

NORDATLANTEN

af Hans Chr. Larsen.

I Varv nummer 1, 1978 blev den almindeligt accepterede teori for oceanbundsdannelse, "seafloor-spreading" teorien, beskrevet. I dette nummer vil vi bruge teorien og se på dannelsen af det Nordatlantiske ocean.

HAVBUNDSFORHOLD OG AFGRÆNSNING AF NORDATLANTEN

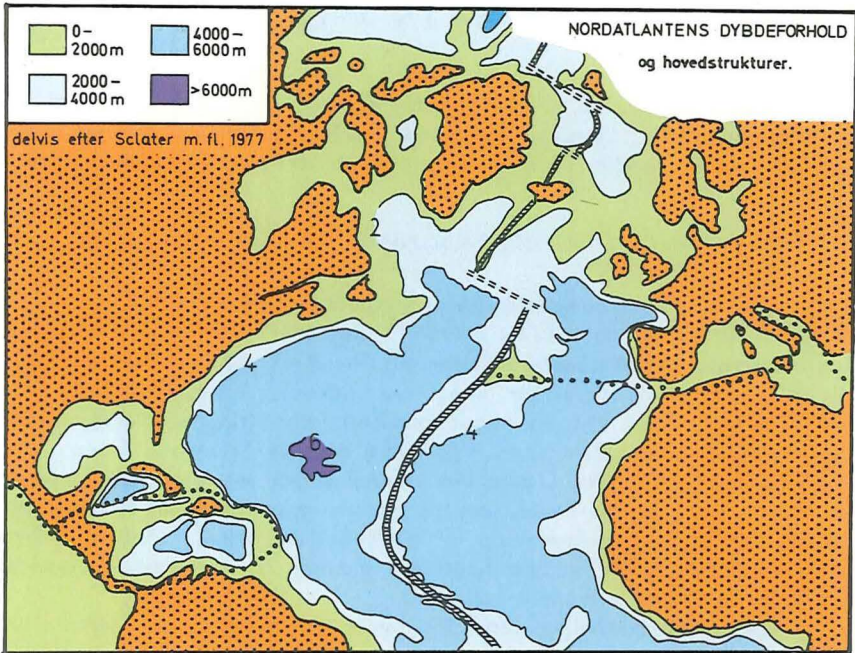
Denne artikel omhandler for overskuelighedens skyld kun dannelsen af det Atlantiske ocean nord for ækvator. De lavvandede områder omkring kontinenterne, shelfområderne, slutter sig, hvad skorpen struktur angår nær til kontinenterne og vil derfor ikke blive behandlet i denne artikel.

I figur 1 er vist en meget forenklet fremstilling af Nordatlantens dybdeforhold og hovedstrukturer. Mod nord har det Atlantiske Ocean forbindelse med det Arktiske Ocean via et smal stræde mellem Nordgrønland og Spitsbergen. Denne kanal, der til en vis grad følger en forkastning, danner den nordlige begrænsning af det Atlantiske ocean. Mod øst udgør det Europæiske og Afrikanske kontinent grænsen og mod vest tilsvarende det Syd- og Nordamerikanske kontinent.

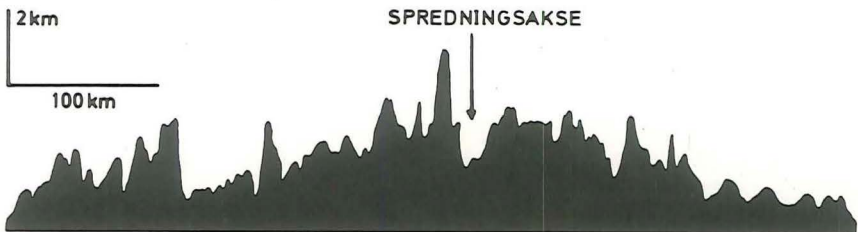
Den pladetektoniske teori indebærer en opdeling af Jorden i en række stive "lithosfæreplader" (se Varv 1, 1978). Af figur 1 fremgår det at 4 forskellige plader idag grænser op til hinanden indenfor det Nordatlantiske område. I begyndelsen af Tertiærtiden var dog 5 plader aktive, idet Grønland i dette tidsrum udgjorde en selvstændig plade - men mere om dette senere.

Kun de vigtigste strukturer kan aflæses ud fra de stærkt forenklede dybdeforhold i figur 1. Vi ser, at de lavvandede shelfområder brat går over i det oceaniske bassiner, hvor vi mellem Afrika og Amerika finder vanddybder på over 6000 meter. De oceaniske bassiner er ikke nær så dybe i området mellem Europa og Grønland - det skyldes i nogen grad det nordlige områdes senere dannelse, men synes iøvrigt at hænge sammen med en meget dybtliggende uensartet opbygning af Jorden.

En undersøisk bjergkæde, den såkaldte "midatlantiske ryg", ses også tydeligt i figur 1. Dens sydlige del ligger midt imellem Afrika og Amerika, og er længere mod nord forskudt mod vest af en stor transform forkastning i området mellem Spanien og Newfoundland, og skærer derefter gennem Island i området mellem Europa og Grønland. Længst mod nord i området er bjergkæden endnu en gang forskudt mod vest langs en stor transform forkastning. Den videre fortsættelse af ryggen mod nord vil blive behandlet i en kommende artikel om dannelsen af det Arktiske ocean. Udover de to tidligere omtalte transforme forkastninger fortsættes ryggen tillige af en række mindre transforme forkastninger, hvoraf kun én er vist (lidt nord for Island).



Figur 1. Såvel den midtatlantiske ryg (vandret skravering) som de transforme forkastninger (dobbelt stiplede linie) udgør "pladegrænser". Øvrige "pladegrænser" er vist med en "bollelinie".



Figur 2. Figuren viser et skematisk og overhøjet tværsnit af højdeforholdene over den midtatlantiske ryg. De mange toppe udgøres af vulkanske bjerge. I dalene findes endvidere en smule oceaniske sedimenter. I midten ses en særlig markant dal, den såkaldte centrale gravsænkning ("rift"). Det er her den nutidige spredning er lokaliseret. Den iøjnefaldende omend ikke perfekte symmetri omkring den centrale "rift" skyldes, at størsteparten af de vulkanske bjerge oprindeligt er dannet i den centrale riftzone, og senere er transporteret til hver sin side under indvirkning af seafloor-spreading processer.

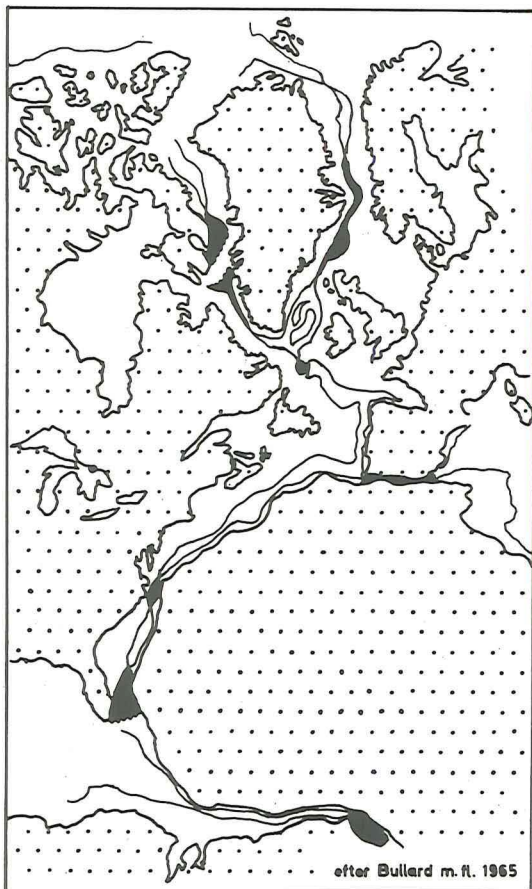
Den midtatlantiske ryg falder sammen med de nutidige spredningsakser (se Varv 1, 1978) og består af to parallelt forløbende rækker af vulkanske bjerge adskilt af en central gravsænkning som vist i figur 2. Det er ud fra denne ryg, at den nutidige oceanbundsdannelse foregår - så selvom Island udgør et atypisk stykke af ryggen er det let at forstå, at man finder så mange aktive vulkaner netop i Island.

DEN INDLEDENDE DRIFT-FASE

Hvorledes hang kontinenterne sammen, inden de begyndte at spredes fra hinanden, og hvornår begyndte denne spredning? Det er de første spørgsmål der må besvares når Nordatlantens historie skal udredes.

Hvad angår det første spørgsmål, så drejer det sig om at lave en rekonstruktion med kontinenterne i en såkaldt præ-drift situation. Sådanne er der lavet flere af, idet forskellige forhold har været lagt til grund for rekonstruktionen. En ofte benyttet rekonstruktion er vist i figur 3. I denne præ-drift model har man valgt at lade kontinent/ocean-grænsen følge 1000 meter dybdekurven uden for shelfrandene, og man har derefter ladet en computer beregne den bedste gensidige tilpasning af "kontinent-puslespil-brikkerne". Selv en sådan simpel tilpasningskonstruktion virker meget overbevisende, og var, da den fremkom (1965), et vægtigt indicium for seafloor-spreading teoriens rigtighed. De nyeste præ-drift konstruktioner placerer imidlertid kontinenterne lidt længere fra hinanden, idet kontinent/ocean-grænsen placeres ved 3000 meter dybdekurven i den sydlige del og 2000 meter kurven i den nordlige del - idet valget af sidstnævnte kurve hænger sammen med de omtalte lavere oceaniske dybder i dette område.

Det andet spørgsmål - om tidsfæstelsen af spredningens begyndelse, lader sig ikke besvare lige præcist alle steder i Nordatlanten. I de yngre, nordlige dele er der en usikkerhed i dateringen på et par millioner år, i de sydlige og ældre dele af Nordatlanten kan usikkerheden godt passere både 10 og 20 millioner år. Usikkerhederne skyldes en række begrænsninger i dateringsmulighederne ud fra de magnetiske afvigelser (anomalier) på oceanbunden og den magnetiske polaritets-tidsskala (se Varv 1, 1978). Ligesom et magnetbånd kan tabe sin magnetisering, og dermed sin læselighed, ved lang tids opbevaring, så svækkes oceanbundens anomalibillede med tiden, med deraf følgende vanskeliggørelse af anomalidentificeringen. Dertil kommer at tids-polaritetsskalaen, der er "læsenøglen" til anomalibilledets alder, er mindre detaljeret og mere mangelfuldt defineret, når vi kommer mere end cirka 90 millioner år tilbage. Dateringen af den begyndende drift-fase hviler derfor i meget høj grad på de få borer, der er foretaget på oceanbunden (se også Varv nr. 2, 1971), samt på studiet af den geologiske udvikling af de blottede dele af de tilstødende kontinentalrande.



Figur 3. Præ-drift konstruktion for dele af den nordlige halvkugles kontinenter. 1000 meter vanddybde er vist med en tynd streg. Overlappende områder er vist med sort farve. Der findes i dag andre præ-drift konstruktioner, hvor henholdsvis "gab" og "overlap" er minimaliseret yderligere. For en række af de inest markante gab/overlap findes endvidere rimelige geologiske forklaringer.

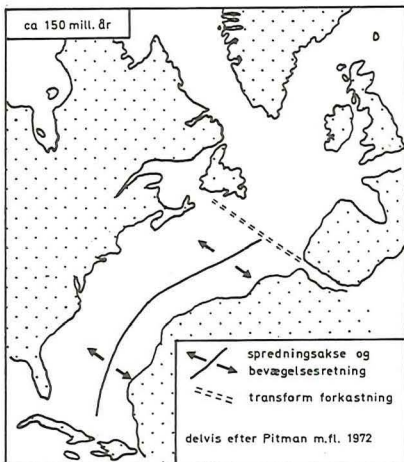
Den første spredning af kontinenterne og den dermed forbundne dannelse af ny oceanbund fandt sted mellem Afrika og Nordamerika. Denne spredning startede antageligt for omkring 180 millioner år siden (ældre Jura-tid), omend de ældste daterbare magnetiske anomalier kun har en alder på cirka 150 millioner år. Situationen, som den så ud for cirka 150 millioner år siden, er vist i figur 4. Da det europæiske kontinent ikke bevægede sig i forhold til det nordamerikanske kontinent i denne første driftfase, må der af hensyn til balancen have fundet en kompenserende bevægelse sted mellem Europa og Afrika med dannelse af oceanbund i Middelhavsområdet, og dannelse af ny oceanbund i Nordatlanten må have været begrænset til området syd for en linie mellem Newfoundland og Spanien.

DEN FORTSATTE DRIFTBEVÆGELSE

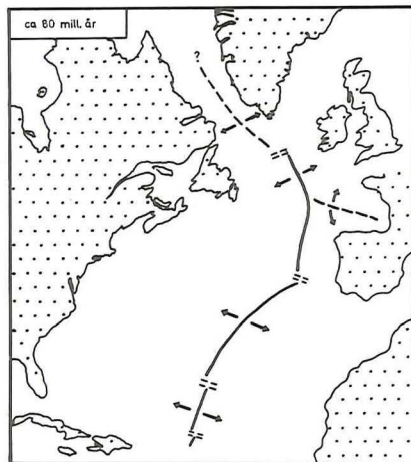
I perioden mellem cirka 150 og 60 millioner år (Mellem Jura til ældre Tertiær) skete der en fortsat ekspansion af driftaktiviteten mod nord. I periodens første del (150 til cirka 120 millioner år) udgjorde en linie mellem den Biscayiske Bugt og Labrador Havet den nordlige begrænsning for oceanbundsdannelsen, således at de nordvestlige dele af Europa, Grønland og Nordamerika lå fast i forhold til hinanden.

Omkring 120 millioner år (ældre Kridt) omdannedes den sydlige del af denne grænselinie til en spredningsakse, og ved at den Iberiske halvø (Spanien og Portugal) så at sige blev drejet mod uret omkring Pyrenæerne opstod den Biscayiske Bugt. Omkring 80 millioner år før nu var hele den gamle grænselinie mellem Biscayen og Labrador Havet formodentlig omdannet til en spredningsakse (se figur 5), hvor bevægelsen i det sydlige område (Biscayen) er ved at dø ud.

Det nye forløb af spredningsaksen medførte, at Grønland sammen med Nordvesteuropa bevægede sig væk fra Nordamerika. Denne fase er dog stadigvæk omdiskuteret, idet de ældste daterbare magnetiske anomalier mellem Grønland og Nordamerika (Labrador) ikke er ældre end 60 millioner år. Da begyndte imidlertid også spredningen mellem Europa og Grønland, og dermed var hele det nordatlantiske spredningssystem etableret.



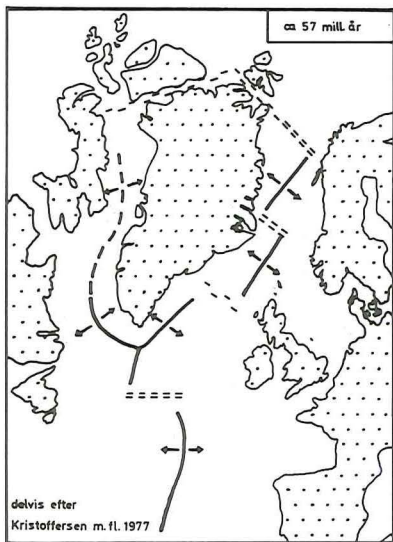
Figur 4.



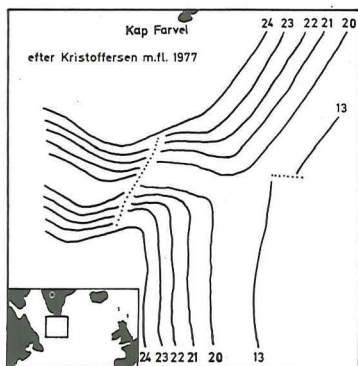
Figur 5. Symboler som i figur 4. Tvivlsomt forløb af spredningsaksen i stiplet linie.

DEN TERTIÆRE DRIFT-FASE

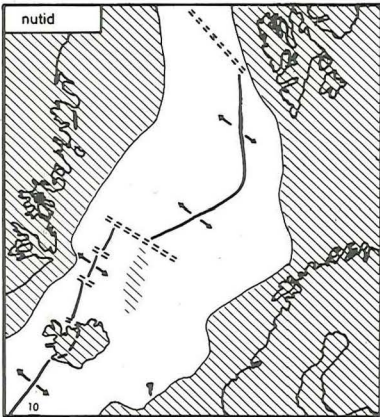
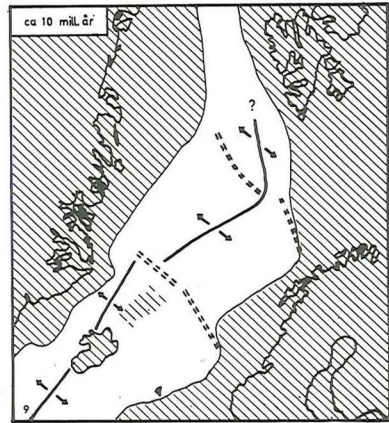
I Tertiær- og Kvartærtiden foregik en spredning ud fra hele den midtatlantiske ryg lige op til Spitsbergen, hvor spredningsaksen som tidligere nævnt var forskudt mod vest før den fortsætter oppe i det arktiske ocean.



Figur 6. Symboler som i figur 4 og 5. Udover de viste transforme forkastninger (dobbelstiplede linie) hvis spor direkte kan påvises i dag, har der sandsynligvis været en transform forkastning cirka hvor Island i dag befinder sig (udtyndet dobbeltstiplede linie). For at få pladebevægelserne til at stemme overens i et større mønster, er det endvidere nødvendigt at postulere en transform forkastning mellem Nordvestgrønland og Arktisk Canada (Ellesmere Land). Eksistensen af sidstnævnte er stadig omdiskuteret, idet en række "fastlandsgeologer" mener at kunne påvise at dette ikke kan være tilfældet.



Figur 7. Kort over den nutidige fordeling af ældre magnetiske anomalier i området syd for Kap Farvel. I modsætning til de ældre anomalier (24-20) fortsætter nr. 13 næsten ubrudt mod nord uden "svinkehænder" mod nordvest i Labrador Havet. Man regner derfor med, at på anomali 13-tid (cirka 38 millioner år) var bevægelsen mellem Nordamerika og Grønland ophørt.



Figur 8, 9 og 10. Symboler som i de foregående figurer. Kontinenterne og de tilhørende kontinentale shelfområder er vist med skravering. Nydannet oceanbund fremstår i blå.

Bemærk det løsrevne kontinentale fragment midt i figur 9.

I dette afsnit om den Tertiære driftfase vil vi koncentrere os om området nord for en linie mellem Sydengland og Newfoundland. Dette, dels fordi det nævnte område ligger i vor umiddelbare nærhed og derfor har størst interesse, dels fordi spredningen syd for denne linie har været meget regelmæssig gennem hele Tertiærtiden, hvilket også kan aflæses i figur 9 fra den foregående artikel i Varv 1, 1978.

Som tidligere nævnt findes der cirka 60 millioner år gamle daterbare magnetiske anomalier i Labrador Havet mellem Grønland og Labrador. De samme anomalier genfindes også i området mellem Nordvesteuropa og Grønland. Det betyder, som vist i figur 6, at i begyndelsen af Tertiærtiden udgjorde Grønland en selvstændig plade uden "kobling" til hverken Europa eller Nordamerika. Eksistensen af Grønland som en selvstændig en-

hed varede dog kun ved indtil cirka 38 millioner år før nu. Derefter stand-
sede bevægelsen mellem Nordamerika og Grønland, og disse to områder
 fungerede atter som en enkelt "plade". På dette tidspunkt (38 millioner)
 var den indbyrdes placering af Nordamerika og Grønland den samme som
 idag, da der ikke har været nogen relativ bevægelse mellem de to områ-
 der siden.

I perioden mellem cirka 60 og 38 millioner år stødte således tre
 spredningsakser sammen lidt syd for Grønland (figur 6). Et sådant specielt
 område kaldes et "tripelpunkt", og i figur 7 er det skematisk vist, hvor-
 ledes de enkelte magnetiske anomalier kan følges fra den ene sprednings-
 akse over i den næste.

I den nordøstlige del af Atlanten, det vil sige, området mellem
 Nordvesteuropa og Grønland, fortsatte spredningen gennem resten af Ter-
 tiærtiden og Kvartærtiden og er aktiv den dag i dag, hvilket bevidnes af
 den kraftige vulkanske aktivitet omkring Island.

TERTIÆR DRIFT I NORDØSTATLANTEN

Som tidligere omtalt begyndte dannelsen af ny oceanbund her i æl-
 dre Tertiær for cirka 60 millioner år siden. I figur 8 ses, hvorledes om-
 rådet tog sig ud et par millioner år efter start af spredningen. Sprednings-
 akser begrænses mod nord af en transform forkastning, der forløber i cirka
 nord-syd retning op mellem Spitsbergen og Grønland. I begyndelsen af
 Tertiærtiden bevægede Grønland sig således mod nord parallelt med Spits-
 bergen og ikke væk fra Spitsbergen. I den sydlige del af området i figur
 8 ses, at spredningsaksen ligger cirka midt imellem Irland og Sydgrønland
 og i den nordlige del cirka midt imellem Norge og Nordøstgrønland, dog
 med et tydeligt skråt forløb i forhold til kystzonerne.

I området omkring og lidt nord for, hvor Færøerne er indtegnet på
 figur 8 er forløbet af spredningsaksen lidt mere kompliceret. Hvor Island
 er placeret i dag, kan den gamle spredningsakse ikke genfindes, og aksens
 forløb lidt nord herfor ligger betydelig sydøst for forbindelseslinien mellem
 den nordligste og sydligste del af aksens. Denne forskydning af det midter-
 ste aksestykke skyldes transforme forkastninger. Færøerne er i modsætning
 til Island indtegnet på figur 8, idet øgruppen er dannet umiddelbart før
 og måske også under den tidligste spredningsfase.

Færøerne, der næsten udelukkende er opbygget af basaltiske lava-
 er, som meget ligner dem, der udgør den nutidige oceanbund, kan tænkes
 dannet ved, at den tidligste oceanbundsvulkanisme lokalt har været så kraf-
 tig, at dele af oceanbunden så at sige er blevet "smidt op på land". En
 eventuel særlig kraftig vulkanisme i området kan endvidere have tilsløret
 dannelsen af det sædvanlige magnetiske anomalimønster, hvilket kan være
 forklaringen på, at man ikke kan genfinde den gamle spredningsakse her.

For cirka 38 millioner år siden standsede som tidligere omtalt bevægelsen mellem Nordamerika og Grønland. Det medførte at Grønlands fremherskende bevægelse mod nord blev erstattet af en mere øst-vest orienteret bevægelse. Som følge af den nye bevægelsesretning begyndte Grønland derfor nu at fjerne sig fra Spitsbergen, og en kanal mellem det arktiske ocean og Nordatlanten opstod. At de kolde arktiske vandmasser nu kunne strømme ned i Nordatlanten havde utvivlsomt stor indvirkning på havstrømme og temperaturer og har sandsynligvis påvirket klimaet selv på vore hjemlige breddegrader.

Resultatet af de nye spredningsretninger er vist i figur 9, der viser situationen i Nordatlanten for cirka 10 millioner år siden. Vi ser, som ovenfor beskrevet, at en kanal til det arktiske ocean er dannet. Men midt i området er der sket nogle drastiske ændringer: Den sydøstligt forskudte del af spredningsaksen var ikke aktiv mere, men blev erstattet af en ny akse parallel med den gamle akse, men liggende længere mod nordvest. Den nye placering af akse gav anledning til forøget vulkanisme i området omkring Island, der ses at være under begyndende dannelse. Endvidere har akse springet mod nordvest været tilpas stort til, at en flis af den østgrønlandske shelf blev "skåret af", og nu ligger og "svømmer" midt ude i oceanet.

Efter de sidste mere drastige ændringer har udviklingen siden været jævn og rolig, med spredning omkring de viste akser (figur 9) - en spredning der foregår den dag i dag og beløber sig til et par centimeter pr. år. Den nuværende position af kontinenterne er selvfølgelig den samme, som den der kan findes i ethvert atlas, men er af hensyn til sammenligning også vist her i figur 10.

TUR TIL KULLEN

af Valdemar Poulsen

I VARV fortælles om mange forskelligartede geologiske processer, men det er ikke altid muligt at tage ud i naturen og se eksempler på de omtalte processer. Nu vil vi slå flere "geologiske fluer" i et smæk - i form af en tur til Kullen, for her er det muligt at få megen forskellig geologi at se på ganske få lokaliteter.