

# SVIKTEN I NATURGEOGRAFISK KUNNSKAPSFORMIDLING

## Kritikk av lærebøkenes feilinformasjon om jorden – ideologisk kjepphesteri og faglig fremmedgjøring

K.M. Storetvedt  
Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen

### Innledning

Læreplanen i geografi (studieforberedende) fremhever at undervisningen skal være motiverende og stimulerende og

*...medvirke til forståelse og mestring av den store mengden av informasjon i vår tid. Mer kunnskap motiverer og stimulerer evnen til kritisk analyse- og helhetsforståelse. Dette kan gi eleven et godt utgangspunkt for å være med i utviklingen av samfunnet på en konstruktiv måte.*

I den naturgeografiske del av faget fremheves videre betydningen av å utvikle bevissthet om forholdet mellom naturen og de menneskeskapte omgivelsene, kunnskap om jordens oppbygning, indre og ytre krefters betydning, (mineral)ressurser, og miljømessige konsekvenser. Slike naturfaglige aspekter representerer grunnelementer i det moderne samfunn – klima- og miljøproblemer, petroleumsaktiviteten i nordområdene, og diskusjonen om CO2 lagring i undergrunnen er eksempler på sentrale naturfaglige temaer i dagens politiske debatt i Norge. Men både utnyttelsen av naturens muligheter og konsekvensene for menneskelig inngripen i den forutsetter at vi har realistisk innsikt i jordklodens iboende prosesser. Det er derfor betimelig å stille spørsmål om skolens naturgeografiske formidling er i rimelig samsvar med fakta, og med læreplanen – det vil si, om den oppfyller intensjonen om at faget skal gi nøktern geofaglig kunnskap samt *medvirke til forståelse og mestring av den store mengden av informasjon i vår tid?*

I forhold til disse intensjoner er kapitlene om jordens fysiske og geologiske tilstand/prosesser i 2 tilfeldig valgte geografibøker for videregående skole –

- a) Ole Karlsen og Aase Løno, **Terra Nova**, 3.utg., 1.oppl., 2001, Aschehoug;
- b) Leif Sørbel, Jens Fredrik Nystad og Sverre Granli, **Geografi**, 1. utg., 1 oppl., 2006, Gyldendal;

nedslående lesning. Helt sentrale fakta om jordkloden er utelatt, mens platedrift-hypotesen (platetektonikk), presentert i dens mest håpefulle versjon fra slutten av 1960-årene, er blitt helt dominerende. Beskrivelsen av de geologiske prosessene er nesten utelukkende basert på de opprinnelig luftige forventninger, men den kjennsgjerning at alle grunnleggende platetektoniske mekanismer fremdeles står ubekreftet er ikke nevnt med et ord. Den faglige fremmedgjøringen blir dermed nesten total! Presentasjonene fremstår som autoritær fundamentalistisk ideologi, uten faglige perspektiv – opplest og vedtatt uten den minste tvil – ingen problemstillinger eller interessante spørsmål blir reist! Ideologiseringsprosessen er så dyptgående at den klart hemmer elevenes nyskjerrighet, og dermed reduseres også evnen til å endre kurs når dagens situasjonen vitterlig er slik at både gamle og nye fakta krever en omfattende kursendring. Når det gjelder saklig informasjon om jordklodens fysiske forhold, går lærebøkene baklengs inn i fremtiden – men dette er primært ikke lærebokforfatteres skyld!

Det meste av lærematerialet i de klassiske realfagene representerer grunnleggende innsikter fra langt tilbake i tiden. De i utgangspunktet uungåelige feiloppfatninger og misforståelser er gradvis blitt korrigert

og slipt bort av tidens tann, slik at massen av fakta og fenomener nå fremstår som rimeliggjorte. En helt annen situasjon oppstår når overbyggende moderne ideer – slik som platedriftshypotesen – ofte via diffuse sosiopsykologiske og politiske mekanismer, får dominerende innflytelse uten at motargumenter og empiriske falsifikasjoner blir tatt hensyn til. På 1950- og 60-tallet ble ideen om drivende kontinenter kjørt frem av en håndfull yngre geofysikere, på spinkelt fenomenologisk grunnlag og uten reell global-geologisk oversikt. Geologene på sin side ble etter hvert «overkjørt» av geofysikkens argumenter (som de ikke forstod); den faglige «konverteringsprosessen», med mye tro, lite tvil, og minimal global innsikt, var et faktum omkring 1972/73. Og siden massen av geoforskere aldri arbeider med globale/storskala problemstillinger fikk vi nå en hærs-kare av medløpere og etterløpere; ingen ville ta sjangsen på å bli stående igjen på perrongen.

Som ung geofysiker tidlig på 60-tallet, med videreutdanning fra England, ble jeg ved tilfeldigheter den første universitetslærer i Norden som foreleste om de moderne synspunktene på jordens utvikling. På det tidspunkt av min akademiske løpebane hadde jeg naturlig nok ingen reell innsikt i den globale geofysikken – som så mange andre av mine samtidige hadde jeg havnet i den moderne trendfellen. Platedriftshypotesen var et funn for undervisningen – tilsynelatende enkel og lett å forstå, og allerede på et tidlig tidspunkt ble den dramatisert med støyende gimmick – videopresentasjoner av kolliderende kontinenter, vulkanutbrudd og jordskjelv. Hjernevaskingen var effektiv og vi boblet av selvtilitt! Men gradvis ble jeg oppmerksom alvorlige huller i resonnementene og dermed tvilende til flere av de mekanismene og påstandene jeg doserte. Denne økende ubehageligheten utløste både frykt og nysgjerrighet, noe som ga støtet til at jeg begynte å grave i drifthyptotesens forhistorie. Det ble en lang og avslørende prosess, beskrevet i min bok *Når grunnlaget svikter* (2005). Se også min artikkel i *Teori og metode i geografi* (Fagbokforlaget 2006).

I 1960- og 70-årene ble betydelig prestisje og mange forskerkarrierer bygget opp rundt den moderne drift- og platedominerte geofysikken. Av fagidentitets- og karrieremessige grunner kunne derfor de påfølgende kritiske tester, som alle uheldigvis gikk i disfavør av den nye grunnlagstenkningen, ikke få utslagsgivende betydning. Allfor mye stod (og står) på spill! Man valgte heller å gi platemodellen et utall regionale spesialforklaringer og ad hoc løsninger – knapt annet enn bortforklaringer – ledsaget av unnskyldninger av typen: *Jorden viste seg likevel å være mer kompleks enn det vi opprinnelig trodde*. Få er villige til, eller ofte ikke i stand til, å diskutere plateteknikkens begredelige situasjon – og vedgå at den i realiteten har utspilt sin rolle. Sannheten er alltid revolusjonær, og revolusjoner er noe de fleste helst vil unngå!

Den påviste bevegelse i jordens ytre stive lag (litosfæren) må derfor forklares på andre måter. Man fortsetter imidlertid å promotere den 40 år gamle glanshistoren, spesielt på USA-baserte nettsteder der åpenbart lærebøkene har hentet mye av sitt fagstoff. Driftideens paradokser og den stadig økende mengde av problematiske observasjoner (vs. denne hypotesen) har havnet under teppet; den autoritære faglige massekulturen tåler ikke «rusk i maskineriet». Men mer eller mindre bevisst ignorering av gåtefulle observasjoner og pinlige selvmotsigelser er klart en form for fusk – en uetisk og fordømmende praksis som står i radikal motsetning til geografifagets formål.

I det etterfølgende vil jeg gi kommentarer til innholdet i kapitlet om den faste jorden i læreboken til Sørbel, Nystad og Granli (Gyldendal 2006). Denne boken er tilfeldig valgt; det naturgeografiske innholdet er nokså likt det i andre læreverker jeg har kjennskap til. Boken til Sørbel/Nystad/Granli (SNG) er en godt skrevet og pen produksjon, men kapitlet om jordklodens strukturer og prosesser (i første rekke kap. 2) inneholder en lang rekke velkjente misforståelser og faktafeil. Dessuten er en del viktige momenter om jordens indre og ytre forhold utelatt; dette gjelder ikke minst kjennsgjeringer som vil være av stor betydning for samfunnsdebatten i vår tid. I mine kommentarer er referanser til figurene i

SNGs bok gitt med opprinnelig nummerering (fig. 1.1, 2.2 etc), mens andre illustrasjoner er benevnt fig.A, B.etc

### Jordskorpens gjennomtrengende bruddmønster

Som et eksempel på moderne geografiske informasjonssystemer viser innledningskapitlet i boken et digitalisert flybilde fra Ny-Hellesund – figur 1.11. Uten at det blir nevnt i teksten viser dette ortofotoet en topografi med et karakteristisk rutemønster. Det mest fremtredende topografiske trekket er bratte skrenter i NNØ-SSV retning, avbrutt av noe mindre utviklede topografiske 'linjer' med ØSØ-VNV orientering. Dette ortogonale mønsteret er et mikro-utsnitt av et globalt system av to sett vertikaltstående bruddsoner – orientert omtrent loddrett på hverandre – som gjennomskjærer hele jordskorpen (se Storetvedt 2003, s. 176-178). Dette er uten sammenligning det mest fremtredende strukturtrekk på jorden – det går fra pol til pol, skjærer gjennom kontinentene såvel som dyphavsskorpen, og er av helt sentral betydning for å forstå klodens indre prosesser, jordskorpens geologiske utvikling, og overflatens topografiske struktur. Dette allestedsværende ortogonale sprekkesystemet er likevel praktisk talt ignorert på alle nivåer i utdanningssystemet. Grunnen til denne neglisjering er åpenbart at verken plateteknikken eller tidligere globale forklaringsmodeller har vært i stand til å gi en rimelig forklaring på fenomenet. De vertikale bruddflatene er som regel nokså glatte (noe vi drar nytte av når vi murer/bygger med naturstein), og dette har gitt grunnlag for å tro at de ikke kan være et produkt av ekstensive prosesser (for det ville resultert i ujevne flater); mest sannsynlig er de dannet ved skjærbevegelser i skorpen.



Figur 1. 11 Ortofoto fra Ny-Hellesund området. Legg merke til det ortogonale mønster i topografien.

Det ortogonale sprekkesystemet troner mot oss i praktisk talt enhver blotning av fast fjell (veiskjæringer o.l.), men trer aller tydeligst frem på naturlige fjelloverflater uten vegetasjon. Fig. A viser en slik lokalitet fra Hjelme i Øygarden. Hovedsystemet av vertikale sprekker stryker i NNØ-SSV retning (som ved Ny-Hellesund, Fig.1.11), og avstanden mellom bruddsonene er her ca. 30 cm. Det andre settet med bruddsoner, orientert omtrent loddrett på hovedstrukturen, er i denne lokaliteten svakere utviklet – i global skala er det også vanlig at et av sprekkesystemene dominerer.



Figur A. Eksempel på det allestedsværende sprekkesystemet på jorden – her fra en blotning i Øygarden.

Fig. B demonstrerer det ortogonale bruddsystemets regionale betydning for skorpen og overflate-topografiens utvikling. Satelittbildene til venstre på figuren viser utsnitt av de topografiske trekk i to fjernt liggende distrikter – Langavatn i SV. Island og Goltasundet på vestsiden av Sotra. Den ortogonale oppsprekningen av fjellgrunnen er svært tydelig, og likheten i de topografiske trekk er slående. Begge regioner er vist med samme geografiske orientering; som i eksemplene over er sprekkeretningene orientert henholdsvis NNØ-SSV og VNV-ØSØ. Legg merke til hvordan innsjøer, fjorder, og daler følger bruddsonene i berggrunnen; disse representerer svakhetsretninger for eroderende prosesser (is, elver etc). Utforskning av disse fundamentale strukturene på Goole Earth vil være god øvelse for elvene.

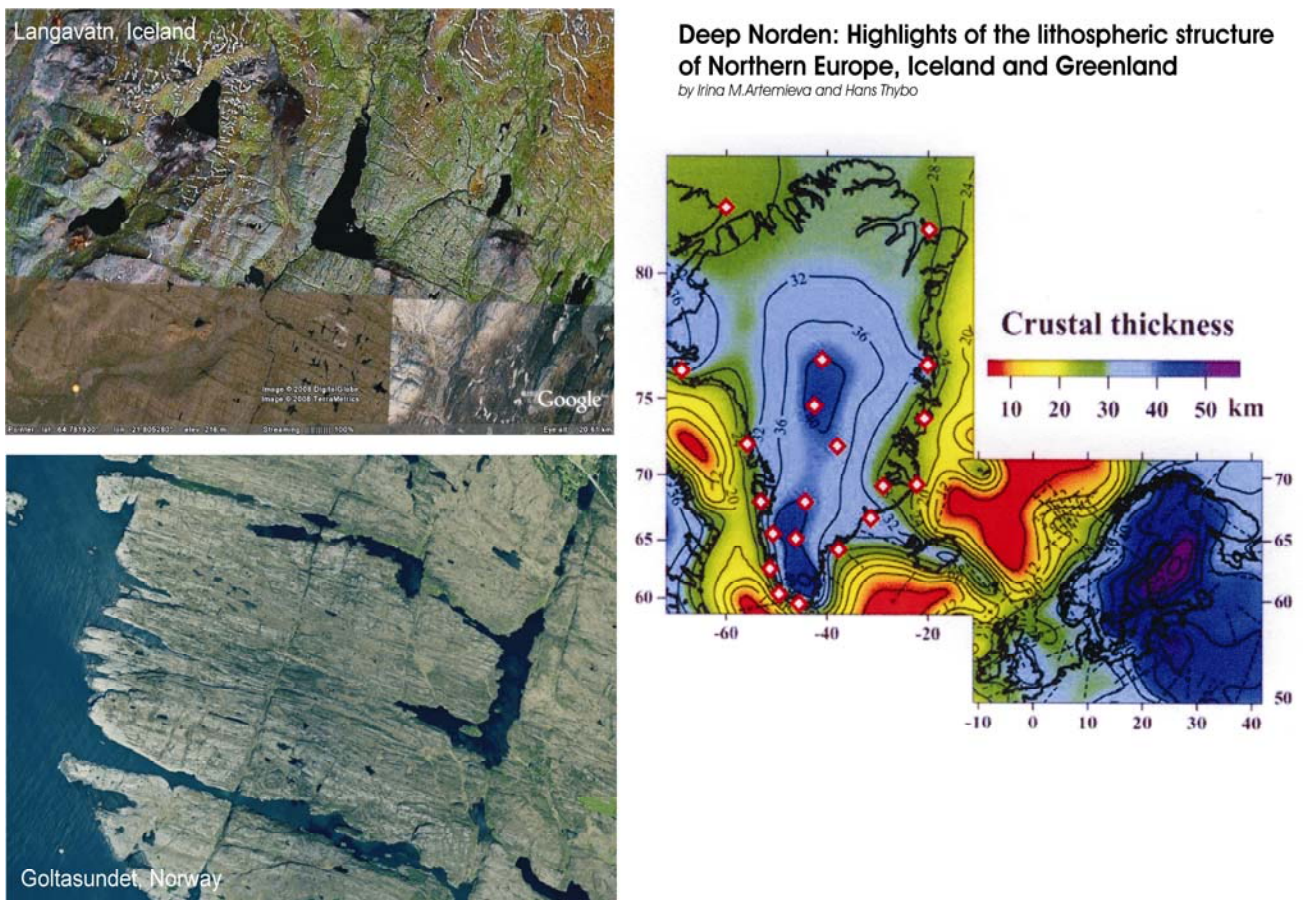
På høyre side av fig. B vises skorpetrukturen i Norden. Vi ser hvordan dette overflatelaget gradvis tynnes fra kontinentet ut mot det nordlige Atlanterhav – fra en tykkelse på 50+ km under det Baltiske skjold til ca 10 km under de sentrale deler av Nordatlanten. Det er viktig å være klar over at det er en nokså glidende overgang mellom den tykkeste kontinentsskorpen og den tynne havbunnskorpen

**Der er en 30-40 km tykk, kontinentallignende rygg mellom NV Europa og Grønland: Shetland-Færøy-Island-Grønland (SFIG) Ryggen. Straks nord for denne ryggen ser vi at den dypeste del av Nordatlanten (rødbrun farge) har ortogonal fasong, retningselementene samsvarer med bruddsoneretningene i Norge (Vest-Europa) og på Island. SFIG Ryggen faller også på plass i dette ortogonale bruddsonemønsteret.**

Et annet interessant trekk på fig. B er at Grønland-skorpen har en båtliggende fasong – avstanden ned til Moho danner en forsenkning langs øyas sentrale deler, og skorpetykkelsen avtar gradvis mot

henholdsvis Nordatlanteren og Davis-stredet/Baffinbukta. Dette kan bety at skorpestrukturen i Norden er uttrykk for et varierende skorpesammenbrudd – der den maksimale tynningsgraden har skjedd i havområdene, med de ortogonale forkastningssystemene som retningsgivende faktorer! I så fall har SFIG Ryggen, sammen med andre kontinentale fragmenter i Nordatlanteren, blitt liggende etter i skorpetynningsprosessen. Det er viktig å klargjøre for elevene at den tykke Shetland-Færøy-Island-Grønland Ryggen, samt det store antallet kontinentale rygger og platåer spredt omkring i verdenshavene, har vært et uløst grunnleggende problem for platedriftsmodellen. For eksempel,

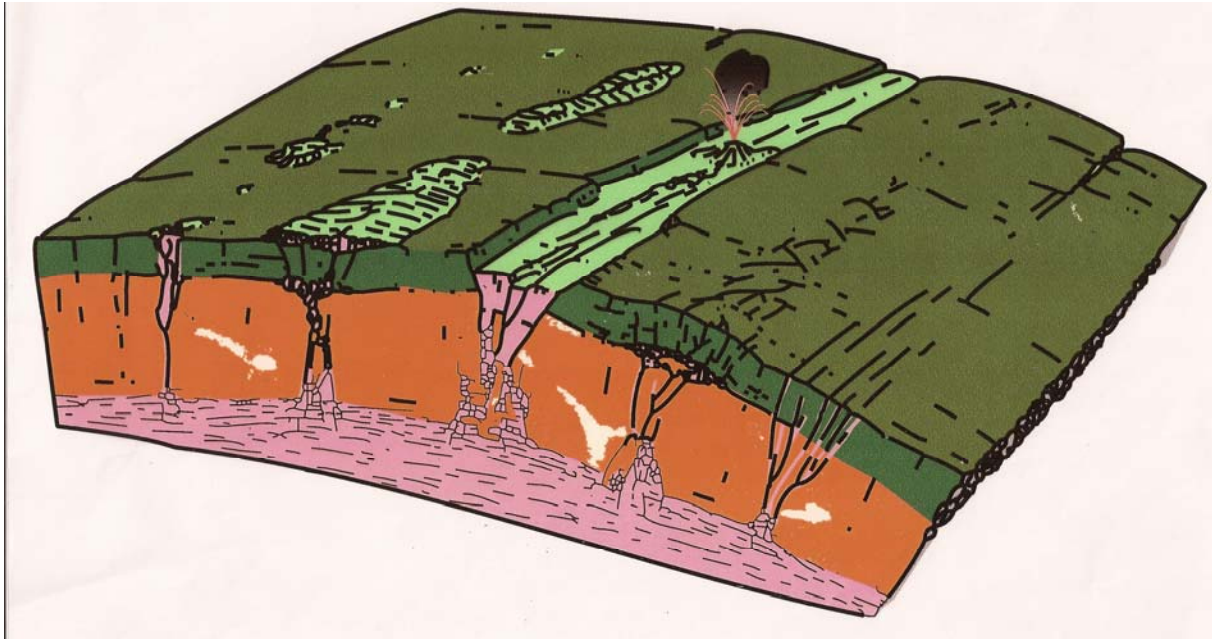
hvordan kan man få 'knyttet sammen' Vest-Europa og Grønland til en felles landmasse når det står en tversgående kontinental rygg i veien?



Figur B. Eksempler på skorpestrukturer i den nordlige Atlanterhavs-regionen. Illustrasjonen til høyre er etter Artemieva og Thybo (2008).

Ideen om jordskorpens gradvise fysisk-kjemiske sammenbrudd var tidvis fremme i den geologiske diskusjonen i første halvdel av 1900-tallet. Den fremtredende amerikanske geologen Joseph Barrell hevdet sterkt et slikt syn (se Barrell 1927) og fremholdt at det kun var graden av skorpetynning (og assosierte magmatiske prosesser) som skilte kontinentale sedimentbassenger fra dyphavsområdene. Allerede i den geologiske urtid hadde det ortogonale bruddsystemet blitt implanert som tektoniske svakhetssoner. Så når skorpen gjennomgikk isostatisk innsynkning, med dannelsen av riftbassenger på overflaten, ville de innsunkne deler av overflaten forme langstrakte bassenger – dominert av det mest fremtredende settet av parallelle bruddsoner. Den tyske geologen Hans Cloos utviklet en modell for dannelsen av slike riftbassenger (grabendannelse). Et blokkdiagram av Cloos' modell er gjengitt i fig. C

(Cloos 1939). Ideene til Barrell og Cloos ble videreutviklet av den russiske geologen Vladimir Belousov (Belousov 1990). Sistnevnte var for øvrig hardnakkert motstander av platteteknikken gjennom hele sin karriere (død 1990); han hevdet at oseanskorpene var et magmatisk omdanningsprodukt av tidligere kontinental skorpe. Dersom vi følger Cloos' tanker (fig. C) – der injeksjon av magma langs et av de universelle sett av orthogonale sprekker, med begynnende heving, deretter vulkanisme, og resulterende grabendannelse – trengs ikke allfor stor fantasi for å se at en videreutvikling av Cloos' modell, med skorpetynning og vertikal innsynkning, ville ført til dannelsen av dyphavs-basseng med parallelle 'kystlinjer' – uten at de resulterende kontinental marginer noen gang var i kontakt med hverandre (sammenfallende). Elevene må få kjennskap til slike alternative forklaringsmuligheter – det fremmer perspektivet!



Figur C. Blokkmodell av skorpens utvikling, etter Hans Cloos (1939)

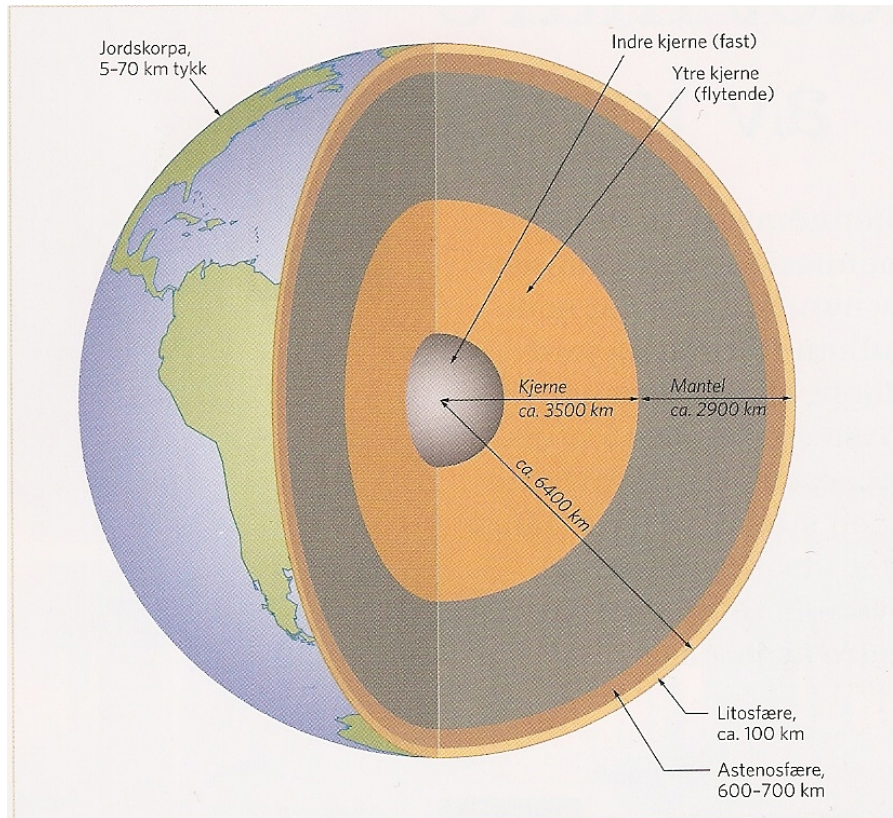
## Jordklodens indre sammensetning og struktur

Fig. 2.2 viser den klassiske forestilling om jordens lagdelte oppbygning. Med unntak av en indre fast kjerne, oppdaget i 1936, viser figuren det bildet av planetens indre konstitusjon slik man tenkte seg den for 100 år siden. Men den gamle ideen om at jorden en gang i sin tidligste historie hadde vært en flytende masse som hadde gjennomgått indre kjemisk differensiasjon og gravitativ masseseparasjon – man tenkte seg at de tunge elementene hadde blitt konsentrert i sentrum og bygget opp en tung kjerne, mens de lettere komponentene hadde vandret mot overflaten der de bl.a. hadde dannet den relativt lette skorpen – har etter hvert møtt mange problemer. De stadig mer detaljerte seismiske analyser (tomografi) av planetens indre struktur og sammensetning viser et langt mer uryddig bilde enn tidligere antatt. Konsentrasjon av tunge elementer (jern og nikkel) i kjernen synes fremdeles å være en udiskutabel kjennsgjerning, men ellers er de opprinnelige oppfatninger moden for revisjon.

De viktigste resultatene fra moderne seismisk tomografi av jordens indre kan kort oppsummeres som følger:

1. **Kjernen er både inhomogen og anisotrop** – kanskje består den indre kjernen av en eneste stor krystall – og opptil 15% av massen synes å bestå av lette elementer som gir opphav til en viss tetthetsanomali; det vil si, de seismiske hastigheter er for lave i forhold til den klassiske oppfatning om

rent jern og nikkell i jordkjernen. «Fyll på med vann så blir kjernens tetthetsproblemer løst», foreslo en ung japansk eksperimentator for noen år siden (Okuchi 1997), og forskrekket alle som tenkte konvensjonelt om jordkjernen.



Figur 2.2 Den elementære oppfatning av jordens oppbygging antar at den på et tidlig stadium var en glødende kule som gradvis gjennomgikk kjemisk differensiasjon. Det er bortimot umulig å forene dette tradisjonelle synet med moderne studier av klodens indre.

**2. Kjerne-mantelovergangen, som er en kompleks sone med stor vertikale 'topografiske' variasjoner, er gåtefull.** Det er ikke klart hva den komplekse overgangen mellom kjerne og mantel representerer, men det synes å være en forbindelse mellom de prosesser som foregår på dette store dyp (c. 2900 km) og dyphavs bassengene på jordoverflaten. Er det kanskje slik at pågående kjemiske prosesser på stort dyp i jordens indre fører til nedbrytning av den opprinnelige (prekambriske) skorpen?

**3. Undre mantel – med dyp fra c. 660 km til 2900 km – har svært uryddig struktur.** Bergartene er antatt å være silikater av varierende kjemisk sammensetning, men **betydelige mengder vann og andre fluider synes å være et viktig innslag.** Nylig rapporterte en amerikansk forskergruppe at de hadde funnet et relativt konsentert vannreservoir i undre mantel (innesluttet i mantelens åpne porer) tilsvarende polhavets volum.

**4. Det har lenge vært akseptert at kontinentene har flere hundre kilometer dype røtter ned i mantelen.** Dette ble fremholdt som et problem for drifhypotesen allerede tidlig på 1960-tallet (MacDonald 1964). Hvordan skal vi kunne forholde oss til hypotesen om relativt tynne, drivende litosfæreplater når vi åpenbart må ta de dype mantelrøttene med på lasset? For å flytte på slike dyptgående kolosser trengs en enorm energimengde, som ventelig ikke eksisterer; selv det langt mer

begrensede indre massetransportsystemet som kreves for å forklare platetektonikkens antatte bevegelser er et uløst problem. Med andre ord, **dersom vi trekker konsekvensene av nåværende kunnskap om mantelens struktur virker det som om platetektoniske bevegelser i overflatelaget ikke er en aktuell problemstilling.**

5. I følge den tradisjonelle jordmodellen har jordens dype indre høy temperatur og dermed skulle den være ferdig utgasset. Argumentet har dessuten vært at allerede på få kilometers dyp ville vekten av overliggende bergartsmasser være så stort at eksisterende sprekkesystem ville være fullstendig lukket og gjennomtrenging av gasser og fluider dermed umulig. Men så kom russerne med sitt **dypboringsprosjekt på Kola (ned til 12.2 kilometer) der resultatene endevendte mange inngrodde oppfatninger.** Fig.D viser for eksempel porøsiteten, det prosentvise volum av åpne sprekker, som funksjon av dypet. Istedet for antatt tiltakende lukking av sprekkesystemet ble det funnet en eksponensiell utvidelse av sprekkesystemet med dypet. Og i dette åpne sprekkesystemet observerte man gjennomstrømning av vannholdige oppløsninger – med innhold av hydrogen, karbondioksid, nitrogen, metan og helium. For en kalddusj for de konvensjonelle oppfatninger! **Tilsvarende overraskelser ble senere funnet i dypboringshullet i Windischeschenbach i Sør-Tyskland (se Kerr 1993).** De platetektoniske forventninger ble som vanlig ikke bekreftet, og ved dyp fra 3 til 6 km, som man antok ville være «beintørr» skorpe, strømmet det frem store mengder gassrikt saltvann – dobbelt så salt som havvann, fra centimeter-brede sprekker. På nytt ble det bekreftet at jordens indre inneholder store mengder vann, og at forholdene, selv på beskjedent dyp, avviker radikalt fra de tradisjonelle oppfatninger. Kloden er åpenbart fremdeles under utgassing, og temperaturene i det dype indre er dermed antagelig langt lavere enn det som konvensjonelt hevdes.

### Konklusjon

Den korte beskrivelsen om jorden i SNGs bok, s. 22 og illustrert ved Fig.2.2, gir en helt marginal og foreldet fremstilling. Elevene må gjøres kjent med at nyere geofysiske data på vesentlige punkter motsier de fleste tradisjonelle oppfatninger. Hvordan skal man ellers få vekket elevenes nysgjerrighet? Et spesielt viktig aspekt er prosessene i den komplekse og gåtefulle kjerne-mantel sonen som ser ut til å sende utløpere av oppstigende lettere masser mot overflaten, samt den store vannmengden som synes å være til stede i det dype indre. Noen forskere hevder sågar at der er mye mer vann inne i kloden enn det som til nå er kommet ut til overflaten – altså, utgassing av det indre synes på langt nær avsluttet! Dette tyder også på at temperaturene i dypet ventelig er mye lavere enn det vi til nå har trodd – noe som forklarer hvorfor prosessene har gått/går så langsomt. Endelig må det frem i lyset at kontinentene har dype røtter ned i mantelen; de kontinentale blokkene er stasjonære i forhold til sine respektive mantelrøtter; dermed blir det vanskelig å opprettholde ideen om laterale bevegelser i et relativt tynt overflate-lag (litosfærelaget) – slik platetektonikken krever/tar for gitt.

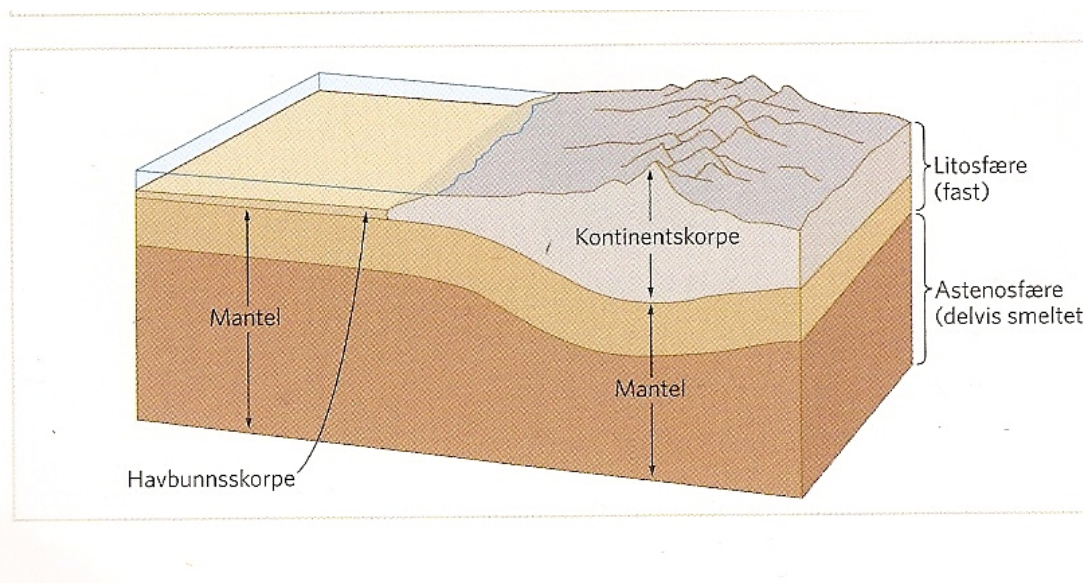
### De ytre lagene og de store topografiske formene

Lærebokens Fig.2.3 skisserer jordens ytre lagdeling slik man i grove trekk forestilte seg forholdene for 100 år siden – før moderne geofysiske detaljkunnskap var tilgjengelig. Astenosfæren, en ujevn gass- og væskefylt 'horisont' i den øvre del av mantelen, med spredte lommer av smeltet stein (magma), kan anses som forsyningsdepotet for utstrømmende gasser, væsker og vulkanske produkter til overflaten. Den gamle ideen om at skorpen 'flyter på toppen av astenosfæren – i.e. Archimedes' prinsipp anvendt på jorden, den såkalte isostasien – troner fremdeles i lærebøkens elementære fremstillinger, selv om ideen aldri er blitt bekreftet. Allerede tidlig på 1900-tallet fremholdt den kjente amerikanske geologen Joseph Barrell at alle geologiske overflatefenomener er passive produkter/konsekvenser av vertikal massetransport i dypere deler av mantelen. Det er viktig å være klar over at ikke bare kontinentalskorpen men også den tynnere havbunnskorpen viser store variasjoner i tykkelse (fig. 2.3 viser kun et

«glansbilde» av virkeligheten); verdenshavene er karakterisert ved et stort antall kontinentale rygger og platåer (lik forholdene i nordlige Atlanterhav, fig. B).

Oseanskorpens komplekse sammensetning har også vært et vedvarende problem for platedriftsmodellen (se også senere). Bokens påstand om at "Den litt tyngre havbunnen «flyter» dypere i den myke mantelen enn de lette og tykke kontinentene" er dessuten feil; havbunnen er relativt tynn og stikker **ikke** dypt ned i mantelen i forhold til kontinentene, noe også fig. 2.3 illustrerer. Og dessuten, **fjellkjeder er ikke et produkt av fortykket skorpe** slik både teksten og figuren antyder. I senere tiår er det blitt demonstrert at skorpen under fjellkjeder i virkeligheten er tynnet fra undersiden, gjerne opptil 10-20 km – se for eksempel tverrsnitt av de nordlige Appalachene (Jackson et al. 1989) og Sierra Nevada, vestlige USA (Wernicke et al. 1996). I sistnevnte undersøkelse konkluderte forfatterne dessuten at oppdriften for Sierra Nevada-fjellkjeden er å finne i den underliggende anomalt lette mantelen, **ikke** i skorpen.

Figur 2.4 antyder en dyphavsgrøft langs hele østlige Nord-Amerika, men dette er også feil.



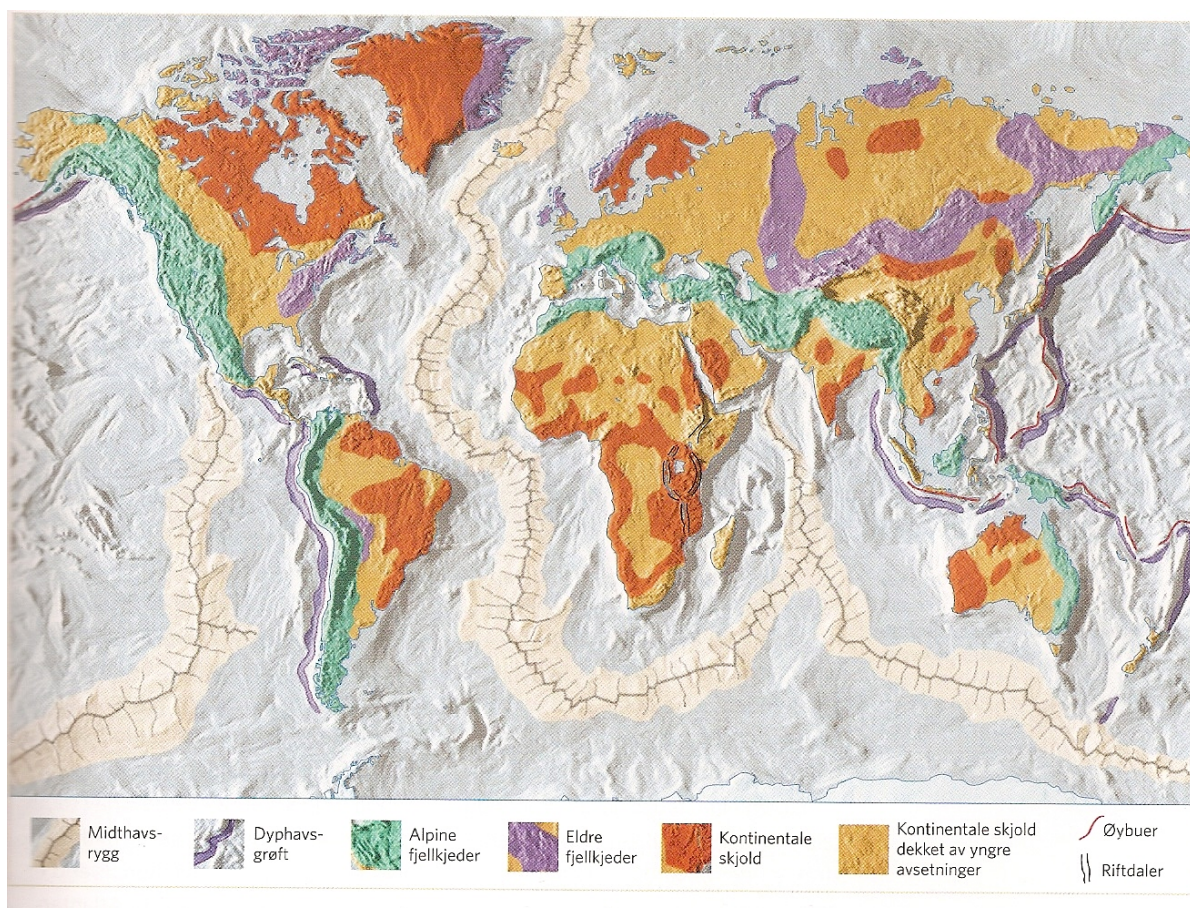
Figur 2.3 En populær men nokså misvisende forestilling om forholdene i jordens ytre.

Fig. 2.4 viser noen hovedtrekk ved jordens ytre geologisk-topografiske forhold, men visse deler av beskrivelsen er feil og må korrigeres. Som teksten sier er det prekambriske skjoldområdene gjerne dekket av yngre lag, men dette er også tilfelle langs de unge fjellkjedene og i havområdene. I den tektoniske ringen rundt Stillehavet (den berømte "Ring of Fire") er det demonstrert at gammelt grunnfjell har deltatt i gjentatte deformasjonsfaser helt frem til alpinsk tid, det vil si, rester av gamle bergarter og foldefaser opptrer sammen med unge bergarter og prosesser. Tilsvarende gamle skorpelag er også fremtredende i Alpene. Platedetektonikken forutsetter at skorpen i verdenshavene nesten utelukkende er bygget opp av basalt, som igjen er dekket av et lag yngre sedimenter. Men prøvetaking fra den store mengden relativt tykke rygger og platåer spredt rundt omkring i havområdene (disse topografiske ujevnheter fremgår også tydelig på fig. 2.4) viser at de er oppstående rester av gammel kontinentsskorpe. Langs de midtoseane ryggene er dessuten de dypere deler av den underliggende havbunnsskorpen bløttlagt. I den store UNESCO-publikasjonen *International Geological-Geophysical Atlas of the Atlantic Ocean* (Udintsev et al. 1989-90) fremgår det at Atlanterhavsryggen, foruten å ha et utvalg av mer eller mindre omdannede basalter, er tettpakket med metamorfe bergarter – slikt steinmateriale som

finnes overalt i foldebeltet på land (se også oversikter i Storetvedt 1997, 2003). På tilsvarende vis har russiske ekspedisjoner funnet store mengder metamorfe bergarter langs den sydøstlige Stillehavsryggen (Kashintsev og Frikh-khar 1978).

I lys av eksisterende informasjon er det derfor vanskelig å unngå konklusjonen om at havbunnskorpen representerer sterkt tyntet kontinentalskorpe dekket med et tynt basaltisk topplag; visse partier har unnslettet den mest ekstreme tynning, og disse danner i dag spredte rygger og platåer i havområdene. Det basaltiske topplaget kan dermed sees på som kun et biprodukt av selve tynningsprosessen – som har angrepet skorpen fra undersiden (se også Storetvedt 2006).

Læreboken fremholder at «På enkelte steder har de kontinentale skjoldene sprukket opp, og langstrakte biter av jordskorpa har sunket ned». Dette er selvsagt helt riktig, men det er den samme nedsynkningsprosessen som har skjedd i havet – bare i langt større grad og omfang!



Figur 2.4 De store landformene. Det blir feil å snakke om gamle og nye fjellkjeder. Vi har kun gamle og nye foldeprosesser i jordskorpen, men slike deformasjoner har IKKE ført til skorpefortykning med påfølgende heving av fjellkjeder. ALLE FJELLKJEDENE (både langs gamle og nye foldebeltet) PÅ JORDEN ER AV HELT UNG ALDER: VESENTLIG SISTE 5 MILLIONER ÅR.

Begrepene gamle og nye fjellkjeder er blitt sementerte termer, men i virkeligheten er dette rester etter oppfatninger fra siste del av 1800-tallet og er ikke i pakt med moderne geofysiske studier. For eksempel, det alpine deformasjonsbeltet i Sør-Europa ble dannet for 50-60 millioner år siden, men dette områdes heving til dagens fjellkjede har skjedd i løpet av kun de siste 5 millioner år. Det har lenge vært kjent at før denne hevingen var store deler av Europa et lavtliggende område dekket av gruntvannshav (som

Nordsjøen av idag). Uralkjeden er et annet nærliggende eksempel. De tektoniske deformasjonsfasene i dette skorpebeltet er fra jordens oldtid – fra henholdsvis c. 450 og c. 300 millioner år siden – men der eksisterte sjøverts forbindelse langs dette beltet (mellom Sentral-Europa og Barentsregionen) helt frem til slutten av tertiærtiden.

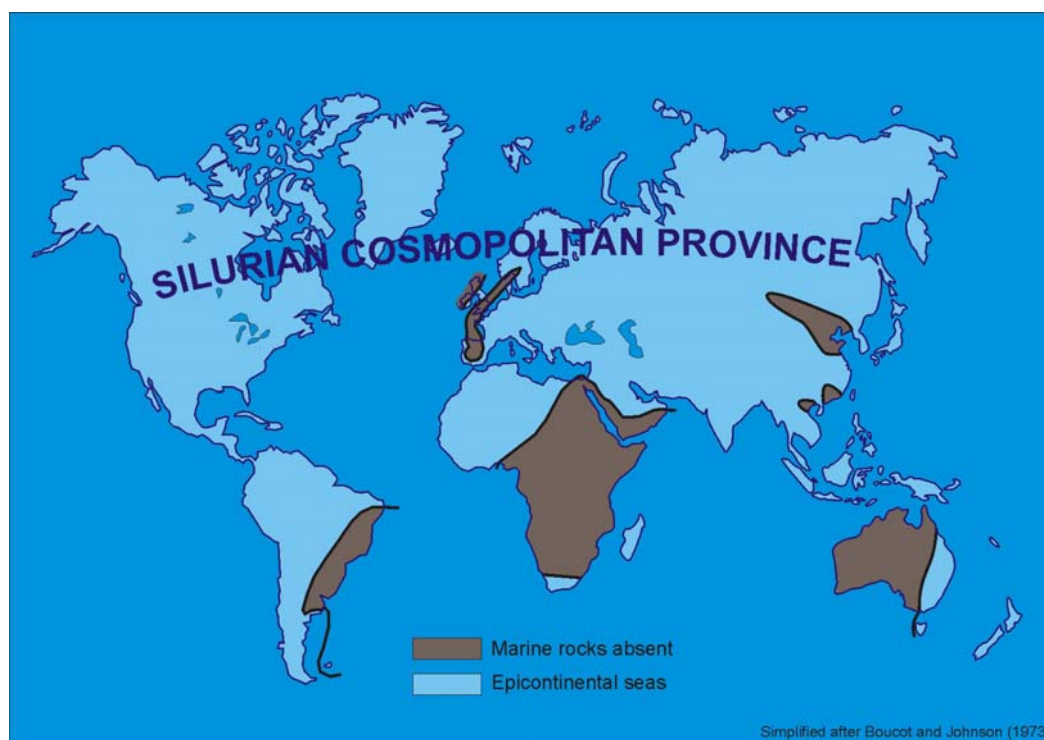
En viktig konklusjon:

**Alpene, Himalaya, Andesfjellene og alle andre fjellkjeder på jorden er i hovedsak blitt hevet gjennom kun de siste 5 millioner år. Snakket om unge (alpine) og gamle fjellkjeder gir derfor ingen mening, vi har kun relativt unge og gamle tektoniske belter som alle synes å ha dype bruddsoner ned til mantelen. Det er lokaliseringen av disse dype sprekkesonene som har ført til den sen-tertiære heving av fjellkjeder – produsert av diverse oppdriftsmekanismer i øvre mantel.**

Et viktig aspekt ved jordoverflaten og som geografibøkene ignorerer helt, er at kontinentene i lange perioder hadde varierende dekke av relativt grunt hav (såkalte transgresjoner). Dette faktum, demonstrert ved fossilførende marine avsetninger på land, var faktisk geologiens første globale problem:

**Hva var det som førte til fortidens store kontinentale oversvømmelsene og deres påfølgende drenering (regresjoner)?**

Figur D viser grunthavets store utbredelse på kontinentene i silurtiden, for c. 400 millioner år siden (Boucot og Johnson (1973)). Dette var også tiden for den kaledonske-appalachiske foldefasen, men langs dette tektoniske belte (i Nord-Atlanteren) der var ingen fjellkjede – global sett var der kun spredte områder med tørt land og livet på jorden var dermed også i vesentlig grad marint. I krittiden, for c. 100 millioner år siden, var Europa på ny i stor grad dekket av grunthav, mens Skandinavia var tørt land. Sør- og Sentral-Europa fortsatte å være et lavliggende område med grunne havarmer helt frem til slutten av tertiærtiden.



Figur D. I store deler av jordens oldtid var kontinentene oversvømmet av grunthavshav.

## Ideen om kontinentaldrift

Dagens lærebøker, og et utall TV-sendte naturprogrammer, hevder at den gode passformen mellom Sør-Amerikas og Afrikas kyster tyder på at disse kontinentene en gang har lagt inntil hverandre før deretter å ha vandret mot sine nåværende relative plasseringer. Videre blir det gjerne hevdet at det er blitt påvist mange likhetstrekk i berggrunnen på de to motstående kontinentale kyster, og at dette «beviser» at en geografisk samhörighet eksisterte i fortiden. Slike påstander er uten hold i virkeligheten. Fig. 2.8 i læreboken viser den populære sammenstillingen av Afrika og Sør-Amerika, hentet fra sørafrikaneren Alex du Toit's bok *Our Wandering Continents* fra 1937. I mellomkrigstiden gjennomførte du Toit omfattende geologiske studier langs de to aktuelle kystregioner.

**I prinsippet var du Toit tilhenger av Wegeners drifft teori, men han konkluderte med at de geologiske ulikhetene mellom de to motstående atlantiske kyster (Afrika og Sør-Amerika) var såpass store at det var umulig å plassere de to landmassene i tett geografisk kontakt.**

Han foreslo derfor at det opprinnelig måtte ha vært en 400-800 km separasjon mellom kontinentene, et tall som i virkeligheten var hentet ut fra løse luften; han kunne like gjerne ha foreslått at kontinentene alltid har hatt samme avstand som nå! Diskusjonen om kontinentale tilpasninger basert på påståtte geologiske likheter var fremdeles sterkt fremme i drifftdebatten på 1960-tallet, men slike argumenter er forlenget blitt forlatt; usikkerhetene var/er altfor store til å kunne gi meningsfulle konklusjoner.

Alfred Wegener (1929) hevdet at de sydlige kontinentene i permtiden hadde vært samlet rundt Antarktis (fig. 2.16) som han antok hadde hatt permanent beliggenhet rundt sydpolen, mens de andre landmassene gradvis hadde drevet mot sine nåværende relative posisjoner. Et av de tvingende argumentene i Wegeners rekonstruksjon (fig. 2.16) var Sør-Atlantens antatte «lukking», men fossile funn i Antarktis viste at dette kontinentet ikke hadde hatt polare betingelser men derimot varme subtropisk forhold – helt fra jordens oldtid til langt inn i tertiærtiden (se oversikt i Storetvedt 2005). Evidensene talte for at både Arktis og Antarktis hadde hatt samme klimautvikling, og at det var Afrika – ikke Antarktis – som hadde lagt ved sydpolen i den geologiske fortid (den geografiske nordpolen hadde lagt i Stillehavet). Jorden hadde altså hatt en annen romlig orientering (i forhold til rotasjonsaksen) enn i dag, og dermed hadde både Arktis og Antarktis hatt langt lavere bredder – tilsvarende Middelhavsregionen av i dag.

Dette fenomenet, kalt *polvandring* (det vil si at jorden i fortiden hadde inntatt andre romlige posisjoner i forhold til den astronomiske rotasjonsaksen), var velkjent for Wegener. Med kontinentene i sine nåværende posisjoner og med jorden i en annen romlig orientering i ekliptikken, kunne det globale paleoklimatiske systemet fått en enkel forklaring (helt uten kontinentaldrift) og geovitenskapene ville unngått å bli belemet med Wegeners feilaktige Pangaea-rekonstruksjon (fig. 2.16). Han gikk imidlertid så langt at innrømmet at Antarktis var et problem for hans rekonstruksjon, men uten å gjøre noe mer med det.

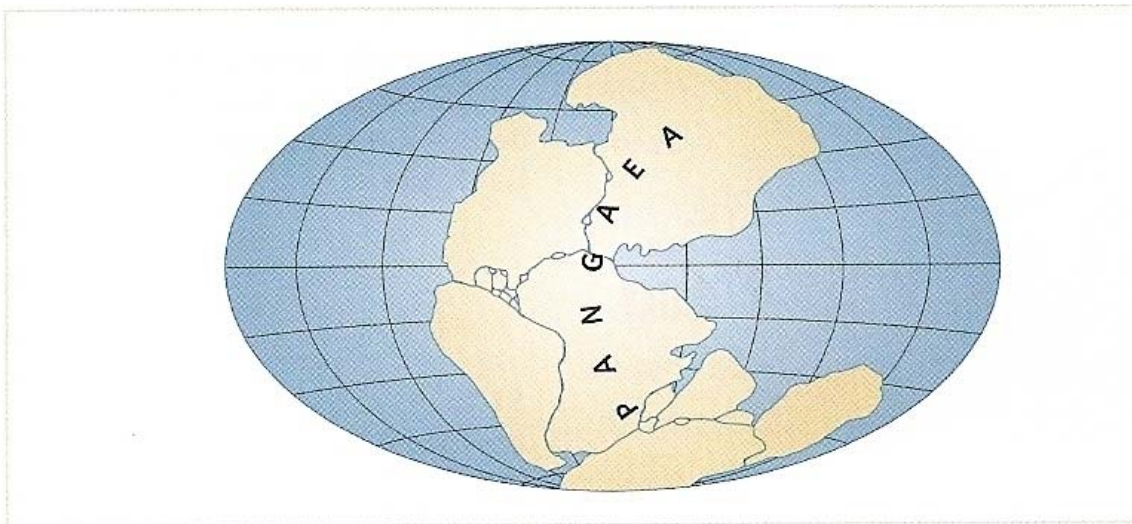
Denne fadesen er aldri blitt korrigeret; her står vi med en av hovedgrunnene til den kaotiske tilstanden i dagens jordforståelse. Ingen av de klassiske kontinentale tilpasningsproblemene, som har plaget drifftmodellen helt fra starten av, er blitt forklart. Men når grunnlagsideen er feil, vil selvsagt også dens mange problemer aldri finne akseptable løsninger.

## Havbunnsbredning – gåtefullt begrep gjennom 45 år

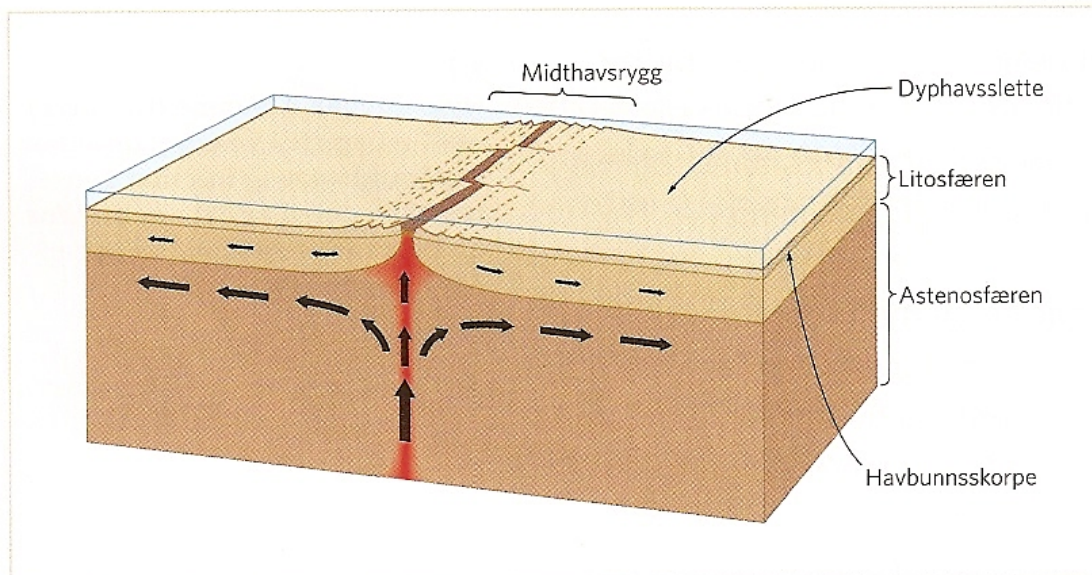
1960-årenes påstander om at havbunnskorpen består av unge basalter, at skorpen – basert på antatte aldersbestemmelser ved hjelp av magnetiske anomalier – er yngst langs midt-oseane ryggen og har økende alder mot kontinentene, at midthavsryggene representerer oppstrømmende segmenter av konveksjonsstrømmer i mantelen der skorpen rives fra hverandre samtidig som sprekken fylles igjen med ny skorpe (fig. 2.9), og at denne spredeprosessen er ledsaget av aktiv vulkanisme langs midthavs-

ryggen er blitt en endeløs nedtur for den nye globale geofysikken. Foruten Island og Jan Mayen er aktiv vulkanisme langs ryggen praktisk talt ikke-eksisterende. Etter årtier med dyphavsboringer – med geologiske studier av berggrunnen, paleomagnetiske tester, varmestrømsmålinger osv – har man åpenbart gitt opp å få en avklaring.

Men uansett hvor hardt man prøver vil det selvsagt være umulig å få spredeprosessen bekreftet dersom den er ugyldig!

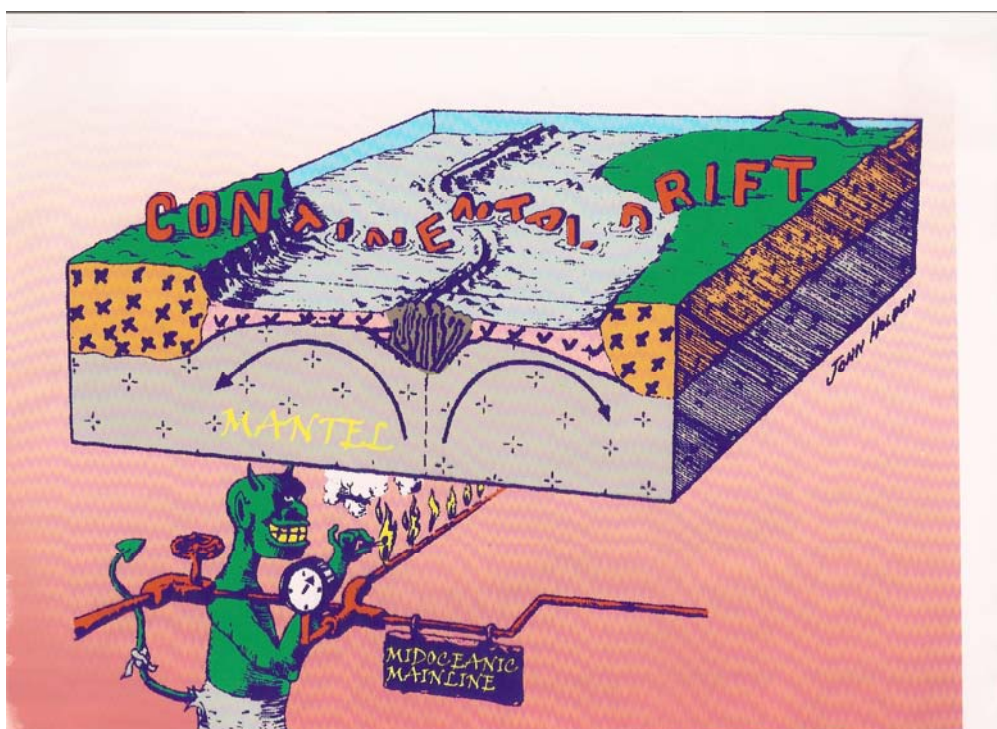


Figur 2.16 På tross av populariteten har det berømte PANGAEA en lang rekke uløste paradokser.



Figur 2.2 Den populære forestilling om havbunnsbredning er helt på kollisjonskurs med den observasjonsmessige virkelighet.

Som vi har skissert tidligere har havbunnskorpen en meget kompleks oppbygning, der basalter i varierende omdanningsgrad opptrer sammen med et stort utvalg kontinentale («granittiske») bergarter og tektonisk oppknytt mantelmateriale. Radiologiske aldersbestemmelser har dessuten gitt stort spenn i beregnet alder – selv gamle prekambriske gneisbergarter synes å være naturlige forekomster langs midthavsryggene. Da plateteknikken ble formulert fantes det kun få og spredte varmestrømsmålinger i dyphavet, men allerede rundt 1970 var det blitt klart at varmeutstrømningen langs midthavsryggene var forbausende lav – på samme nivå eller sågar lavere enn på kontinentene, og dermed fikk man et stort problem. Kanskje forventningene om oppstigende varme masser og mantelkonveksjon var en ren fiksjon? For dersom havbunnsbredning var en innbilt prosess, hadde man heller ikke bruk for mantelkonveksjon som drivmekanisme. Men for å opprettholde ideen startet serien av spesialforklaringer og ad hoc løsninger, først og fremst om hvorfor varmestrømmen og de lineære magnetiske anomalier ikke fremkom som forventet. Og dessuten, hvordan skulle det store og brede N-S gående foldebeltet i det Indiske Hav – mellom Laccadive-Chagos og Nitti-Øst Ryggen, bli forklart? I henhold til plateteknikken hadde foldebelter midt i et verdenshav «ingenting der å gjøre»! Alle problemene førte til en stressende situasjon, og for å holde humøret oppe kunne man tidvis utover på 1970-tallet være vitne til humoristiske innslag (Fig. E) på vitenskapelige møter. Dersom man tok observasjonene rett og slett slik de fremstod («at their face value») var det gode grunner for å tro at havbunnskorpen hadde hatt en helt annen historie enn det plateteknikken fremholdt. Men på slutten an 70-tallet var det «for sent» å gjøre noe med fadeseen – toget var gått, altfor mange forskerkarrierer, makt og prestisje stod på spill. Og da så!



Figur E. Når observasjonene ikke passer med forventningene blir humoren god å ty til

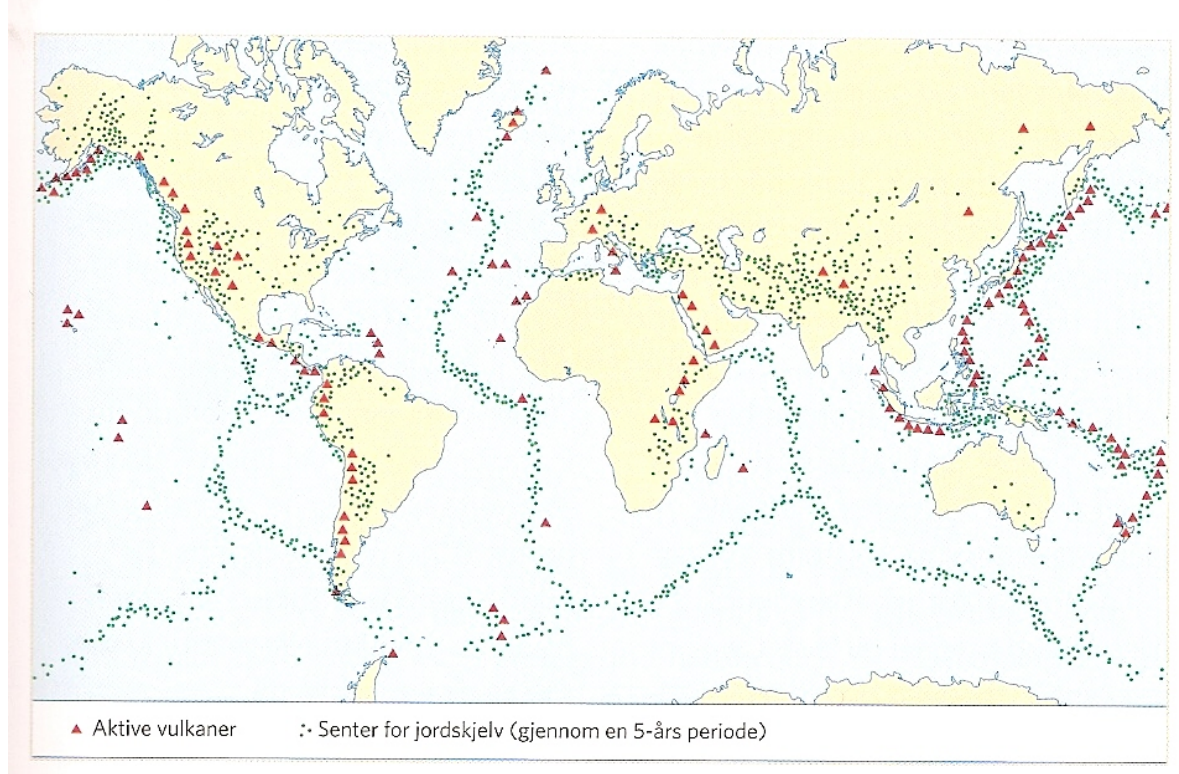
## Jordskjelv, vulkanisme, og subduksjonspadokset

Dersom man ser på den globale fordeling av jordskjelv og vulkanisme har de sterke konsentrasjoner langs tektoniske grenser uten markant aktivitet utenfor disse sonene – som skissert på fig. 2.18. Disse aktive grensene deler jordoverflaten inn i et antall større og mindre regioner – i nåtiden kalt plater. Men sett i lys av nyere studier av jordens indre, har kontinental og oseansk mantel ulik sammensetning (kontinentene har relativt tykk skorpe og flere hundre kilometer dype røtter ned i mantelen, mens

dyphavsområdene har overveiende tynn skorpe med underliggende «anti»-røtter). På denne bakgrunn virker platetektonikkens bevegelsessystem ganske paradoksal.

**Hvordan skal kontinentene kunne bevege seg rundt omkring på overflaten når de befinner seg på «tilvist» plass i forhold til sine respektive mantelrøtter?**

På grunn av det myke astenosfærelaget på 50-100 km dyp, er derimot roterende *på-stedet* bevegelser i det stive øverste laget en mulighet – ikke sidelengs (laterale) forflytninger slik platetektonikken bygger på.



Figur 2.18 Fordelingen av aktive vulkaner og jordskjelvaktivitet deler jordens ytre lag inn i regioner. Spørsmålet er hvordan dette tektoniske systemet skal forstås. Siden kontinentene har flere hundre kilometer dype røtter ned i mantelen blir det nokså meningsløst å snakke om relativt tynne plater som driver rundt på overflaten. 3

Dersom havbunnsbredning er en fiksjon og platetektonikkens bevegelsessystem en umulighet, vil det heller ikke være rart at paradoksene omkring subduksjons-hypotesen står i kø. Det er viktig å være klar over at de dypeste jordskjelvene oppstår der det eksisterer dype bruddsoner ned i mantelen; dette er spesielt situasjonen rundt Stillehavet og langs den Indonesiske øybuen. I den klassiske forestillingen, der jordskjelv angivelig utløses ved mekaniske brudd, blir spesielt problematisk å forklare de virkelig dype skjelvene.

I den tradisjonelle forestilling om forholdene i jordens indre er temperaturene på dyp mer enn 100 km relativt høye og bergartsmaterialene dermed nokså smidige og lett deformerbare ("plastiske"); under slike forhold blir det krevende å forklare jordskjelv som mekaniske brudd. Kanskje jordskjelv, i sin alminnelighet, ikke skyldes energi utløst ved tektoniske bruddmekanismer, men derimot er resultat av at jordgass under stort indre hydrostatisk trykk bryter gjennom barrierer på sin vei mot overflaten?

Under en slik synsvinkel vil det være det plutselige gjennombruddet av høytrykksgass som er den egentlige energiutløseren; eventuelle tektoniske mekanismer i jordskjelvsenteret blir dermed kun sekundære prosesser.

Den etappevise vandringen av denne indre gassen, ut mot jordoverflaten, vil naturlig nok følge de gamle bruddsonene (opprinnelig dannet i jordens urtid – prekambrium, og reaktivert et utall ganger gjennom jordhistorien) og i blant føre til sterke jordskjelv. Blir energiutløsningen kraftig nok kan skorpen over løfte seg og sette i gang en undervansbølge som i grunne kystfarvann kan bygge seg opp til en ødeleggende flodbølge, slik som tsunamien 26. desember 2004 utenfor Sumatra. Vanligvis er jordskjelv et «punkt-fenomen» idet mange skjelv, både for- hoved- og etterskjelv, opptrer gjerne i et begrenset område. Men dersom utbruddet er kraftig nok kan større deler av en aktuell dyp bruddsone bli reaktivert, og dermed kan vi få mange gassutbrudd (med tilhørende jordskjelv) langs forkastningssonen (dette skjedde langs Sumatra i 2004).

**De tallrike mediaoppslag om Sumatra-skjelvet forklarte hendelsen ved at den indiske platen hadde "hengt seg opp" og dermed fått et rykk i sin bevegelse ned under Sørøst Asia, men i forbindelse med det ødeleggende jordskjelvet i Kina i 2008 fikk vi ingen tilsvarende platetektonisk forklaring; ingen kunne peke på en aktuell subduksjonssone under den kinesiske landmassen og dermed ble det heller ingen store oppslag i media.**

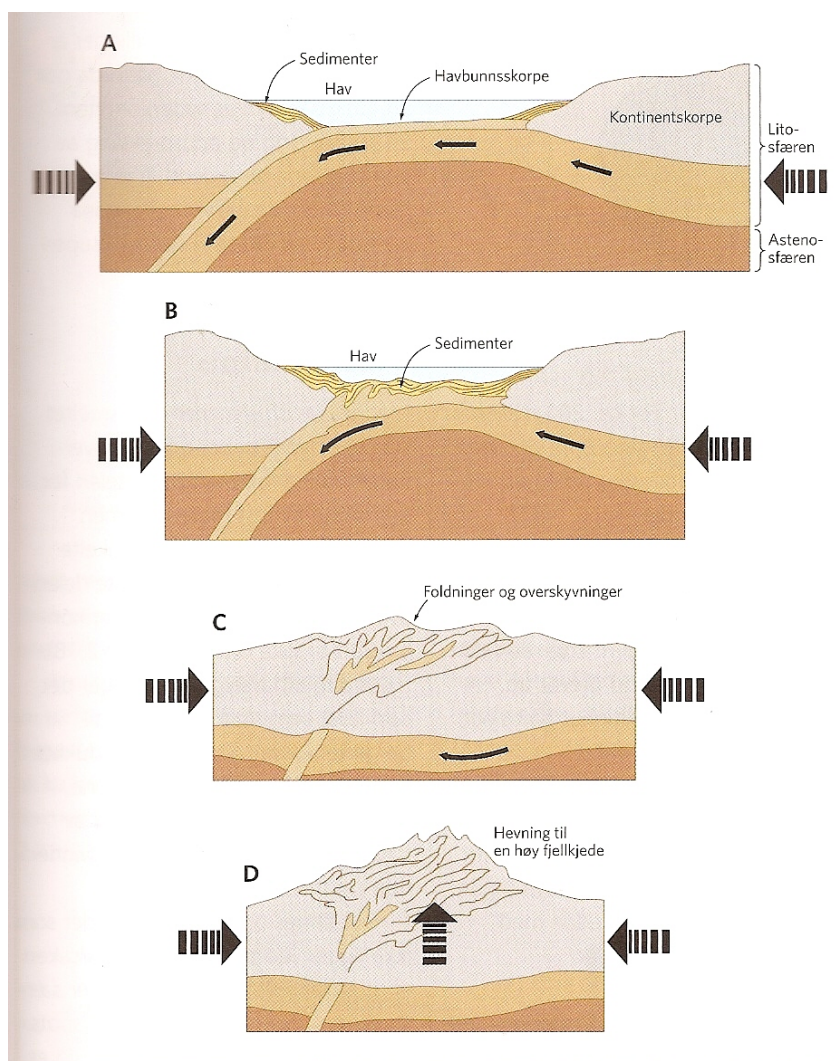
Dagens populære forklaring på vulkanismen rundt Stillehavet og langs den indonesiske øybuen er at den er et produkt av subduksjon; når oseanskorpen presses ned under tilstøtende kontinenter oppstår friksjon med varmeutvikling med dermed magmadannelser. Men plateteknikken har ingen forklaring på vulkansk aktivitet inne på kontinentene, og dermed står den i realiteten uten en rell forståelse av fenomenet vulkanisme. Hvis man derimot betrakter jorden som en planet under pågående utgassing, vil vi ikke ha tilsvarende vanskeligheter med å finne en generell forklaring; der vil være tallrike muligheter for kjemiske reaksjoner med eksplosiv varmeutvikling og dermed magmadannelse. Dette betyr at den eneste forutsetningen for å få kraftige jordskjelv og vulkansk aktivitet er tilstedeværelsen av «åpne kanaler» ned til mantelnivå. Disse betingelsene er først og fremst oppfylt der vi har de dypeste bruddsonene (Stillehavet, Indonesia, Kina og indre Middelhav).

Gjennom tidene har det vært mange katastrofale vulkanske utblåsninger og jordskjelv i den Indonesiske regionen der overliggende fjell i stor grad er blitt pulverisert av det store indre gasstrykket. For eksempel, det enorme Toba-utbruddet for ca. 75 000 år siden på Sumatra antas å ha hatt store klimatiske og miljømessige konsekvenser på jorden. Andre vulkanske kraterdannelser i denne regionen er Krakatao i 1883 og Tambora i 1815. Historien er dessuten full av eksempler på hvordan tiltakende gassutstrømninger gjennom overflaten har endret dyrs oppførsel, samtidig med dannelsen av tett dis i lavereliggende terreng (såkalt jordskjelvvær) – signaler som i spesielt utsatte områder (Kina, Hellas, Tyrkia) har vært tatt som forvarsel om forestående jordskjelv. Etter at vi fikk et tett nettverk av satellitter i bane rundt jorden har det også blitt mulig å registrere plutselige skydannelser i forbindelse med større jordskjelv.

Når vi snakker om konsekvensene av jordgass under stort indre trykk er det naturlig å nevne mineralet diamant, høytrykksmodifikasjonen av rent karbon – det hardeste mineral i naturen. Diamantstrukturen er egentlig ikke stabil ved overflateforhold, og dersom transporten til overflaten hadde gått relativt langsomt ville diamanter endret krystallstruktur til det bløte mineralet grafitt. Grunnen til at diamanter likevel finnes i naturen er at de er brakt raskt til overflaten (og sjokknedkjølt); de oppnår dermed mineralogisk stabilitet lenge nok for alle menneskelige formål. Den raske overføringen til overflaten skjer via eksplosjonskanaler fra mantelen (såkalte kimberlitrør) forårsaket av gass (karbondioksid, metan, vandamp etc) under høy trykk. Disse substansene finnes også i varierende grad som små inneslutninger i diamantstrukturen.

Vi har allerede sett at jordskjelv lett lar seg forklare uten behov for platetektonikkens subduksjonsmekanisme. Så spørsmålet blir om det egentlig eksisterer en slik prosess – det vil si, at havbunnskorpen angivelig presses ned i dypet langs dyphavsgrøftene. Fig. 2.14 viser den nå populære forestillingen om hvordan subduksjonsprosessen leder til kaotisk akkumulasjon av havbunnsedimenter og oseane topografiske uregelmessigheter, og så til slutt ende opp med fortykket skorpe som ved påfølgende oppdrift danner en topografisk fjellkjede.

Boken til Sørbel/Nystad/Granli fremholder (s. 28): "På grunn av sammenpressingen blir jordskorpa tykkere etter en fjellkjedefoldning. Den tykke og lette jordskorpa «flyter opp», landet hever seg, og det blir dannet en høy fjellkjede". **Denne velkjente glansfremstillingen samsvarer imidlertid ikke med den geologiske virkelighet.**



Figur 2.14 Den platetektoniske forestilling om hvordan fjellkjeder dannes er ikke i samsvar med den observerte virkelighet.

Allerede før plateteknikken var et begrep, kunne man på vitenskapelige møter høre protester mot subduksjonsmekanismen, for en ansamling av geologisk materiale langs dyphavsgrøftene – noe som angivelig skulle bli til foldebelter – fant man ikke. Det hadde lenge vært påpekt at den globale fordelingen av antatte subduksjonssoner (dyphavsgrøfter) hadde en unormal global fordeling – nesten utelukkende begrenset til Stillehavets randsoner. Dermed fikk driftsystemet en rekke geometriske «nøtter»; det mest kjente av disse er Afrika/Antarktis-paradokset som ble sterkt profilert av den kjente

australske geologen Sam Carey allerede på slutten av 1950-tallet. Med bakgrunn i det antatte superkontinentet Pangaea (Fig. 2.16) har dessuten geologer, som arbeider innenfor den alpine regionen i Sentral- og Sør-Europa, lenge stilt spørsmål ved den manglende vulkanismen i forbindelse med den påståtte lukking av havområdet mellom Afrika og Eurasia – det såkalte Tethyshavet. Dersom Tethys virkelig lukket seg slik fig. 2.14 skisserer, burde dette ha ført til tosidig vulkansk aktivitet – langs de hypotetiske marginer i Nord-Afrika og Sør-Europa.

**Når prediksjonene ikke slår til vil det være naturlig å spørre om forventningene egentlig var basert på feilaktige forutsetninger – det vil si, at superkontinentet Pangaea aldri har eksistert. Dette kunne være et interessant tema å ta opp i undervisningen.**

I følge plateteknikken har skorpen i Stillehavet blitt fullstendig fornyet gjennom de siste 200 millioner år. Store deler av dette havet er imidlertid karakterisert ved høye undersjøiske fjell (se fig. E), så dersom vi har hatt subduksjon skulle en forvente at marginene ville vise en flere kilometer tykk kaotisk samling av kolliderende fjell og avskrapte havbunnsedimenter, slik som antydnet på Fig. 2.14d. Men ingenting av dette kan observeres – knapt noen undersjøiske fjell finnes langs dyphavsgrøftene, og på tross av den ofte relativt beskjedne avstanden til nærmeste kontinent er der også svært beskjedent med sedimenter. Den vestlige Stillehavsmarginen er spesielt kjent for mangelen på sedimenter, et problem som var fremme i den vitenskapelige debatten allerede på slutten av 60-tallet. Enkelte dyphavsgrøfter har sedimentlag (avsetninger over den krystallinske skorpen) som bare er 100 meter tykke og attpåtil flattliggende – der er ikke tegn til tektonisk deformasjon slik som forventet dersom subduksjon virkelig hadde funnet sted.

**Hvorfor er der så lite sedimenter i mange dyphavsgrøfter? Det må være fordi avsetningstiden har vært mye kortere enn antatt, noe som igjen kan bety at innsynkningen av dyphavsgrøftene er geologisk sett meget unge – kanskje bare noen få millioner år gamle. Denne typen resonnement er klart destabiliserende for platedriftsmodellens hegemoni; men så har denne modellen heller aldri fungert i praksis. Dette er gode eksempler/spørsmål for diskusjon i klassen; undring basert på "problematisk" fakta har en klar av-ideologiserende virkning, i tillegg til at de fremmer elevenes nysgjerrighet.**

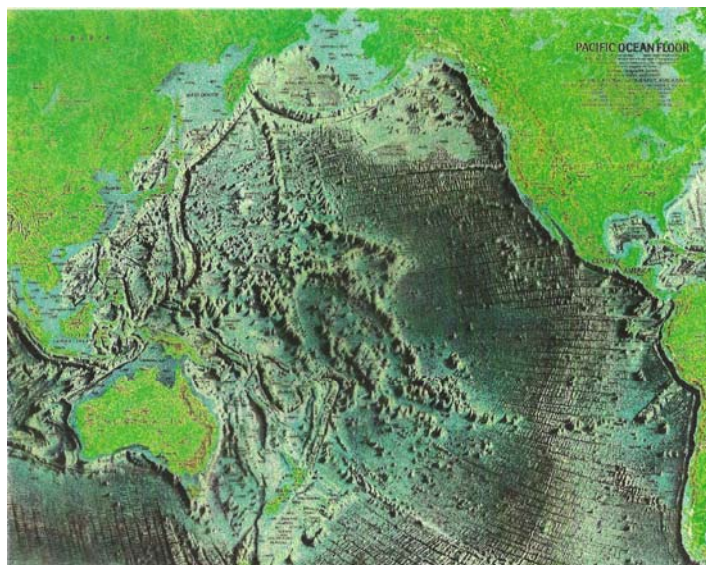


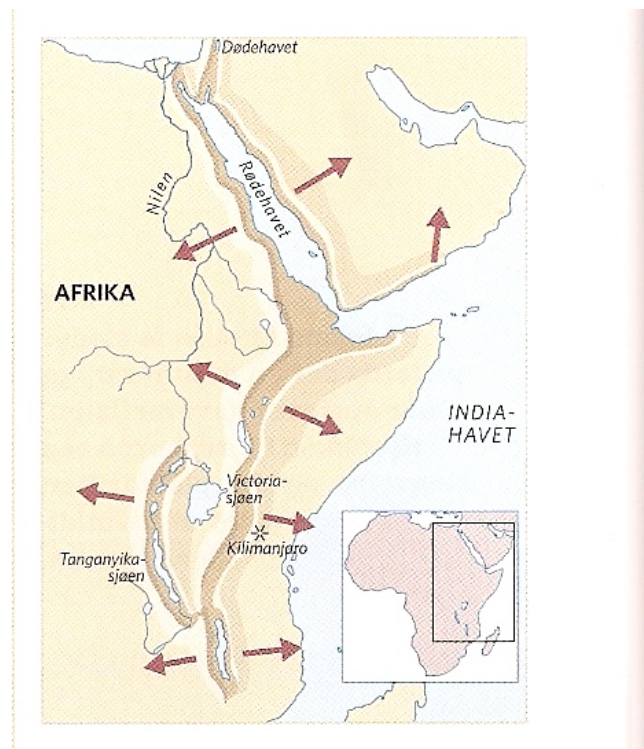
Fig. E. Store deler av vestlige Stillehavet er karakterisert av et stort antall høye undersjøiske fjell og fjellkjeder. I følge platedriftshypotesen er hele dette havområdet blitt fornyet, ved havbunnsbredning og subduksjon, gjennom de siste 200 millioner år. Men dyphavsgrøftene langs Asia og Australia viser ingen tegn til slike prosesser!

## Riftsystemet i Øst-Afrika

Den østafrikanske riftdalen (ØAR), bestående av en østlig og en vestlig hovedgren, er et samlebegrep for en gammel sammensatt bruddstruktur gjennom skorpen – en serie graben- og forkastningsstrukturer i østlige Afrika som ifølge Tiercelin og medarbeidere (1988) har vært tektonisk aktive i perioder helt siden Prekambrium (jordens urtid). De viktigste periodene i den geologiske utviklingen, med bevegelser og vulkanisme, har funnet sted i løpet av alpinsk tid (spesielt i de siste 50 millioner år) – med hovedfaser i henholdsvis Eocene og Miocene. Samtidig med den topografiske hevingen av alle jordens fjellkjeder, fra slutten av tertiærtiden og frem til i dag, har også det østafrikanske riftsystemet og Rødehavets flanker blitt hevet. Tolkningen av denne sammensatte skorpestrukturen har skiftet med tiden. Før plate-tektonikkens tid var det vanlig at konklusjonene begrenset seg til kun regionale geologiske og geofysiske observasjoner, men etter at plateteknikken tok styringen er det blitt maktpåliggende å få de oppnådde data tilpasset de nye globale synspunkter. Når svaret dermed er gitt, er «utglatting» av datagrunnlaget og ignorering av alle undersøkelser som «ikke passer inn» blitt standard prosedyrer. Fig.2.15 gir et klassisk eksempel på forestillingen om et verdenshav på et tidlig utviklingsstadium. Med platetektonikkens dramatiske stil blir det hevdet:

*“Et stort kontinent sprekker i flere deler. Deretter driver kontinentdelene fra hverandre, og det åpner seg nye havområder. Begynnelsen på en slik oppsprekking ser vi i dag i Øst-Afrika. Der har oppsprekkingen ført til de store riftdalene og Rødehavet. Om utviklingen fortsetter, vil dette bli til et nytt verdenshav om noen titalls millioner år”.*

Bevegelsespilene i fig. 2.15 bidrar til å forsterke de ubekreftede påstandene, men har dette bevegelsessystemet et reelt observasjonsgrunnlag?



Figur 2.15 Den platetektoniske forestilling om Rødehavets og Den østafrikanske riftsonens utvikling – som starten på et fremtidig verdenshav – er knapt annet enn ønsketenkning, ute av pakt med den observasjonsmessige virkelighet.

Elevene burde bli fortalt at de samme gamle grunnfjellslag (fra jordens urtid) som er blottlagt langs Rødehavets flanker (både på den saudiarabiske og afrikanske siden) finnes også på øyer i Rødehavet, og dyphavsboringer i regionen har også endt opp i de samme gamle bergartskompleksene. En lang rekke studier har konkludert med at dette smale havområdet har semikontinental skorpe – det vil si, en normal kontinentalskorpe som har gjennomgått tynning og delvis omdanning fra undersiden og oppover (se for eksempel Makris og Rhim 1987; Richter 1991, og mange andre).

Dersom vi ser bort fra de ideologibaserte bevegelsespilene på fig. 2.15, og kun forholder oss til det som faktisk observeres, kommer vi lett til konklusjonen om at Rødehavet antagelig ikke er annet enn en enkel innsynkningsstruktur – sentrert langs en dyp sprekkesone som strekker seg i hele havets lengde, med en sideavstikker langs Aquaba-bukten og Dødehavsriften. Området har ventelig gjennomgått isostatisk innsynkning på grunn av tynning av skorpen på undersiden.

Den meget tvilsomme påstanden om at Rødehavet er blitt dannet ved en spredeprosess har også en alvorlig geometrisk motforestilling helt i sør, ved Bab-el-Mandeb stredet, der Rødehavets utløp representerer en relativt smal passasje. På begge sider av dette utløpet er skorpen av normal kontinental type – ca 40 km tykk. Den eneste forskjellen mellom de to sidene er at Afar-regionen (på den afrikanske siden) er dekket av et visst lag med basalt, noe som er naturlig da dette området krysses av den østafrikanske bruddsonen som er vulkansk aktiv i flere områder. Å gjøre Afar til en spredeskorpe, slik at sørvestlige del av Den arabiske halvøy kan innpasses (fig.2.15 er «tilpasset» denne ideen), er knapt annet enn ren ønsketenkning. Afar har mange likheter med Færøyene der et lag av basalt topper (og skjuler) den underliggende tykke skorpen, men ingen tviler likevel på de geofysiske resultatene som viser at Færøyene er kontinental.

Den ytterst beskjedne strekking av skorpen som synes å være tilfellet i Rødehavet, bekreftes lengre sør langs ØAR. Således har både den nordlige og sørlige del av hovedriften gjennom Kenya blottlagt prekambrisk grunnfjell på tvers av hele riften (Baker og Wollenberg 1971). Slike observasjoner viser at en eventuell tversgående utvidelse av riften i beste fall må være ekstremt beskjeden. Geofysiske studier av skorpen langs ØAR viser at den er tynnet kontinentalskorpe – i gjennomsnitt 30-35 km tykk mens skorpen på flankene er ca. 40 km (Henry et al. 1990). Men der er store forskjeller i tynningsgrad langs riften. For eksempel, i en oversiktsartikkel av Keller et al (1992) blir det konstatert "a picture of the Kenya Rift that is significantly different than previously inferred, particularly in that the crustal thickness varies greatly along the rift". Altså, der er betydelige variasjoner i graden av skorpetynning langs ØAR; i noen områder (som i Kenya-riften) er skorpetykkelsen bortimot halvert, fra 40+ km til nærmere 20 km. Men denne tynningsprosessen er klart sterkest utviklet langs Rødehavet. Prosessen med avskalling og til dels oppløsning av skorpen fra undersiden skjer i første rekke gjennom den svært reaktive tilstand som vannholdige oppløsninger får under høyt hydrostatisk trykk i øvre mantel – en såkalt superkritisk tilstand. Regionale forskjeller i nedbrytnings/tynnings-graden avhenger dermed av den tilgjengelige mengde vannholdige oppløsninger i astenosfæreområdet, noe som igjen er betinget av variasjoner i utgassingsmulighetene fra større dyp i mantelen.

### Konklusjon

Ved å benytte oss av lett tilgjengelig informasjon i faglitteraturen kommer vi enkelt frem til helt andre konklusjoner om Den østafrikanske riften enn serien av ubegrunnede påstander i lærebøkene.

## Hvordan er egentlig litosfærebevegelsene?

Fig. 2.10 gir en illustrasjon av de antatte litosfæreplatenes bevegelser. Midthavsryggene er tiltenkt rollen som sentra for nydannet havbunnskorpe – en hypotetisk spreddeprosess som er markert med røde piler. Basis for denne antagelsen er de lineære magnetiske anomaliene som midt på 1960-tallet var antatt å representere vekslinger i havbunnens fossile magnetisme i takt med det paleomagnetiske feltets polaritetsendringer. Dersom dette var riktig ville de positive og negative feltanomaliene svare til det jordmagnetiske feltets vekslinger i polaritet. På 1960-tallet var dette et lovende hjelpemiddel til å datere utviklingen av havbunnen. Men ideen om havbunnsbredning og de magnetiske anomaliens betydning måtte testes.

Paleomagnetiske målinger på basaltiske prøver fra dyphavsboringer ble gjennomført, men resultatene var nedslående. Etter hvert ga man opp forsøkene med å få stadfestet ideen om havbunnsbredning; prosjektene som skulle bekrefte selve fundamentet i platetektonikken ble det ikke mer snakk om. Men i lærebøker på alle nivåer formidles fortsatt hypotesen om havbunnsbredning som om den skulle være sakral.

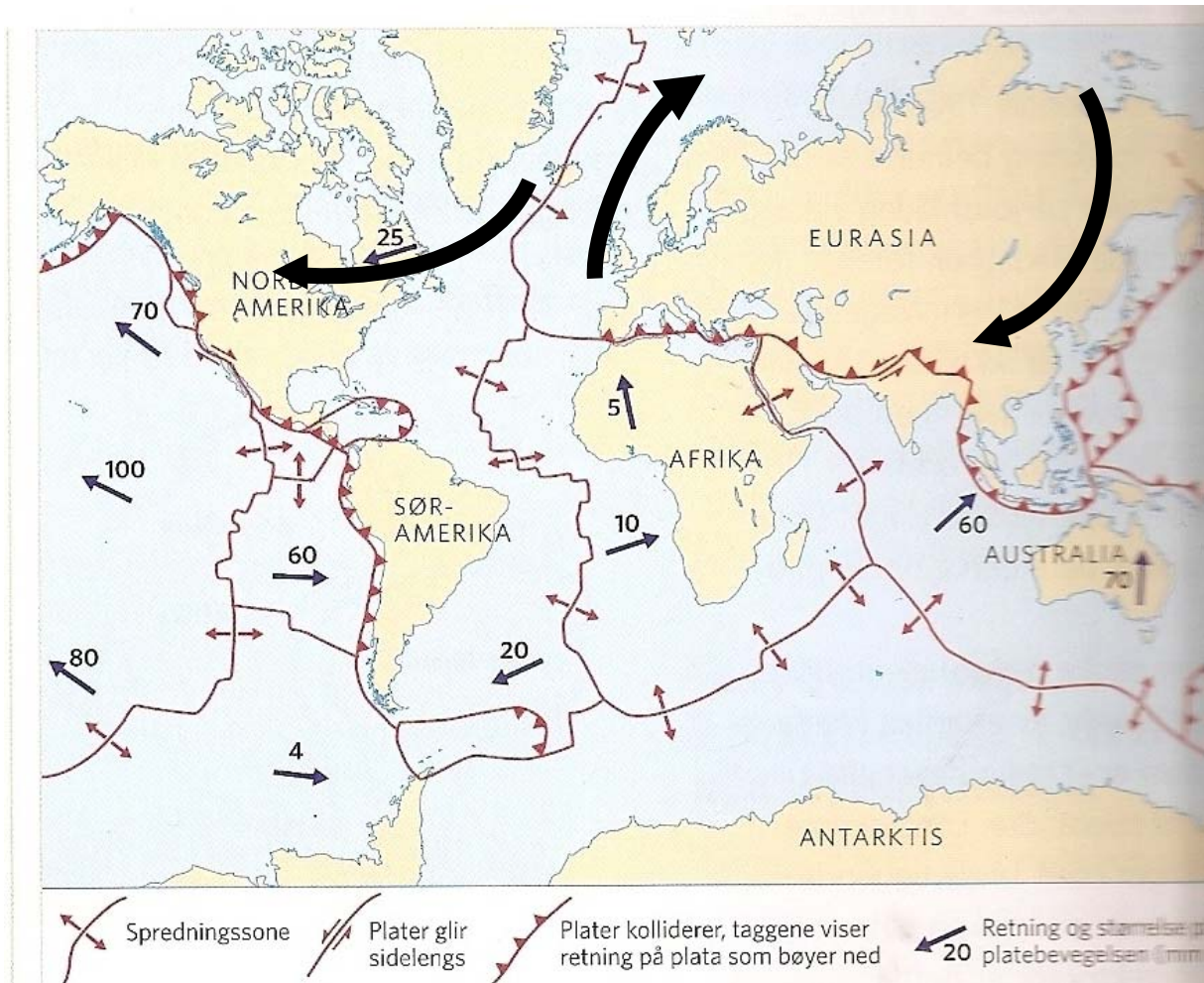


Fig. 2.10 Platetektonikkens bevegelsessystem; men ingenting av dette er bekreftet! Som store svarte piler har jeg lagt til de nordlige kontinenters nåtidige bevegelser basert på GPS og andre romgeodetiske målinger. Både den eurasiatiske og nordamerikanske landmassen roterer med-urviseren – i samsvar med treghetsbevegelsene på den nordlige halvkule. Alle målinger i Vest-Europa viser bevegelser mot NNØ – del vi si, helt forskjellig fra den øst-sørøstlige retning som platetektonikken forventer (se figur). Island gjennomskjæres av en dyp bruddsone. Nord-Amerika har en vestlig dreining i forhold til Europa; dermed får Nord-Atlanteren vifteform (åpning mot sør). Se teksten for videre diskusjon.

De røde spredpilene på fig. 2.10 har derfor ingen observasjonsmessig basis. Både de midtoseane ryggene og Benioff-beltet rundt Stillehavet (med sine stedbundne dyphavsgrøfter) må derfor forklares på andre måter. Fig. 2.10 har også noen svarte piler som antagelig skal indikere de postulerte platenes resultantbevegelser. Det er symptomatisk for dagens situasjon at nesten alle disse svarte hastighetspilene er plassert i verdenshavene der man i vesentlig grad mangler konkrete satellittbaserte hastighetsmålinger. Kun 3 av i alt 11 hastighetspiler er plassert på kontinentene – og ingen i Eurasia, verdens største landmasse. Dette er ganske betegnende for den faglige forvirringen. Spesielt de nordlige kontinentene har et meget stort antall geodetiske målestasjoner som gir et konsistent hastighetsbilde som avviker markert fra de platetektoniske forventninger.

Det har lenge vært kjent at GPS-data og andre satellittbaserte geodetiske målinger viser at Vest-Europa beveger seg i retning NNØ, det vil si parallelt med Den Midt-Atlantiske ryggen. Dette viser at kontinentet i virkeligheten beveger seg loddrett den retningen platedriftsmodellen forventer. En sammenstilling av alle GPS hastighetsvektorer for Eurasia (Zemtsov 2007) viser at hele dette storkontinentet gjennomgår en med-urviseren dreining – stikk i strid med platetektonikkens prognoser.

Det synes som om også den østlige delen av Island (øst for den sentrale vulkanske sonen) deltar i denne med-urviseren rotasjon; en stasjon på nordøstlige Island viser den samme NNØ-lige hastighetsendring som Europa. I sydvestlige del av Island derimot (vest for den tektonisk aktive sentralsonen) viser et nett av GPS-stasjoner med SSV-rettede hastighetsvektorer (Hreinsdóttir et al. 2001).

Dette tyder på at Island er i ferd med å bli delt i to langs den sentrale riftsonen – en konklusjon som for øvrig er i samsvar med *in-situ* stressmålinger utført av den svenske geofysiker Nils Hast (Hast 1973).

Den vestlige delen av Island samt Nord-Amerika inngår i en ny litosfæreblokk som igjen roterer med-urviseren (Storetvedt 2003). De nordlige landmassene utgjør dermed to separate tektoniske masser; de roterer i samme retning men har en tektonisk skillelinje (bruddsone) i nordlige Atlanterhav – langs den Midt-Atlantiske ryggen og Island. Den nord-amerikanske blokken har rotert mer enn Eurasia, og dermed har det nordlige Atlanterhav fått vifteform med åpning sydover. Det storskala GPS-baserte hastighetsbildet er på fig. 2.10 markert med tykke buete piler.

Fig.2.10 skisserer litosfærebevegelsene for to sydlige kontinenter – Afrika og Australia, resultater som er i godt samsvar med moderne geofysiske data. Både paleomagnetiske og romgeodetiske målinger viser mot-urviseren rotasjoner for Afrika, og på basis av paleomagnetiske målinger har det lenge vært kjent at også Australia har rotert mot-urviseren i nyere geologisk tid. Det er for øvrig denne unge mot-urviseren rotasjon av Australia som har skapt den kne-formete Benioff-sonen øst for Australia samt de kompliserte tektoniske forhold i Sørøst-Asia (med stor jordskjelvaktivitet og vulkanisme). Summa summarum avtegnes det et konsistent system av *på-stedet* litosfærebevegelser:

I nord er bevegelsene med-urviseren, i sør mot-urviseren. Dette tyder på at de tektoniske rotasjoner skyldes treghetsbevegelser knyttet til uregelmessigheter i jordens spinn om egen akse. Vi får dermed et helt nytt system av bevegelser i jordens overflatelag – radikalt forskjellig fra platemodellens prediksjoner. Siden rotasjonene foregår *på-stedet* får vi heller ikke problemer med de kontinentale røtter.

I det mobile system som her er skissert blir aksene for de midtoseane ryggene tektoniske bruddsoner, og relative bevegelser mellom lithosfæreblokkene har ført til tektoniske deformasjoner og omdanningsprosesser i den tynne havbunnskorpen. Dersom aksene for Den midt-atlantiske ryggen (MAR) er en skjærsone vil ventelig flere områder langs ryggen ha relativt åpne kanaler for stor vanntilførsel fra mantelen. Island er et godt eksempel. Dessuten vil vann i superkritisk tilstand bryte ned skorpen slik at mantelen blir blottlagt på havbunnsoverflaten. Et eksempel på denne prosessen er Molloy-dypet på MAR mellom Svalbard og Grønland (Fig.F). I et annet område av MAR, midt mellom Kapp Verdeøyene og Karibian, har en britisk forskergruppe nylig oppdaget et flere tusen kvadratkilometer stort område der skorpen er eliminert/oppløst slik at mantelen er blitt blottlagt. På bakgrunn av slike observasjoner er det rimelig å tro at hele riftdalen langs MAR demonstrerer et begynnende skorpesammenbrudd (tynning av skorpen fra undersiden med resulterende innsynkning etter Archimedes' prinsipp).

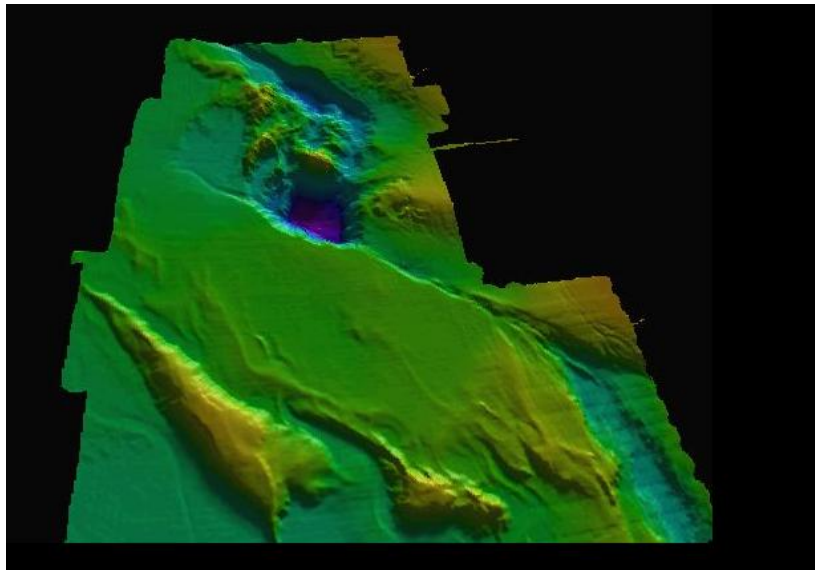


Fig F. Molloy-dypet langs Den midtatlantiske ryggen (MAR) mellom Svalbard og Grønland der skorpen mangler og mantelen er blottlagt (fiolett farge). Legg merke til at også nord og sør for Molloy-dypet fremtrer MAR som en forsenkning (lysblå).

## Avsluttende kommentarer

Læreplanen i geografi legger blant annet vekt på at undervisningen skal:

- a) "utvikle bevissthet om forholdet mellom naturen og de menneskeskapte omgivelsene" og
- b) "medvirke til forståelse og mestring av den store mengden av informasjon i vår tid. Mer kunnskap motiverer og stimulerer evnen til kritisk analyse og helhetsforståelse. Dette kan gi eleven et godt utgangspunkt for å være med i utviklingen av samfunnet på en konstruktiv måte".

Men mye av det naturgeografiske innholdet i dagens lærebøker er helt marginalt i forhold til disse målsettingene. Spesielt er det som formidles om jorden og dens indre og ytre prosesser knapt mer enn overfladisk oppramsing av gamle teser som aldri er blitt bekreftet. Helhetsforståelsen glimrer med sitt fravær, viktige fakta om jordens *modus operandi* er utelatt, og dertil er lærebøkene så godt som kjemisk rensert for kritisk naturfaglig diskusjon. De indoktrinerende synspunkter som innpodes i elevene fører kun til faglig fremmedgjøring. Uten saklige diskusjoner og kritiske holdninger til oppleste og vedtatte «sannheter» (spesielt når massen av nye observasjoner tilsier at nytenkning er helt nødvendig)

formidles ikke akkurat gode grunnforutsetninger for "forståelse og mestring av den store mengden av informasjon i vår tid".

**Tiden er derfor overmoden for en oppdatering av lærebøkernes formidling om jorden.**

#### REFERANSER

- Artemieva, I.M. og Thybo, H., 2008. Deep Norden: Highlights of the lithospheric structure of Northern Europe, Iceland, and Greenland. *Episodes* 31, 98-106.
- Baker, B.H. og Wollenberg, J., 1971. Structure and evolution of the Kenya Rift. *Nature* 229, 538-542.
- Barrell, J. 1927. On continental fragmentation and the geologic bearing of the Moon's surface features. *Am. J. Sc.* 213, 283-314.
- Belousov, V.V., 1990. Tectonosphere of the Earth: upper mantle and crust interaction. *Tectonophysics* 180, 139-183.
- Boucot, A.J. og Johnson, J.G. 1973. Silurian Brachiopods. Artikkel i: *Atlas of Palaeobiogeography*, Elsevier, Amsterdam.
- Cloos, H. 1939. Hebung-Spaltung-Vulkanismus. *Geologische Rundschau* 30.
- Henry, W.J. og medarbeidere 1990. A seismic investigation of the Kenya Rift Valley. *Geophys. J. Int.* 100, 107-130.
- Hast, N. 1973. Global measurements of absolute stress. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., A* 272, 409-419.
- Hreinsdóttir, S. og medarbeidere 2001. Crustal deformation at the oblique spreading Reykjanes Peninsula, SW Iceland: GPS measurements from 1993 to 1998. *J. Geophys. Res.* 106, 13.803-13.816.
- Jackson, H.R. og medarbeidere 1998. Seismic refraction data in the Gulf of Saint Lawrence: implications for the lower-crustal blocks. *Can. J. Earth Sci.*, 35, 1222-1237.
- Kashintsev, G.L. og Frikh-khar, D. 1987. Structure of the oceanic crust in the Eltanin Fault Zone (Pacific Ocean) based on petrographic data. *Oceanology* 18, 39-42.
- Keller, G.R. og medarbeidere 1992. Kenya Rift International Seismic Project, 1989-1990 Experiment. *EOS*, 73, 349-351.
- Kerr, R.A. 1993. Looking Deeply into the Earth's Crust in Europe. *Science* 261, 295-296.
- Makris, J. og Rihm, R. 1987. Crustal structure of the Red Sea region derived from seismic and gravity data. *Terra Cognita*, 7, 294.
- MacDonald, G.J.F. 1964. The deep structure of continents. *Science*, 143, 921-929.
- Okuchi, T. 1997. Hydrogen partitioning into molten iron at high pressure: implications for Earth's core. *Science*, 278, 1781-1784.

- Richter, H. og medarbeidere 1991. Geophysical observations offshore Saudi Arabia: seismic and magnetic measurements. *Tectonophysics*, 198, 297-310.
- Storetvedt, K. 1997. *Our Evolving Planet*. Alma Mater (Fagbokforlaget), Bergen, 456 s.
- Storetvedt, K. 2003. *Global Wrench Tectonic.*, Fagbokforlaget, Bergen, 398 s.
- Storetvedt, K. 2005. *Når Grunnlaget Svikter*. Kolofon, Oslo, 256 s.
- Storetvedt, K. 2006. Den Globale Torsjonsteorien. Om jordskorpens tektono-topografiske utvikling. Artikkel i: *Teori og Metode i Geografi*. Fagbokforlaget, Bergen, 288-310.
- Tiercelin, J.J. og medarbeidere 1988. East African Rift System: offset, age and tectonic significance of the Tanganyika-Rukwa-Malawi intracontinental transcurrent fault zone. *Tectonophysics*, 148, 241-252.
- Udintsev, G.B. og medarbeidere 1989-90. *International Geological-Geophysical Atlas of the Atlantic Ocean*. International Commission of UNESCO.
- Wegener, A. 1929. *The Origin of Continents and Oceans*. English translation 1966. Methuen & Co, London.
- Wernicke, B. og medarbeidere 1996. Origin of High Mountains: The Southern Sierra Nevada. *Science*, 271, 190-193.
- Zemtsov, V.A. 2007. Influence of Earth rotation on continental motions. *Gondwana Research*, 12, 242-251.