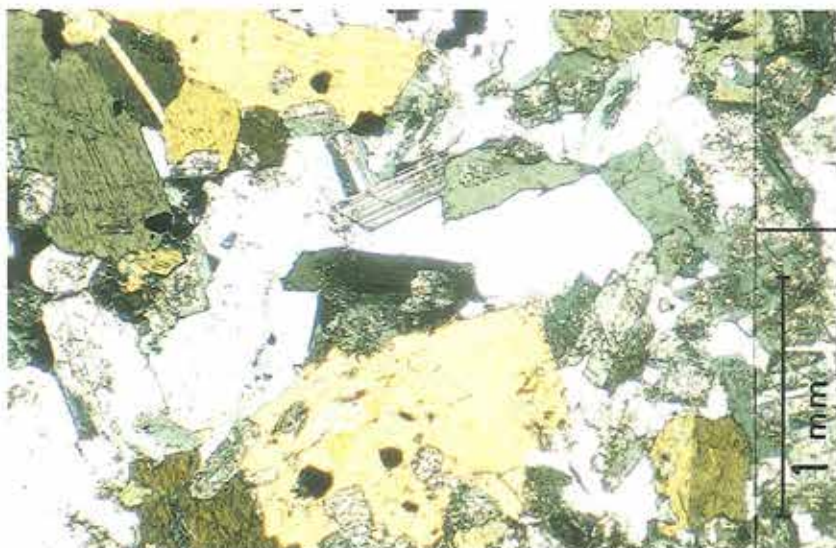
I grundfjeldsområder ser man ofte de tre bjergarter granit, gnejs og migmatit sammen. Gnejsen kan ofte være homogen og minde noget om granit, men i modsætning til granitten har den en struktur, idet f.eks. de mørke mineraler er orienteret parallelt. Denne parallelorientering af mineraler (foliation/liniation) opstår i forbindelse med regionalmetamorfose under en bjergkædedannelse, hvor oprindelige magmatiske bjergarter underkastes høje temperaturer (200 - 600°C) og et retningsbestemt tryk. Udgangsmaterialet for gnejsen kan også være en heterogen bjergartssekvens, i så tilfælde får man en båndet gnejs.

Migmatitter dannes ud fra gnejser, når temperaturen bliver så høj, at gnejsen begynder at smelte op. Det opsmeltede materiale har en granitisk sammensætning og resultatet bliver en blanding mellem en metamorf (gnejs) og en magmatiske bjergart (granit).



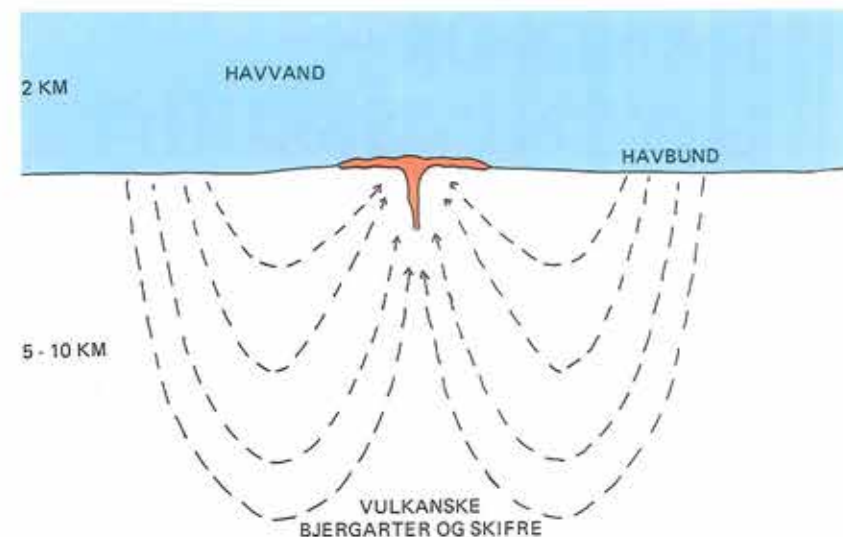
Figur 8. Migmatit. En ældre grå metamorf bjergart (granitisk gnejs) er gennemsat af en lys rød yngre magmatiske bjergart (granitpegmatit), der ses som foldede tynde årer.

hjælp af seismiske bestemmelser af jordskælvscentrene (hypocentre) har man kunnet påvise, at nedsynkningen af gammel oceanbund sker helt ned til 700 km dybde. Det er både oceanbund og den 100 km tykke lithosphære, der befinder sig under skorpen, der synker ned. Under nedsynkningen dannes der jordskælv i lithosphæren og i oceanbunden, og disse jordskælv ophører i 700 km dybde, og definerer, det vi kalder Benioff-zonen. Når der kun dannes jordskælv i den nedsunkne lithosphære - og ikke i den omgivende kappe - så skyldes det, at lithosphæren er kold og stiv, medens kappen er varm og blød.



Figur 7. Tyndslidsbillede af diorit. De store grønne og gullige korn er hornblende (amfibol), medens de hvide korn er feldspater og kvarts.

Geofysiske undersøgelser har vist, at de andesitiske vulkaner nu befinder sig 150-200 km over den nedsunkne oceanbund, eller den subducerede oceanbund, som den også kaldes. Ved at udsætte prøver af oceanbundens basalt for høje tryk og temperaturer i laboratoriet viser det sig, at der dannes smelte med andesitisk sammensætning ved tryk svarende til 150 km dybde. At oceanbunden smelter skyldes, at den omgivende kappe er varm og derfor opsmelter oceanbunden. Efter at en del andesitisk smelte er blevet dannet, begynder den at stige op mod overfladen. Først stiger den op gennem den varme kappe, og der foregår derfor ingen krystallisation og fraktionering. Når den kommer højere op bliver de omgivende bjergarter koldere, mineraler bliver dannet, og der kan nu foregå en fraktionering. Nogle af de andesitiske magmaer bliver fraktioneret, medens andre stiger så hurtigt op, at der ikke kan nå at foregå fraktionering.



Figur 8. Skitse, der viser cirkulationsmodellen for dannelse af den massive sulfidmalm. Det varme vand opløser metalforbindelserne i 5-10 km's dybde og afsætter dem i stokværkszonen eller på havbunden senere hen.



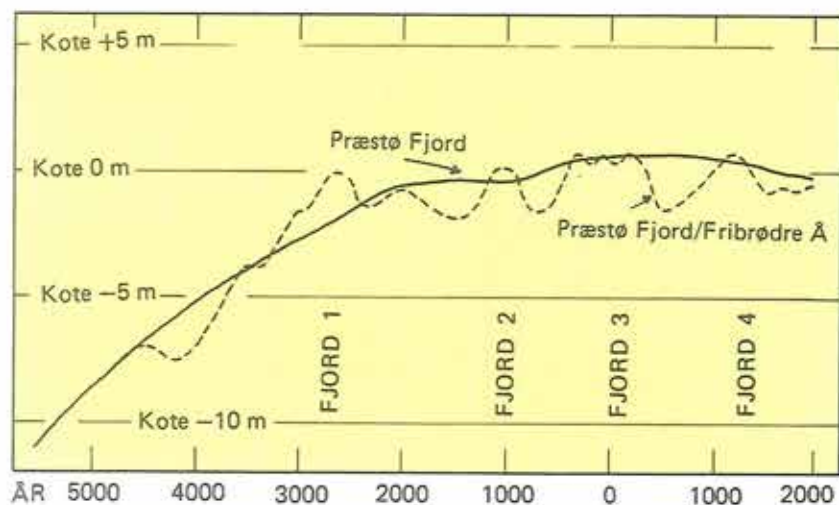
Figur 9. Landskabet bærer præg af de mange års minedrift, specielt i Rio Tinto området, hvor dybe huller og dynger af rustbrune gossan-bjergarter ligger mellem de berømte og smukke hvide andalusiske landsbyer.

STRANDFOR – SKYDNINGSKURVER

Af Erik Maagaard Jakobsen

Som et supplement til artiklen *Fribrødre Å: Geologi i Vikingetid*, Varv 1987/4, er en uddybning af strandforskydningskurver ønskelig.

Der har i tegningen, fig. 11 på side 115, indsneget sig en beklagelig fejl, idet den fuldt optrukne kurve med betegnelsen 'landniveau' ikke repræsenterer landniveau, men strandforskydningskurven for Præstø Fjord. Den stiplede kurve viser den nye fortolkede kurve, der er fremstillet på baggrund af datamaterialet fra Præstø Fjord samt på grundlag af nye informationer fra Fribrødre Å.

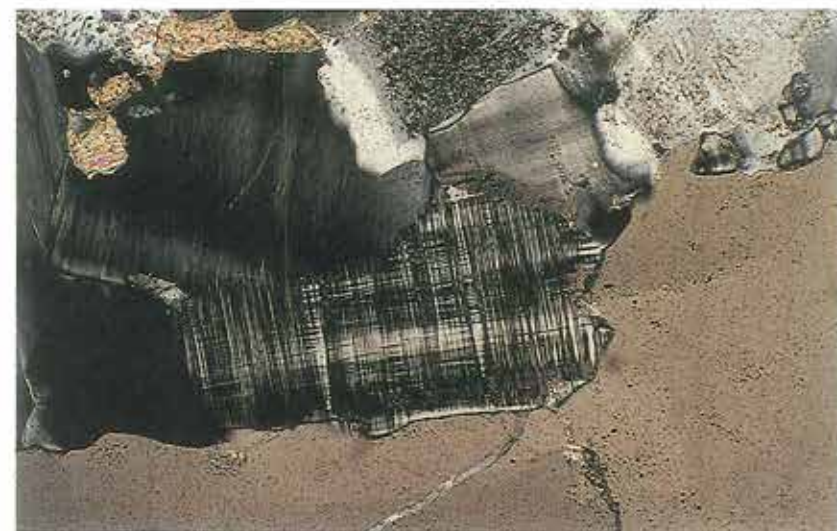


Figur 1. Ny figur til erstatning for figur 11 side 115 i Varv 1987-4. Se iøvrigt teksten.

En strandforskydningskurve viser relative havspejlssvingninger i forhold til landniveau. Landet har hævet sig lige siden istidens gletschere forlod det for ca. 13.000 år siden på Sjælland. Denne landhævning medfører, at ældre strandlinier i dag ligger flere meter over nuværende havniveau.

Havspejlssvingningerne afspejler hovedsagelig ændringer i klimaet, som medfører ændringer i mængden af gletscheris. Ved varmere klima smelter der en stør-

Canada, i Aleuterne, der består af andesitiske vulkaner (VARV 1986-2), samt i Japan, Philipinerne og New Zealand. I Atlanterhavet dannes der derimod ingen andesitter. Denne forskel er ingen tilfældighed, men hører sammen med andesitternes dannelsesmåde, som vi nu skal se lidt på.



Figur 6. Tyndslibsbillede af granit, dybbjergarten svarende til rhyolit. Det grå-brunlige korn nederst er kvarts, medens det 'skakbræt'-mønstrede korn i midten er alkalifeldspat (mikroklin). Øverst ses korn af plagioklas.

Andesit og granits dannelse

Andesitiske magmaer dannes ved opsmeltning af oceanbundens skorpe, der sammen med lithosphæren er blevet subduceret ned under kontinenterne. Oceanbundens skorpe, der er ca. 6 km tyk, dannes ved de midtoceaniske rygge, der strækker sig rundt om hele Jorden. Jordens kappe flyder rundt og danner en konvektionsstrøm. Hvor denne strøm stiger op, dannes der basaltsmelte, idet kappen undergår en opsmeltning på grund af trykaflastningen. Basaltsmelten trænger ud på oceanbunden og opbygger den øverste del af skorpen. På grund af konvektionen i kappen føres oceanbunden væk fra ryggen, hvor den er dannet. Denne bevægelse er langsom, hastigheden er ca. 10 cm om året. Det varer således 10 millioner år for oceanbunden for at bevæge sig 1000 km.

I Atlanterhavet sker der bare det, at oceanbunden bevæger sig udad fra ryggen, samtidig med at kontinenterne flytter sig. I Stillehavet sker der noget helt andet: Her begynder den 50-100 millioner år gamle oceanbund at synke ned. Ved

nenterne er 0-500°C varme i deres øverste del. Magmaet afkøles derfor, når det passerer de kølige kontinent bjergarter, og denne afkøling bevirker en krystallisation af mineraler. Krystallerne, der dannes, synker ned gennem magmaet, der således mister de grundstoffer, der findes i mineralerne. Derfor ændres magmaets sammensætning, og man kalder denne ændring og krystallernes nedsynkning for fraktionering.

Som regel er det plagioklas, der udkrystalliserer først, og når en del plagioklas er sunket ud af magmaet, har dette ændret sig i kemisk sammensætning og er blevet til et dacitisk magma.

Udbredelsen af graniter

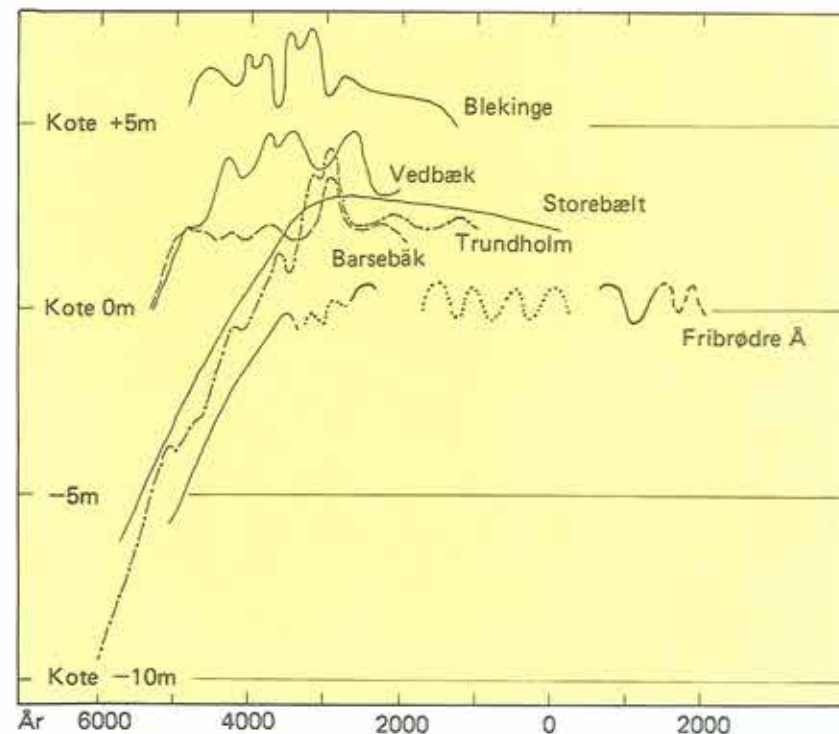
Kontinenterne består for det meste af granitiske bjergarter. Den mest udbredte granitoide bjergart er granodiorit, der f.eks. kan ses ved Rønne. Granitterne danner kernerne, eller de oprindelige dele af kontinenterne, der kaldes for grundfjeld. Det granitiske grundfjeld er for det meste fra 3 til 1/2 milliard år gamle. Kontinenterne er vokset langsomt i løbet af Jordens udvikling, og der dannes i dag stadigvæk granit. I løbet af de sidste 200 millioner år er der blevet dannet granitter i et område rundt om Stillehavet, d.v.s. i det vestlige USA og



Figur 5. Vulkanen Scandielmas, der er en lille andesitvulkan i South Sandwich Islands øgruppen tæt ved Sydpolen. Vulkanerne i dette område er dannet af andesitmagma, der er steget op fra en subduktionszone. Når der dannes et nyt kontinent, sker det først ved dannelsen af andesitvulkaner, så billedet viser, hvordan et kontinent ser ud i sin allertidligste form.

re mængde is, hvilket medfører en stigning i havniveauet. Omvendt bindes der mere is i gletscherne, når klimaet bliver koldere.

Når der kan spores en transgression af havet ind over land, betyder det, at havniveauet stiger hurtigere end landet hæves. Når der spores en regression, hvor havet trækker sig tilbage fra visse landområder, betyder det, at havniveau sænkes - eller at landet hæver sig. Disse forhold gør det temmelig vanskeligt at drage entydige konklusioner ud fra en strandforskydningskurve.



Figur 2. En sammenstilling af strandforskydningskurver fra forskellige lokaliteter i Danmark og Sydsverige i forhold til nuværende havniveau. Den her viste kurve for Fribrode Å er ganske ny, fremlagt ved det Geologiske Vintermøde i januar 1988 af Charlie Christensen. De prikkede dele af kurven angiver tidsafsnit, hvorom der ikke foreligger oplysninger.

Ved en sammenligning mellem de forskellige strandforskydningskurver fra Danmark og Sydsverige ses et vist sammenfald mellem de tidspunkter, de enkelte transgressionsfaser falder på. Der kan dog ikke foretages en helt entydig korrelation mellem alle de registrerede faser. En af forklaringerne herpå kan være

forskellige metoder ved korrigeringen af kulstof-14 dateringerne. Også forskel i det materiale, der dateres, spiller ind.

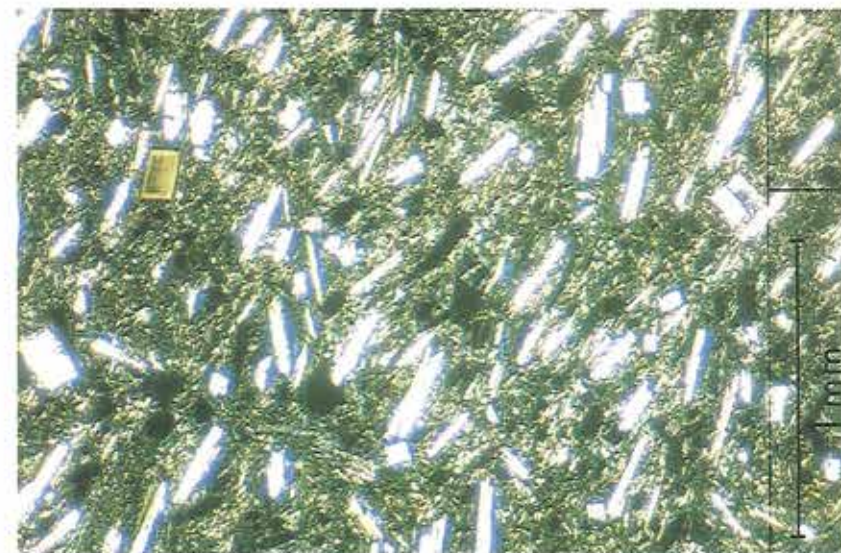
En forklaring på de registrerede forskelle i strandforskydningskurverne kan være, at der er sket lokale ændringer i landhævningen. Disse ændringer skyldes neotektoniske bevægelser langs gamle forkastninger. Undergrunden i Danmark er opdelt i større og mindre blokke, afgrænset af forkastninger. Det kan være forskellig bevægelse af disse blokke, der medfører lokale ændringer i hævnings-takten.

Når man sammenligner f. eks. kurven fra Trundholm Mose i Nordvestsjælland med kurven fra Vedbæk (nord for København) og ser på afstanden mellem kurverne til forskellig tid, ser man, at omkring 5.000 f.Kr. er der en niveauforskel på 6 m, omkring 4.000 f.Kr. en niveauforskel på 4 m, og omkring 3.000 f.Kr. er der sammenfald i niveauerne. Dette viser, at Vedbæk-området på de 2.000 år har hævet sig ca. 6 m mere end Trundholm-området. Vedbæk-området ligger på en blok i undergrunden ved Alnarpdalen i nord og Sønderødalen i syd, og tæt på den fennoskandiske randzone. Ud fra kurverne ses det, at bevægelserne især er knyttet til tidsrummet 5.000-3.000 f.Kr., idet kurverne både før og efter dette tidsafsnit stort set er parallelle. Det er dog vanskeligt at udtale sig om tidsrummet efter 2.000 f.Kr.

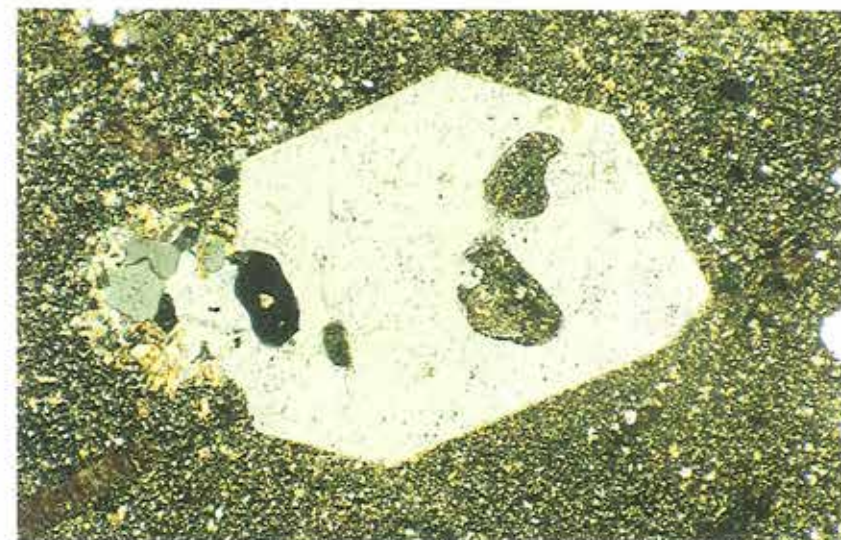
Konklusionen er, at der i Stenalderen har været betydelige bevægelser af jordskorpen - helt op til 6 meter, disse bevægelser kan være sket i spring, måske i forbindelse med jordskælv. De tektoniske bevægelser i Danmarks undergrund mellem 5.000 og 3.000 f.Kr. giver det ekstra moment, at en regression i et område ikke behøver at betyde en sænkning af havniveau, det kan lige så godt være en tektonisk hævn af området.



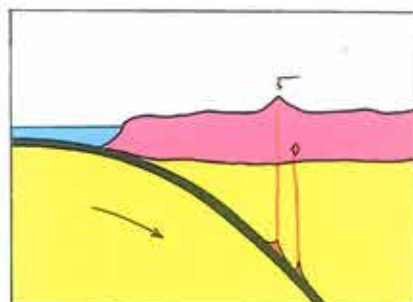
Figur 3. Kurver der viser landhævningen i metre i de sidste ca. 8000 år. (Efter E. L. Mertz, 1924). Nogle af de lokaliteter, der er nævnt i teksten, er indsat på kortet: V = Vedbæk, S = Storebælt, T = Trundholm Mose, B = Barsebæk og F = Fribrode Å.



Figur 3 Tyndslibsbillede af andesit. Lister af plagioklas ses i en meget finkornet grundmasse. Det brunlige korn til venstre i billedet er et pyroxenkorn.



Figur 4 Tyndslibsbillede af en rød østersø-kvartsporfyr (en rhyolit). Der ses en meget stor krystal af kvarts.



Figur 2. Andesit-vulkaner og granit-smelter (røde) kan dannes ved subduktion af oceanbund (sort). Jordens kappe er vist med gult og kontinentet med rosa.

Zirkonen er specielt interessant, idet den indeholder uran og bly, og kan derfor bruges til aldersdatering (se VARV 1987-3). Ved at bestemme zirkons alder i forskellige granitter verden over har man været i stand til at bestemme kontinenternes udvikling siden Jordens dannelse. Kontinenterne består nemlig hovedsagelig af granitiske bjergarter. Den ældste zirkon, der indtil nu er fundet, er 4.1 milliarder år gammel. Den ældste bjergart, der er kendt fra Grønland, er 3.9 milliarder år gammel, medens Jorden selv er 4.57 milliarder år gammel. Granit har således været dannet næsten fra Jordens begyndelse.

På Bornholm findes mest granitter, men andre steder kan man også finde de bjergarter, granit er dannet ud fra. De findes dels som intrusive bjergarter og dels som lavaer. De intrusive bjergarter er dannet ved, at et magma under højt tryk trænger ind og størkner dybt nede i Jordens skorpe. Intrusioner dannet af granit kan være meget store. Den længste granitintrusion er 2000 km lang, men oftest er granitintrusioner 5 x 10 km i areal og mellem 2-6 km i højden. Det er faktisk et helt hav af magma, der størkner og danner en sådan intrusion.

Granit tilhører en bjergartsserie, hvis lavaer har følgende navne:
andesit - dacit - rhyolit
og de tilsvarende intrusive bjergarter kaldes:
diorit - granodiorit - granit

Andesitten er den mest primitive af disse bjergarter. Det andesitiske magma er, som vi skal se, dannet i Jordens subduktionszoner. Dacitten er dannet ved fjernelse af krystaller (fraktionering) fra andesitten, og granitten ved fraktionering af dacitten.

Fraktionering er en simpel proces, der finder sted i de fleste magmaer, og kan forklares på følgende måde:

Andesitiske magmaer dannes oprindeligt i ca. 150 km dybde ved opsmeltning af oceanbunden, der er subduceret (gledet ned) i denne store dybde. Magmaet stiger efter sin dannelse op mod overfladen, fordi det er lettere end den omgivende kappe. Den øverste del af kontinenterne er ret kold i forhold til andesitmagmaet, - andesitmagmaet har en temperatur på omkring 1300°C, medens konti-

TRÆER PÅ NORDPOLEN

Af Ole Bennike

Som nævnt i VARV 1986-1 voksede der for ca. 2 millioner år siden træer ved Kap København i det nordligste Grønland. Kap København ligger blot 800 km fra Nordpolen, i Peary Land, der er jordens nordligste landområde.

Rester af træerne findes i den øverste del af Kap København Formationen, i aflejringer af gråhvidt, velsorteret kvartssand med lejlighedsvis lag af tungsand, og nu og da i tilknytning til lag med skaller af marine muslinger. Veddet er meget velbevaret og stadigvæk elastisk. Der er ingen steder fundet træer stående på roden, hvor træstammer er set i sedimenterne, ligger de ned og følger lagdelingen - de er aflejret som drivtømmer. Som regel er træerne eroderet frem og ligger på overfladen af Kap København Formationen. Træerne har været udsat for forskellig grader af erosion under deres transport fra voksestedet til aflejringsstedet: normalt mangler grene og bark fuldstændigt, kun selve stammen med de

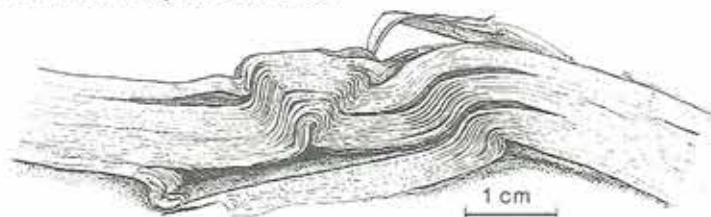


Figur 1. En velbevaret træstamme stikker ud af sedimentet. Den frigravede del er mørk af humusstoffer, mens den lyse del er solbleget gennem længere tid. På grund af den lave temperatur angribes træet næsten ikke af råd. Det kan være svært at forestille sig dette landskab fyldt med træer.

basale dele af rødderne er tilbage. I nogle tilfælde er dele af grenene dog bevarerede, og det ses da, at de uden undtagelse er bøjet nedad, hvilket må være et resultat af snebelastning om vinteren. Træerne har formodentlig vokset på beskyttede steder, hvor sneen, som der må have været rigelig af, er føjet sammen.

Det træk, der først falder i øjnene, er træernes størrelse. De er så små, at de fleste næppe kan kaldes træer - men hvad er et træ? Normalt defineres et træ som en høj vedplante med stamme og krone. Både 2, 4, 5, 6 og 8 meter har været brugt som minimumshøjde. Det største stammestykke fra Kap København er 460 cm langt og 18 cm i diameter, mens det næststørste stykke er 335 cm langt og 16 cm tykt. Men stammestykker mere end 10 cm i diameter er sjældne, så det kan fastslås, at træerne var meget små, ofte snarere af busk-størrelse. Mange af træerne er forkrøblede, og et enkelt krybende individ er fundet.

Kap København Formationen har været overskredet af gletschere, hvilket dels fremgår af, at formationen overlejres af gletscherflejringer, dels af at mange profiler viser foldede lag og overskydninger. Omtrent halvdelen af de fundne træstykker er presset sammen af gletschere, hvorved de er blevet foldede. Figur 2 viser sådan et stykke foldet træ.



Figur 2. Et stykke træ, der er blevet foldet. Linierne i folden repræsenterer kun nogle af årringene. Tegner: Christian Rasmussen.

Mange af træstykkerne viser gnav af insektlarver. De fleste borer er af tømmerbukke desuden forekommer borer af træhvepse, barkbiller og pragtbiller. Sidstnævnte er også repræsenteret af dækvinger i de sedimenter, som stammerne ligger i. Ingen af disse insektgrupper lever i dag i Grønland, da de er intimt knyttet til trævækst.

Når stammerne saves igennem og tværsnittet poleres, kan de markante årringe studeres. De varierer en del i tykkelse, men er generelt meget smalle (Fig. 3), hvilket viser, at vækstforholdene har været marginale. I tykkelse svarer det til forholdene ved nutidige trægrænser, uanset om der er tale om kuldebestemte (arktiske og alpine) eller tørkebestemte (stepper, ørkener) grænser.

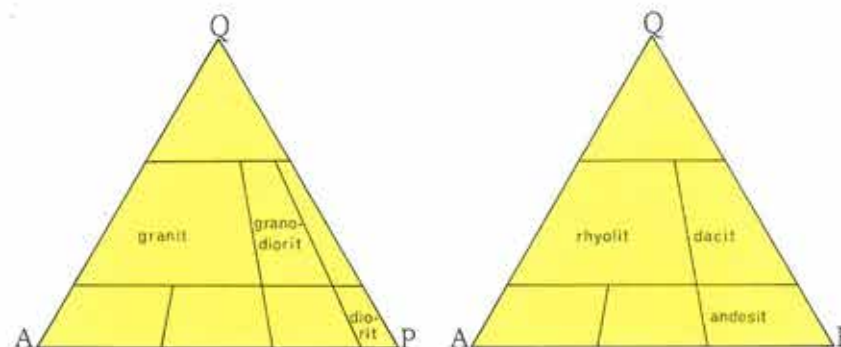
Men hvad er det så for træarter, der har vokset i nærheden af Kap København? For at bestemme det er der anvendt to metoder, nemlig bestemmelse af selve veddet ud fra dets anatomi, og bestemmelse af de kogler, frø, nåle og kviste fra

GRANIT

af Sven Maaløe

Granit er en lys bjergart. Farven kan være hvidlig, lys grå eller rød. Den findes over hele Skandinavien, og kendes i Danmark især fra ferieøen Bornholm. Som de fleste andre bjergarter består granit af flere mineraler, som regel 4-5, nemlig: plagioklas ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-NaAlSi}_3\text{O}_8$), alkalifeldspat (KAlSi_3O_8), kvarts (SiO_2), biotit ($\text{K}_2\text{Fe}_6(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH})_4$), og zirkon (ZrSiO_4).

Plagioklasen er som regel hvid eller grålig, mikroklinen (alkalifeldspat) er næsten altid rød, medens kvartsen er grålig og glasagtig. Biotiten (mørk glimmer) er let at kende, da den oftest danner sorte 'peberkorn' imellem de andre mineral-korn. Zirkonen kan derimod som regel slet ikke ses med det blotte øje, da kornene er for små, men de kan tydeligt ses i mikroskop.



Figur 1. Den øverste halvdel af klassifikationsdiagrammerne for magmatiske bjergarter med mindre end 90 % mørke mineraler (se VARV 1985-3). Spidserne af trekanterne svarer til 100 % af det pågældende mineral, mens den modstående side repræsenterer 0 %. Til venstre ses diagrammet for plutonitter og til højre diagrammet for vulkanitter.

A: alkalifeldspat, Q: kvarts og P: plagioklas. Udgør mængden af kvarts mindre end 20 % af de lyse mineraler, befinder bjergarten sig mellem 0 %-linien (A-P) og 20 %-linien, har den mellem 20 og 60 % kvarts er den placeret mellem 20 % og 60 % linien. Feldspaternes indbyrdes forhold bestemmer dernæst, hvor bjergarten iøvrigt skal placeres. I granit f.eks. udgør alkalifeldspat mere end 35 % af den totale mængde feldspat.

Anmeldelse:

GEOLOGI I AALBORGOMRÅDET Råstoffer - Fundering - Vandindvinding

Ole Berthelsen (Danmarks Geologiske Undersøgelse). I kommission hos C.A. Reitzels Forlag (København) og Viggo Madsens Boghandel (Aalborg). Indbundet, 99 sider, pris: 175 kr.

Geologi på tryk er så mange ting - lige fra den indforståede afhandling for specialisten til den bredeste popularisering tiltænkt en stor læserskare. Men en fremstilling, som i "menneskesprog" skildrer en egnens geologi og følger denne op som grundlag for egnens erhvervsliv med støtte i arkæologiske og historiske kilder er under alle omstændigheder mere sjælden - desværre.

Dr.phil. Ole Berthelsen er med denne pragtbog helt indlysende den rette efterfølger for Ellen Louise Mertz, som efter et mangeårigt virke ved D.G.U. begyndte at beskrive de geologiske forhold i en række byer. Tiderne ændrer sig, og forfatteren har valgt at udvide feltet ved også at præsentere råstofudnyttelse, funderingsproblemer og vandindvinding i historisk belysning - et lykkeligt valg.

Den ændrede stil kunne rette sig mod mange kommunale aktiviteter, som i stærkt stigende grad kræver kendskab til de lokale geologiske forhold, og viden om egensudviklingens afhængighed af naturen må være helt selvfølgelig for beslutninger i fredningssager. Uanset et muligt sigte er der ikke noget steds i teksten nogen hævet pegefinger. Fremstillingen er helt igennem nøgtern - men geologi, mennesker og kultur smelter sammen i en varm helhed, som på bedste vis forstærkes af en rig palette af illustrationer.

Til hjælp for læseren bringes mange geologiske kort i farver, udsnit af nyere og ældre bykort, og endelig et væld af fotografier af nærmest nostalgisk karakter skildrende et Aalborg, som vil være ukendt for de fleste i dag. Især fotografierne bringer menneske og geologi sammen - f. eks. billedet fra Loftbro teglværk 1904 med teglværksarbejderne og deres mange børn, eller Rømer's kridtpiber (ældste industrivirksomhed i Nørresundby, grundlagt 1772).

Den geologisk-relaterede virksomhed i området rækker fra Yngre Stenalderens flintminer til vandboringen fra i forgårs, og i historiens gang har Aalborgområdet set 14 teglværker, 5 cementfabrikker og 1 kridtpibefabrik.

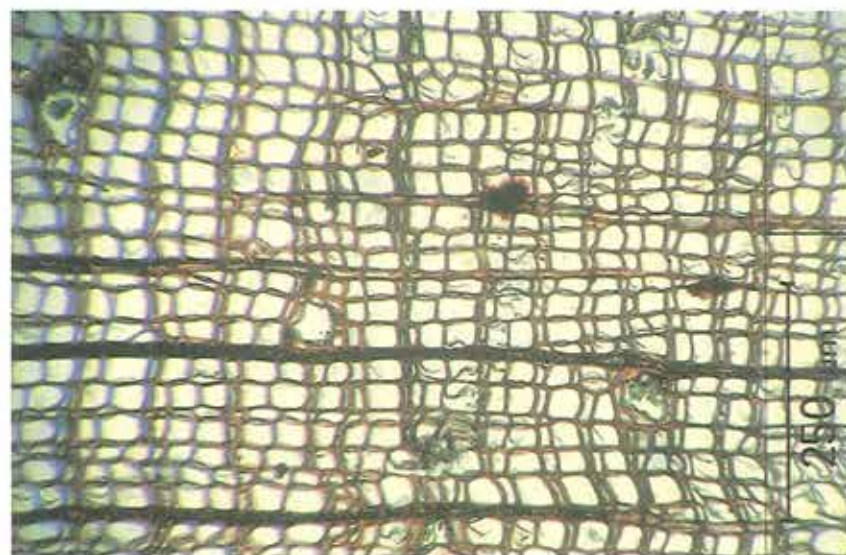
I ældre tid skaffede ærerne den fornødne vandmængde året rundt. Men allerede i Middelalderen var forureningen et problem, hvorfor det kunne foreslås, at "man skulle koge vandet 2 gange, derefter smide det ud og drikke øl istedet". Som man ser, har bogen også plads til det anekdotiske stof.

Denne bog er uden videre snak noget for alle geologi-interesserede i det nørrejyske, men må efter anmelderens mening appellere stærkt til alle andre, der ønsker at vide noget om det komplicerede spil mellem natur og menneske. Bogen er rigeligt prisen (= 7 pakker cigaretter) værd!

En række "bygeologier" af denne art ville tilsammen udgøre en hel Danmarks Geologi for alle, og man må ønske, at Ole Berthelsen fortsætter ad samme vej.

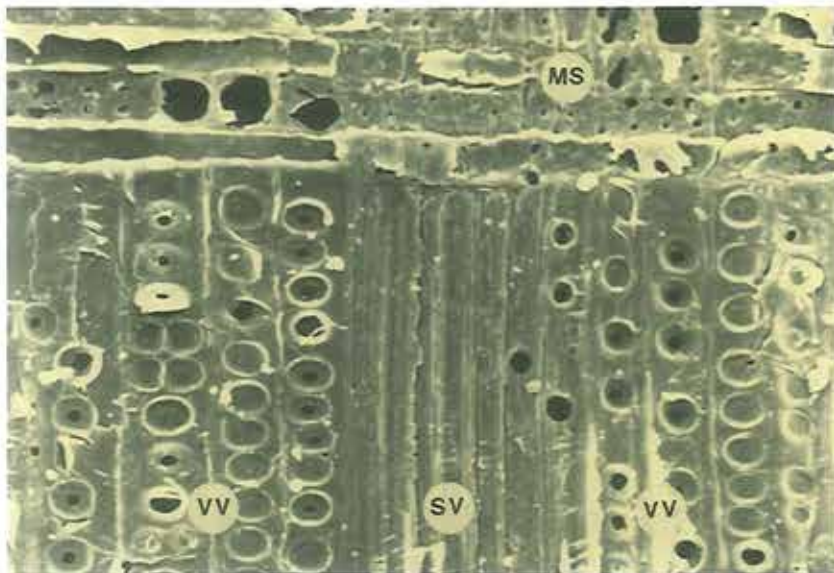
Valdemar Poulsen

de organisk-holdige lag, der ofte findes i forbindelse med fund af træstammerne. På trods af at veddet er ca. 2 millioner år gammelt, er cellevægge og deres småstrukturer velbevarede. Til vedundersøgelserne fremstilles både tynde tværsnit, radiære og tangentielle snit med et barberblad, og derefter analyseres celletyper og deres placering, porer imellem cellerne og om der er harpikskanaler (Fig. 3 og 4). Først adskilles ved af løvtræ fra ved af nåletræ - løvtræ har kar som er opbygget af lange serier af brede, korte celler, der er adskilt af perforerede endevægge. I materialet fra Kap København er der kun fundet 2 arter af løvtræ, nemlig birk og pil, og de kan let adskilles ved forskelle i perforationen, generelt gælder det, at løvtræer er meget forskellige, mens nåletræer er mere ensartede. Der er fundet fire arter af nåletræer, nemlig lærk, gran, thuja og taks. Thuja og taks mangler harpikskanaler, og taks kendes let på, at cellevæggene har skruefortykkelser. Gran og lærk er meget forskellige morfologisk set, blandt andet er lærk det eneste løvfældende nåletræ, men i vedanatomi er de næsten ens, men en række små, mere eller mindre sikre forskelle muliggør ofte en nogenlunde sikker bestemmelse. De vedanatomiske undersøgelser har givet 76 stykker lærkeved, 22 stykker granved og et stykke ved af birk.



Figur 3. Mikroskopbillede af tværsnit af lærkeved med meget små ringe, der hver for sig kun består af 2-3 lag celler. Der ses også enkelte harpikskanaler.

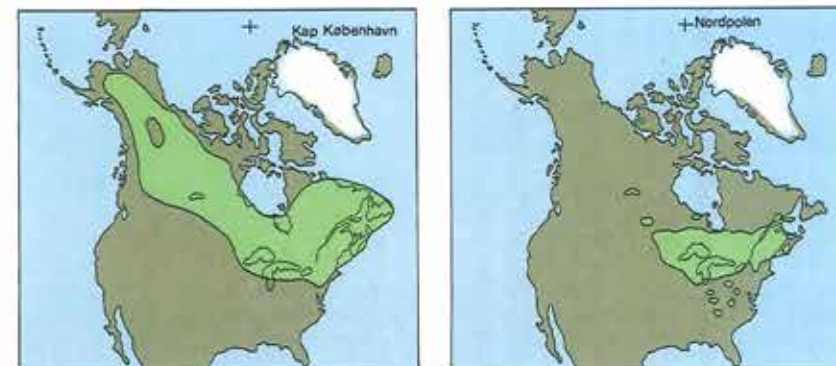
Desværre er det ikke muligt at bestemme ved til artsniveau. For at nå en nærmere bestemmelse, er andre rester af træerne undersøgt. Granen er således bestemt på grundlag af nåle. Størrelse og form af grannåle afhænger af vækstfor-



Figur 4. Radialt længdesnit af lærk set i scanning elektron mikroskop. VV: Vårved med store porer, SV: Sommerved uden porer og MS: Marvstråle opbygget af celler, der fra marven løber ud til barken. Forstørrelse: 360 gange.

hold og af placeringen på træet. Anatomisk er de mere ensartede. Grannålene fra Kap København kan bestemmes til sortgran, bl.a. fordi de indeholder to harpikskanaler. Som mange af de andre fundne planter fra Kap København Formationen vokser sortgran i dag i det nordligt tempererede (boreale) nåleskovsbælte i Nordamerika (Fig. 5). Lærken (Fig. 6) derimod, er meget forskellig fra den lærkeart, der dominerer i Nordamerika i dag, den tilhører en uddød art. Birken kan ikke bestemmes nærmere, mens thujaen (Fig. 6) på grundlag af blade og kogler kan bestemmes til almindelig thuja, der i dag vokser vildt i det østlige Nordamerika (Fig. 5).

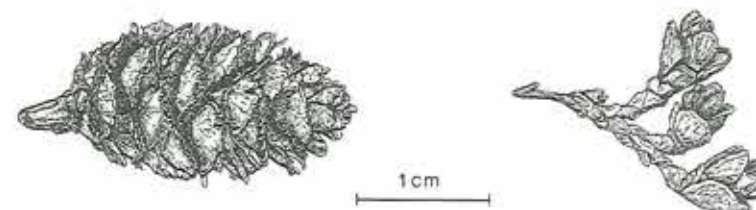
Man kan undre sig over, at trævækst har været mulig så langt mod nord, hvor polarnatten er 4 måneder lang. For 2 millioner år siden lå Kap København kun ca. en breddegrad (ca. 100 km) sydligere end i dag. Ser man imidlertid på trægrænsen i dag, falder den stort sammen med isothermen (kurven) for 10°C for juli måned. Om vinteren går træerne i dvale, og denne periode er derfor næsten uden betydning for trægrænsens forløb. I det nordøstlige Sibirien, hvor vintrene er specielt kolde, langt koldere end i det træløse Grønland, vokser der således lærkeskov.



Figur 5. Kap Københavns beliggenhed og den naturlige, nuværende udbredelse af sortgran (venstre) og almindelig thuja (højre). Tegner: Birte Christensen.

Fra Nedre Tertiær kendes der en række arter fra det arktiske område. På den tid voksede platan, valnød, eg og andre løvtræer i området, visende at klimaet var varmt tempereret. Det har været foreslået, at det varmere klima ved polerne kunne skyldes, at Jordens rotationsakse havde mindre hældning end i dag. Men derved ville perioden med midnatssol blive tilsvarende kortere og sommeren derfor koldere. Da sommeren netop er den kritiske årstid for træernes vækst, forekommer denne forklaring usandsynlig. Samtidig ville vinteren blive mildere og mørketiden kortere, men for træer i dvale er disse forhold dog uden den store betydning.

I Nedre Tertiær var kontinenternes fordeling anderledes end i dag, og bjergkæderne var lavere. Denne anderledes geografi har utvivlsomt påvirket klimaet, og var der et højere kultveilte-indhold i luften - som det antages af flere - kunne der have været en drivhuseffekt. Måske har det også gjort sig gældende i Øvre Tertiær. Et forhøjet kultveilte-indhold i atmosfæren kan også virke direkte ind på planternes vækst, idet de netop gennem fotosyntesen bruger kultveilte til at opbygge organisk stof. Det er faktisk antydnet, at den forhøjelse af koncentrationen af kultveilte, vi har oplevet i de senere år, bevirker, at træer i visse subalpine områder forøger deres tilvækstrate.



Figur 6. Vandrullet kogle af lærk og kvist af thuja med skælformede blade og små kogler. Tegner: Christian Rasmussen.