

DET ARKTISKE OCEAN

af Hans Christian Larsen

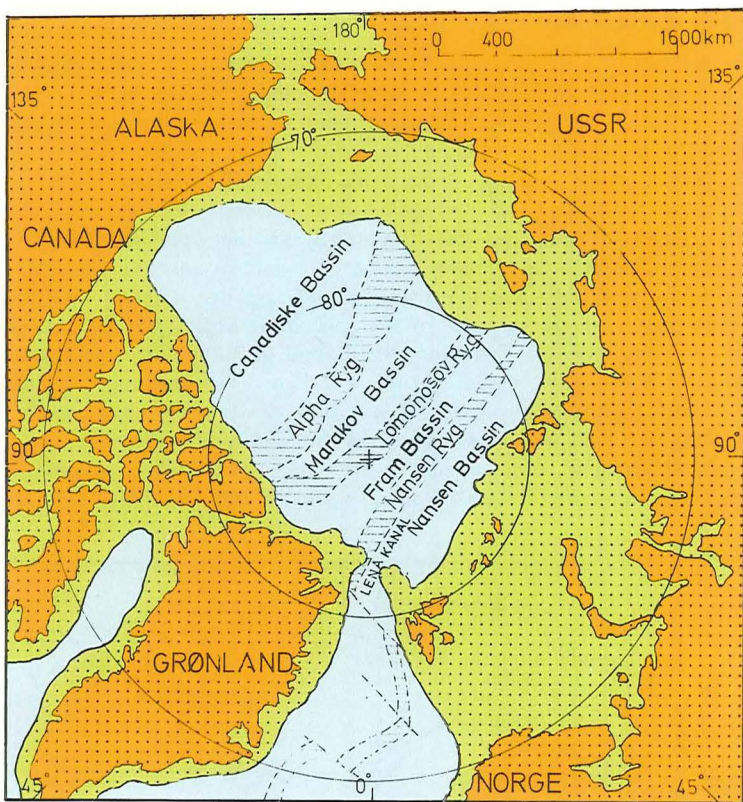
I denne tredie, og foreløbig sidste artikel om oceanernes dannelse skal vi beskæftige os med det Arktiske Ocean, som sammen med for eksempel det Caribiske hav tilhører en gruppe af mindre oceaner, i modsætning til de store oceaner som for eksempel Stillehavet, Atlanten og det Indiske Ocean.

Vor viden om dannelsen af det Arktiske Ocean er endnu temmelig mangelfuld, dels på grund af de barske klimatiske forhold og det udbredte isdække, der umuliggør konventionelle undersøgelser fra skib, og dels fordi forholdene i store dele af området synes temmelig komplicerede. Selv om området næppe kan betegnes som et "hvidt område" i videnskabelig forstand, så er der dog mange uløste spørgsmål, og netop nu planlægges en ny fælles amerikansk, canadisk, norsk og dansk ekspedition til at løbe af stabelen i foråret 1979. Denne ekspedition, "FRAM 1" - ekspeditionen, opkaldt efter Fridtjof Nansens skib FRAM, vil på en stor isflage opbygge en videnskabelig station, hvorfra biologer, oceanografer, geofysikere og geologer kan arbejde. Isflagens naturlige drift vil gøre det muligt at udforske betydelige dele af oceanet.

DET ARKTISKE OCEANS DYBDEFORHOLD

Før vi går videre med selve den geologiske og geofysiske udforskning af det Arktiske Ocean skal vi se lidt på dybdeforholdene. En meget forenklet gengivelse af dybderne er gengivet i figur 1. Fastlandsområderne fremstår her i brunt, de lavvandede shelfområder og tilgrænsende overgangszoner i grønt og de oceaniske områder i blå. Endvidere er tre markante rygge vist med skraveret signatur.

To forskellige og karakteristiske forhold vedrørende det Arktiske Oceans dybdeforhold ses tydeligt i figur 1: (a) Nansen Ryggen, Lomonosov Ryggen og Alpha Ryggen deler oceanet op i en række mindre bassiner, og (b) det Arktiske Ocean har kun én dyb forbindelse, Lena Kanalen med de omliggende oceaner. Den dybe kanal, der iøvrigt rummer den største havdybde, der er målt i det arktiske område (5570 meter), virker som det eneste effektive "afløb" fra det Arktiske Ocean, og betinger blandt andet den kolde østgrønlandske polarstrøm, hvis eksistens og møde med den sydfra kommende varme golfstrøm er med til at give det ustabile vejrlig, der præger størstedelen af det nordatlantiske område.



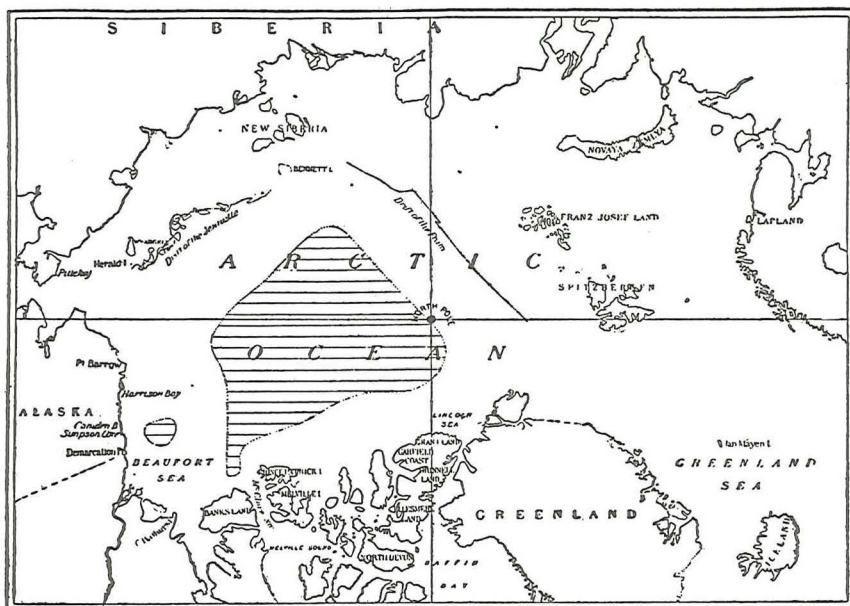
Figur 1. Landområder (brune) og shelfområder (grønne) er begge vist med prikket signatur. De oceaniske områder har blå farve, og de tre markante rygge i det Arktiske Ocean, samt den Nordatlantiske Ryg, er vist med vandret skravering.

Den laveste vanddybde der er iagttaget over de tre rygge er 954 meter (Lomonosov Ryggen), mens vanddybder på mellem 1500 meter og 2500 meter er mere almindelige over de to andre rygge. Det er endvidere karakteristisk, at Lomonosov Ryggen er forholdsvis flad, hvorimod de to andre rygge mere har karakter af undersøiske bjergkæder med et ujævnt relief.

Det Canadiske Bassin og Marakov Bassinet danner tilsammen det såkaldte Ameriasiske Bassin, og Fram - Nansen bassinerne tilsammen det Euroasiske Bassin. De maksimale havdybder i hvert af disse delbassiner ligger mellem 4000 meter og 5000 meter.

UDFORSKNINGEN FØR OG NU.

Rækken af ekspeditioner til de polare områder er omfattende, men egentlig kun ganske få har haft et egentlig videnskabelig sigte - ud over at nå langt mod nord. Blandt ekspeditionerne i det nordpolare område er der grund til at fremhæve Fridtjof Nansens "FRAM - ekspedition" i 1904. Nansen og hans folk lod sig, ombord på skibet FRAM, fryse inde i isen i polarbassinet i nærheden af Berings Strædet (se figur 1), og drev derefter med isen tværs igennem den del af polbassinet, der idag er opkaldt efter ekspeditionen, Fram- og Nansen Bassinet. Undervejs gjordes en lang række observationer vedrørende is og vejrforhold, og der udførtes målinger af dybdeforholdene og de oceanografiske forhold iøvrigt (strømme, vandtemperatur og saltholdighed). Nansens videnskabelige materiale, der først skulle overgås i årene efter anden verdenskrig, var enestående, og gjorde op med den den gang fremherskende forestilling om et sammenhængende arktisk kontinent, idet entydige oceaniske forhold med dybder mellem 2000 meter og 4000 meter blev påvist i store dele af området. Jagten på et mindre arktisk kontinent (se også figur 2) fortsatte dog efter Nansens Fram -



Figur 2. Kort over nordpolsområdet fra National Geographical Magazine, 1904. Det skraverede areal viser det formodede arktiske kontinent. Bemærk at Nansens drift rute med "Fram" er indtegnet.

ekspedition, således er vor landsmand Einar Mikkelsen i 1906 ude og lede efter ukendt land, som det hedder i hans egen beretning, i området nord for Alaska. "Landet" viser sig dog at være store "is-øer", der er mørkefarvede på grund af et stort indhold af sten og grus. Idag kan vi fastslå, at der ikke findes fastland i polarbassinet nord for Kap Morris Jesup, Grønlands nordspids.

Som før nævnt kom der først rigtigt skub i udforskningen af det Arktiske Ocean i årene efter anden verdenskrig, men allerede inden da var diskussionen omkring dannelsen af dette i gang.

I 1949 opdagedes Lomonosov Ryggen, en meget markant ryg med en minimal havdybde på kun 954 meter. I midten af 50'erne opdages de to andre rygge, Alpha Ryggen med en minimal vanddybde på cirka 1800 meter, og Nansen Ryggen der når op til cirka 1500 meter under havniveau (navngivningen af disse rygge varierer noget, således kaldes Nansen Ryggen til tider for Gakkel Ryggen, og Alpha Ryggen for Alpha-Mendeleyev Ryggen).

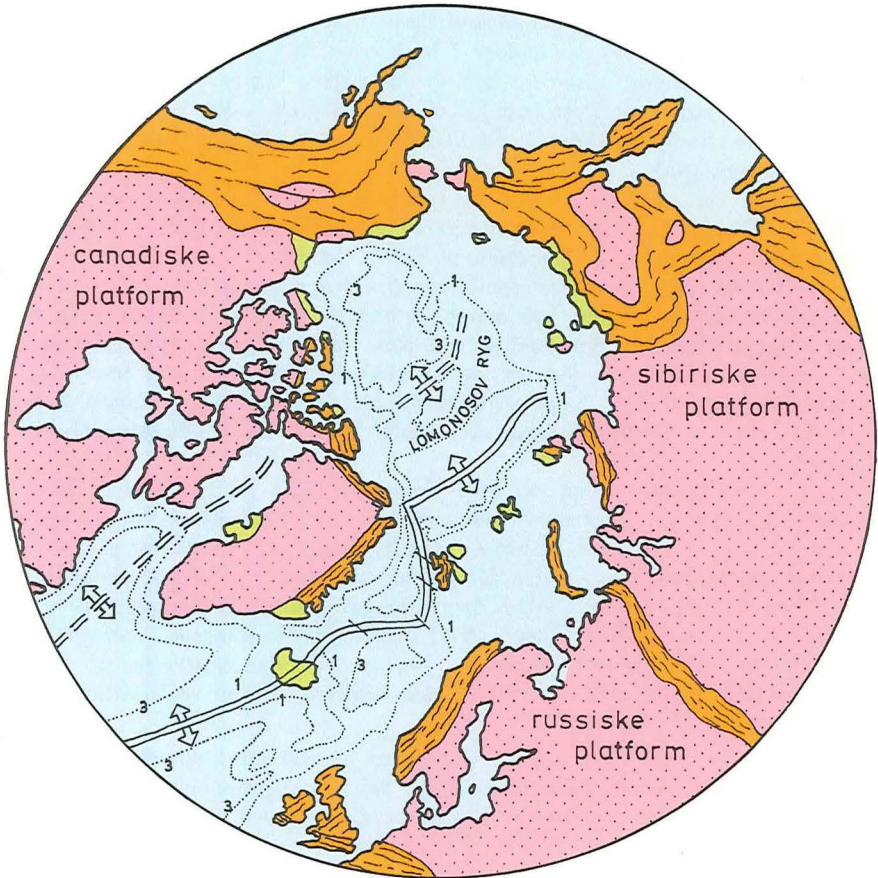
Geofysikerne Ewing og Press kunne i 1955 udfra studiet af jord-skælvsvølger påvise, at skorpesammensætningen i polarbassinet var af samme natur som i de store oceaner, nemlig hvad man kortfattet plejer at betegne som oceanisk skorpe (se foregående artikler om oceanbundsdannelse, Varv 1 og 3, 1978). Med denne meget vigtige iagttagelse var det godtgjort, at det Arktiske Ocean såvel oceanografisk (Nansen) som geologisk (Ewing og Press) var "oceanisk", og at dannelsen skulle ses på linie med dannelsen af de øvrige oceaner uden relation til den særlige nordlige placering.






Næste væsentlige skridt i retning af en forbedret forståelse af det Arktiske Ocean fulgte allerede i 1956, da oceanografen og geofysikeren Heezen postulerede, at Nansen Ryggen er en fortsættelse af den Nordatlantiske Ryg (se Varv 3, 1978). Dette forhold, som læseren måske allerede havde gættet på, er senere tilfulde blevet bekræftet, men man skal erindre sig, at de fulde konsekvenser af dette først fremstod på et senere tidspunkt, da seafloor-spreading teorien var fremsat (1963, se Varv 1, 1978). Vi skal senere se nærmere på dette forhold i et afsnit om de tre "rygge".

Siden 50'ernes store opdagelser har ekspeditioner med isbryder, fly og helikopter skaffet et væld af nye geofysiske data.

DE GEOLOGISKE OG GEOFYSISKE FORHOLD

I figur 3 er der skitse-mæssigt gengivet nogle af de vigtigste geologiske og geofysiske forhold omkring det Arktiske Ocean. På figuren er der vist en række gamle Prækambriske platforme, det vil sige, stabile områder, der ikke har været udsat for foldning eller andre væsentlige geolo-



-  Levende & uddød spredningsakse
-  Mesozoiske & Kænozoiske platforme (Trias - Nutid)
-  Prækambriske & Palæozoiske platforme (til Trias)
-  Foldebælter yngre end Prækambrium
-  Havdybder i kilometer

Figur 3. Stærkt forenklet billede af de geologiske og geofysiske forhold i det arktiske område.

giske hændelser siden Prækambrisk tid. Endvidere er områder, der har været udsat for foldning i tiden efter Prækambrium, markeret, og endelig finder man placeringen af de nuværende spredningsakser.

To forhold springer i øjnene når figur 3 betragtes: (a) Den meget asymmetriske placering i polbassin af den nuværende spredningsakse betyder, at hele det Arktiske Oceans dannelse ikke kan forklares alene ud fra denne, og (b) Foldebælterne smyger sig så at sige omkring det Ameriasiske Bassin, hvorimod de afskæres af det Euroasiske Bassin. Dette sidste forhold kunne tyde på at dannelsen af i hvert fald dele af det Ameriasiske Bassin hænger sammen med de omkransende foldebælter, og at det Euroasiske Bassin sandsynligvis er yngre, da det skærer over foldebælterne.

I den pladetektoniske teori (se Varv 3, 1972 og Varv 1, 1978) er indbygget en snæver forbindelse mellem seafloor-spreading processer og bjergkædefoldning. Det er derfor rimeligt at gætte på, at dele af oceanbunden i det Ameriasiske Bassin er dannet samtidig med den såkaldte Innuitiske foldekæde, der findes i Nordgrønland, Arktiske Canada og Alaska (se figur 3). Denne bjergkædedannelse fandt sted i Jordens Devon-tid, altså for cirka 350 - 400 millioner år siden.

Det ville være interessant, om noget af denne gamle oceanbund var bevaret, for mens 350 millioner år ikke er særligt meget for en bjergkæde, er det overordentlig sjældent at finde så gammel en oceanbund. Det er ikke fordi oceanbunds dannelse er en særlig ny proces i Jordens historie, men skyldes, som omtalt i en tidligere artikel (Varv 1, 1978), at den nydannede oceanbund i løbet af geologisk set ret kort tid "destrueres" og genoptages i Jordens indre langs de såkaldte dybgrave (subduktionszoner).

Forholdene i det Euroasiske bassin synes mere enkle, idet den Nordatlantiske Ryg (figur 3) via en transform forkastning fortsætter op i dette område, så allerede inden vi ser på detail-data kan vi slutte, at i hvert fald dele af det Euroasiske Bassin må være dannet på samme måde og på samme tid som det Nordatlantiske Ocean (se Varv 3, 1978). Den transforme forkastning som vi allerede omtalte i den foregående artikel betinger ifølgelig den til tider meget dybe Lena Kanal.

DE TRE RYGGE -

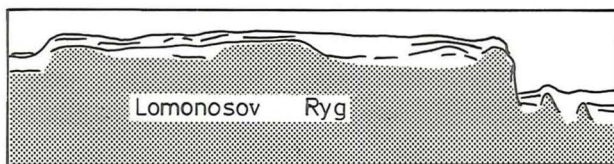
NØGLEN TIL DET ARKTISKE OCEANS HISTORIE ?

Angrebsvinklen til forståelsen af det Arktiske Ocean vil i dette afsnit være forekomsten af de tre meget markante rygge, Nansen Ryggen, Lomonosov Ryggen og Alpha Ryggen. En stor del af den forskning der er udført koncentrerer sig nemlig om dem, og en acceptabel dannelsesteori må indbefatte, ja til dels opbygges omkring forekomsten af ryggene.

Studiet af jordskælvscentre viser, at de inden for polbassinet koncentrerer sig meget nøje omkring Nansen Ryggen, og at denne er en fortsættelse af en seismisk aktiv zone (det vil sige med mange jordskælv), der i Nordatlanten falder sammen med den nuværende spredningsakse (Varv 3, 1978). Nansen Ryggen, der deler det Euroasiske Bassin op i to symmetriske bassiner (Fram- og Nansen Bassinet) forklarer således dannelsen af dem, idet den også idag er den aktive spredningsakse, omkring hvilken dannelsen af hele det Euroasiske Bassin er foregået ved simpel seafloor-spreading. Denne dannelsesteori er blevet bekræftet af magnetiske data, der er blevet indhentet fra området i de senere år. De magnetiske afvigelser (anomalier) fra en del af det Euroasiske Bassin er vist i figur 4. Man hæfter sig ved det regelmæssige og tydeligt lineære forløb af afvigelserne, et typisk tegn på, at området er dannet på denne måde. Studiet af de magnetiske anomalier giver endvidere mulighed for at datere begivenhederne. Vores tidligere gæt på et sammenfald med de samme processer i det nordøstatlantiske område bliver herved bekræftet, idet studiet af anomalierne tyder på, at dannelsen af det Euroasiske Bassin startede for lige godt 60 millioner år siden.

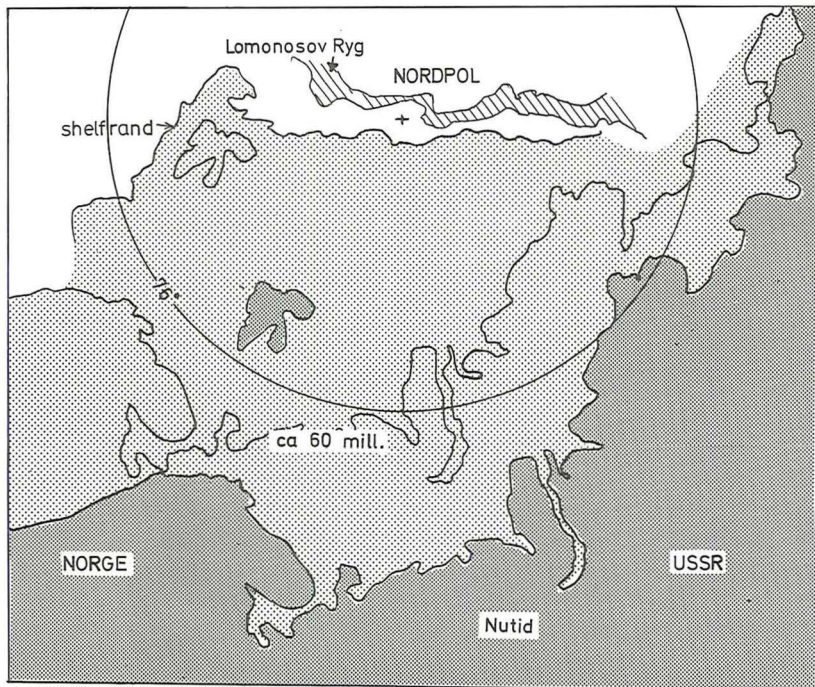


Figur 4. Kort over de magnetiske anomalier i en del af det Euroasiske Bassin nord for Grønland og Svalbard. Den centrale række af kraftige anomalier falder sammen med Nansen Ryggen. De mere flade anomalier på flankerne af ryggen afspejler seafloor-spreading processer.



Figur 5. Tværsnit af Lomonosov Ryggen. Bemærk de fladtliggende og forholdsvis uforstyrrede sedimenter der dækker ryggens tilsyneladende jævne overflade - denne er dog ikke kendt i detaljer.

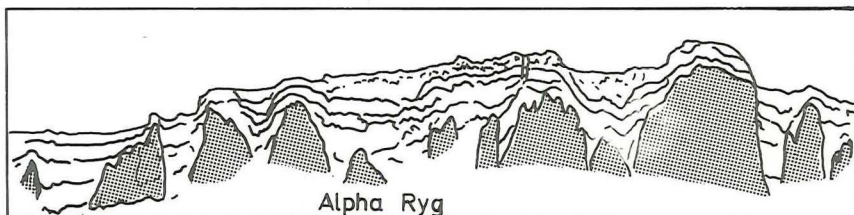
Denne ret klare viden om dannelsen og dateringen af den Euroasiiske del af polbassinet giver endvidere mulighed for en meget simpel forklaring på Lomonosov Ryggen. Vi kan nu forestille os, at den er dannet ved, at en "flis" af den sibiriske shelf er skåret af ved den begyndende dannelse af Nansen Ryggen, for senere at blive transporteret længere og og længere væk fra sit oprindelsessted i takt med udvidelsen af det Euroasiiske Bassin. Vi ser i figur 5, at Lomonosov Ryggen i modsætning til



Figur 6. Figuren viser den relative placering af det Euroasiiske kontinent i forhold til Lomonosov Ryggen for henholdsvis cirka 60 millioner år siden og idag. Den indtegnede shelfrand viser dennes position for cirka 60 millioner år siden, den nutidige shelfrand er ikke indtegnat.

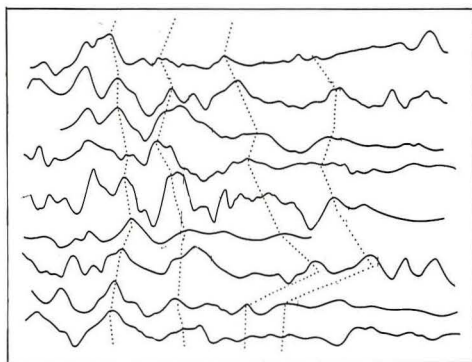
spredningsrygge er forholdsvis flad og dækket af fladtliggende, uforstyrrede sedimenter. Dette og andre forhold gør, at de fleste forskere idag anerkender den omtalte dannelsesteori, og i figur 6 er vist placeringen af Lomonosov Ryggen op til den sibiriske shelf for godt 60 millioner år siden, inden spredningen omkring Nansen Ryggen startede.

Tilbage står så dannelsen af Alpha Ryggen og det Ameriasiske Basin. Uklarheden og uenigheden blandt forskerne omkring Alpha Ryggen er stor, og vidt forskellige dannelseshypoteser er blevet fremført. I figur 7 er der vist nogle tværsnit af Alpha Ryggen, og i figur 8 er de magnetiske anomalier over ryggen afbildet. Vi bemærker i figur 7, at det uregelmæs-



Figur 7. Tværsnit af Alpha Ryggen. Ryggen har et langt mere ujævnt relief end Lomonosov Ryggen (figur 5), og de overliggende sedimenter virker også mere forstyrrede.

sige relief, der normalt præger spredningsrygge, i hvert fald i nogen grad kan genfindes på Alpha Ryggen, samt at dette relief i stort omfang er dækket af lagdelte sedimenter. De lagdelte sedimenter ligger ikke fladt som på Lomonosov Ryggen, men hvorvidt dette skyldes senere forstyrrelser, eller blot afspejler en "sedimentær drapering" over allerede eksisterende rygge vides ikke. De magnetiske anomalier har været taget som bevis for seafloor-spreading, men det har senere vist sig, at anomalierne snarere hænger sammen med ryggenes ydre relief - og ikke med deres indre, som det er tilfældet med "rigtige" seafloor-spreading anomalier. En tolkning af Alpha Ryggen som en uddød, såkaldt fossil spredningsryg er derfor vanskelig, og de ret betydelige mængder sedimenter oven på denne ville da betyde, at denne har været uddød temmelig længe. Spredningsaktivitet omkring Alpha Ryggen for mellem 60 og 40 millioner år siden har således været foreslået, men strider udover førnævnte forhold med den temmelig store højde ryggen har idag, idet fossile spredningsrygge så at sige "synker sammen" med tiden. For at understrege uenigheden omkring Alpha Ryggen skal det lige nævnes at denne også har været tolket som resultat af en sammenpresningsfase for mellem 80 og 60 millioner år siden. Ryggen skulle ifølge denne hypotese være opbygget af vulkankæder foranlediget af sammenpresning (subduktion) i området. Sådanne vulkankæder kendes fra områderne omkring vore dages dybgrave (subduktionszoner), og trods hypo-



Figur 8. De magnetiske anomalier over en del af Alpha Ryggen. Punkterede linier viser sammenhørende anomalier. Ved sammenligning med figur 4 er overensstemmelsen klart ringere.

tesens spekulative natur må man konstatere, at den omend i meget beskedent omfang understøttes af nye geologiske fund nær nordspidsen af Grønland. Her er der nemlig fundet vulkanske lavaer, der i alder og kemisk sammensætning passer fint med "vulkankædetolkningen".

Uanset hvilken dannelsesmekanisme, der ligger bag Alpha Ryggen, kan den ikke forklare hele det Canadiske Bassin, idet ryggen jo ligger meget asymmetrisk i forhold til bassinet. Uenigheden omkring bassinet er dog ikke så stor, idet de fleste indrømmer, at der er for få og utydelige data til at underbygge en dannelseshypotese for dette område. Vi må derfor nøjes med at konstatere, at det forholdsvis jævne relief uden markante rygge eller lignende som præger det Canadiske Bassin, og manglen på udprægede, daterbare magnetiske seafloor-spreading anomalier er i overensstemmelse med, at området udgøres af endog meget gammel oceanbund (cirka 350 millioner år). Selv om Alpha Ryggens nærmere natur ikke er kendt, er det sandsynligt at området omkring denne er betydelig yngre, eller i hvert fald ændret væsentligt på et senere tidspunkt.

Vi skal afslutte denne artikel om det Arktiske Ocean med en kort rekapitulation af dannelsesforløbet: Det Euroasiske Bassin er dannet ved simple seafloor-spreading processer omkring den aktive spredningsryg, Nansen Ryggen i perioden cirka 60 - 0 millioner år før nu. Dannelsen af Nansen Ryggen medførte afskæringen af en kontinental flis, Lomonosov Ryggen, der i dag som følge af seafloor-spreading, er placeret midt i det Arktiske Ocean. Dannelsen af det Ameriasiske Bassin er uklar, men det synes sandsynligt at det Canadiske Bassin udgøres af meget gammel oceanbund, hvorimod områderne omkring Alpha Ryggen sandsynligvis er noget yngre.