

Race de diepte in

Cees Laban

Er is een ware race aan de gang de diepte in. Na de Sovjet Unie is nu ook Duitsland begonnen aan de uitvoering van een superdiepe boring en Japan is bezig met plannen in deze richting.

Bij het boren tot grote diepten van meer dan 10 kilometer worden de boortechnici voor tal van problemen gesteld zoals hoge temperaturen en grote druk. De Sovjet Unie ligt in de 'wedstrijd' nog steeds vele duizenden meters voor op de andere landen.

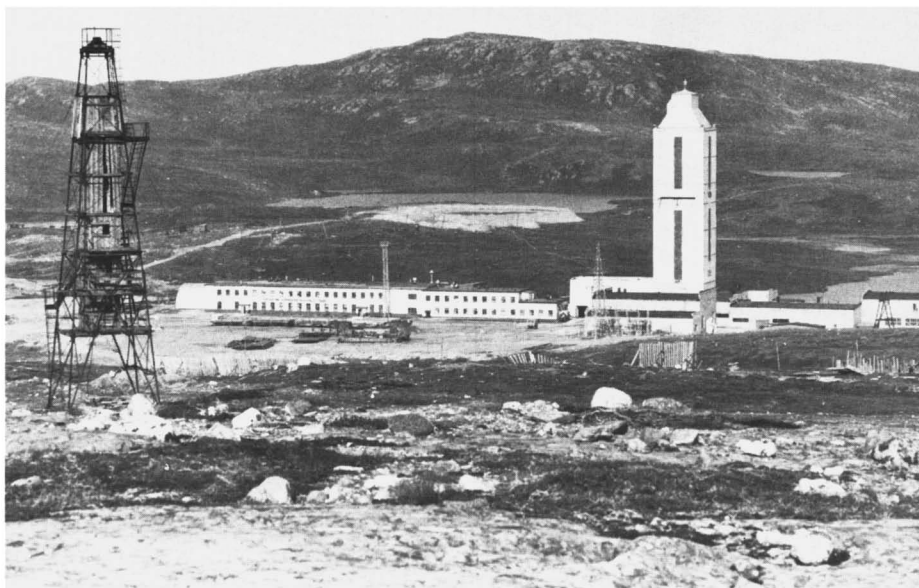
In 1970 is er op het schiereiland Kola, in het uiterste noorden van de Sovjet Unie, begonnen met de bouw van een boorinstallatie waarmee tot 15 kilometer in de aardkorst moet worden geboord. Het boren met de 86 meter hoge installatie ging op 25 mei 1970 van start, op weg de diepte in naar maar liefst 15.000 meter! De Russen hadden voor die tijd al de nodige ervaring opgedaan bij verschillende diepboringen: 6806 m bij Aralsor in de Kaspische Laagvlakte, 7520 m bij Svevtsjenko in de uitlopers van de Karpaten en 7501 m in het noorden van de Kaukasus. In het totaal zijn er 12 diepe boringen uitgevoerd in de Sovjet Unie.

Noord van de Poolcirkel

Mei 1990 bereikte de boring op het schiereiland Kola een diepte van maar liefst 12.124 meter! Om een dergelijke diepte te kunnen bereiken hebben de boortechnici tal van problemen moeten overwinnen.

De plaats van de boring, de SG-3 genoemd, ligt 250 kilometer ten noorden van de Poolcirkel en de ondergrond bestaat hier uit gesteenten van het Baltische Schild, de resten van een gebergte, dat tijdens het Precambrium ontstond. Het schiereiland Kola vormt het noordoostelijke deel van dit schild waarvan de noordgrens langs de kust van de Barentsz Zee loopt. In het westen en noordwesten is het schild overschoven door de Scandinavische Caledoniden, terwijl het naar het zuiden en oosten wegduikt onder de sedimentaire gesteenten van de Russische plaat. Op de plaats van de boring bestaat het gebied direct aan het oppervlak uit kristallijne gesteenten uit het Onder-Proterozoïcum (ouder dan 1600 miljoen jaar).

Het doel van de boring is een beter inzicht in de opbouw en samenstelling van de aardkorst ter plaatse te verkrijgen. Met name de diepere geologische structuren van het nikkelhoudende Pechenga-complex en de Archeïsche gesteenten (meer dan 2500 miljoen jaar) van het Baltische Schild wil-



Het toendralandschap op het Kola-schiereiland met op de voorgrond de kale granietgesteenten waardoor de Russische boring zich nu al meer dan 12 kilometer heen worstelt. Op de achtergrond de 86 meter hoge boortoren. (foto Novosti Press Agency)

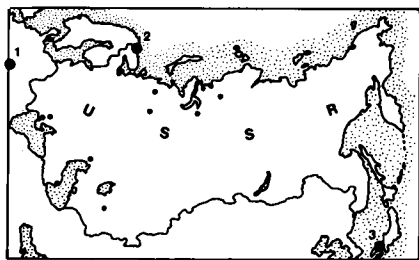


De kale kristallijne gesteenten direct aan het oppervlak nabij de boorlocatie op het Kola-schiereiland. (foto Novosti Press Agency)

de men onderzoeken. Voorts moeten de basaltische gesteenten worden aangeboord die zich op ongeveer 9000 meter onder de granieten zou-

den bevinden. De overgang van de granietgesteenten naar de basaltische is soms een scherpe overgang en wordt ook wel de Conrad-discontinui-

teit genoemd. Uit seismisch onderzoek is gebleken dat deze overgang zich op 9000 meter moest bevinden. Op de overgang neemt de voortplantingsnelheid van de geluidsgolven plotseling sterk toe door het dichter worden van de gesteenten. De gemiddelde dichtheid (soortelijk gewicht) van de aardkorst is boven de overgang 2,65 en eronder 2,8. Voorts wilde men meer inzicht krijgen in de processen diep in de aardkorst die een rol spelen bij de vorming van erts. Tenslotte moet de uitvoering van een dergelijk letterlijk diepgaand project, leiden tot een sterke verbetering van de boortechniek en het geofysisch onderzoek naar gesteenten en erts op grote diepte.

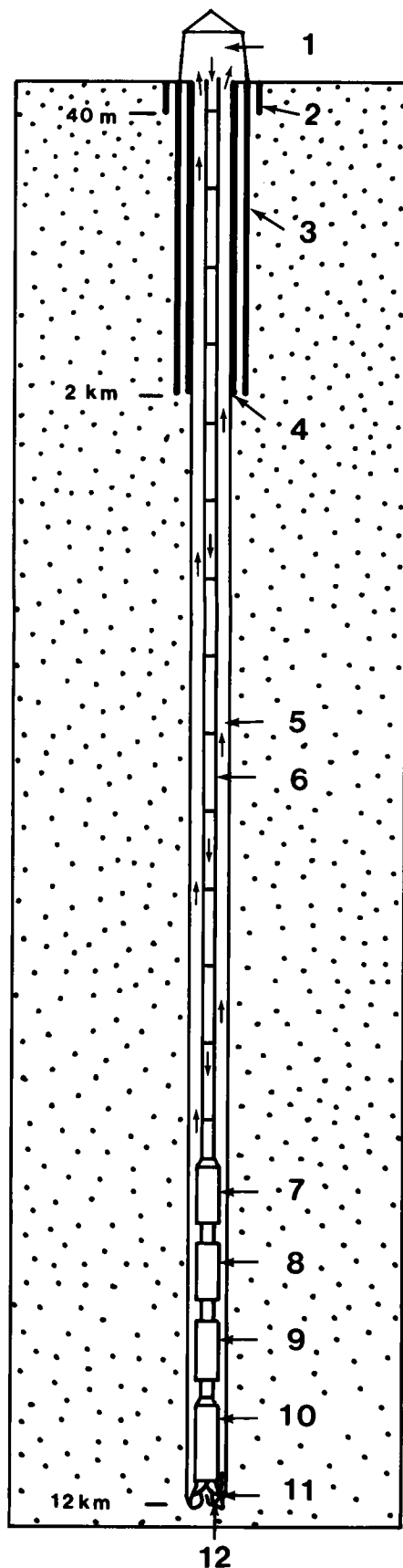


De zwarte stippen met de nrs. 1, 2 en 3 laten de plaatsen zien van respectievelijk de Duitse, de Russische en de Japanse boring. De kleinere zwarte stippen in de USSR geven de plaatsen aan waar eerder diepere boringen zijn uitgevoerd. (tekening Ad Walkeuter).

Twee kilometer verbuizing

Om een boring tot grote diepte uit te kunnen voeren moet het boorgat van het begin af aan op de juiste manier worden gemaakt. De eerste buis die de bodem in ging, had een diameter van 72 cm en hiermee is tot 40 m in de gesteenten geboord.

Deze buis heeft men in de bodem laten zitten om instorting van het boorgat tegen te gaan. Daarna is tot 2000 m nog tweemaal een smallere buis gebruikt, eerst een van 32,5 cm en tenslotte een van 24,5 cm. Deze buizen heeft men ook in het boorgat laten zitten. Na 2000 meter was het niet meer nodig om met een zogenaamde verbuizing te werken. De gesteenten bleken op die diepte hard genoeg om als buitenwand te dienen. Om de boorbeitel onderin het boorgat af te koelen en de wand van het boorgat af te dichten, wordt er van boven door de boorbuis boorvloeistof (ook wel boorspoeling genoemd) gepompt. De vloeistof komt beneden via de boorbeitel in het boorgat terecht en gaat weer terug naar het oppervlak via de ruimte tussen de boorbuis en de wand van het boorgat. Het losgeboorde gesteentegruis wordt door de boorvloeistof mee naar boven gevoerd. Boven kunnen de geologen dit uit de



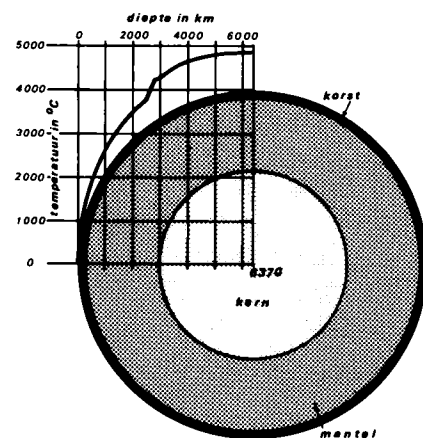
Een schematische weergave van de boring op het Kola-schiereiland. 1) de 86 meter hoge boortoren, 2) de verbuizing met een diameter van 72 cm waarmee de eerste 40 meter is geboord, 3 en 4) de verbuizingen met een diameter van respectievelijk 32,5 en 24,5 cm waar-

mee verder is geboord tot twee kilometer, 5) de ruimte tussen de boorbuis en het gesteente (na twee kilometer bleek het gesteente vast genoeg om zonder verbuizing verder te boren), 6) de boorbuisen, 7) de turboboor die wordt aangedreven door de boorvloeistof, 8) de reductiebak waarmee de draaisnelheid kan worden verminderd, 9) de spindel, 10) de opvangbuis voor de boorkernen, 11) de boorbeitel. De pijltjes geven de circulatierichting van de boorvloeistof aan, bij 12 verlaat de vloeistof de boorbeitel en neemt het losgeboorde gesteentegruis mee naar boven.

boorvloeistof zeven om het te bestuderen. Verder kunnen zij op bepaalde plaatsen een boorkern nemen. Hiervoor bevindt zich boven de boorbeitel een opvangapparaat waarin de boorkernen worden vastgehouden en naar boven worden gehaald.

Oplopende temperaturen

Als er stalen boorbuisen zouden zijn gebruikt, dan zou het totale gewicht, met een lengte van 10 kilometer, ongeveer 800 tot 900 ton bedragen! Om dit gewicht te verkleinen zijn buizen gebruikt, met een diameter van 14,7 cm, vervaardigd van een speciale aluminiumlegering. Het totale gewicht hiervan is 400 tot 500 ton, ongeveer de



Met het toenemen van de diepte neemt ook de temperatuur toe. De diepboringen dringen als zij 'op diepte' komen tot ongeveer halverwege de aardkorst die als een dunne schil om de mantel ligt. Op 15 kilometer diepte bedraagt de temperatuur ongeveer 400°C. (tekening Ad Walkeuter)

helpt! Deze buizen zijn ook bestand tegen temperaturen van 270 tot 300°C. De temperatuur in het boorgat loopt namelijk op bij toenemende diepte. Op 7 km werd een temperatuur verwacht van ca. 50°C en op 10 km ca. 100°C. Op 10 km bleek echter al een temperatuur van 180°C te heersen. Elke 100 m dieper gaf een verhoging van ca. 2,5°C! Het gewicht van de boorbuisen moest zo klein mogelijk zijn om de be-

nodigde hijskracht te beperken. Regelmatig moet de hele buis uit de bodem worden getrokken om de boorbeitel te vernieuwen. De boor is tot 10 km diepte bovenin de boorinstallatie aangedreven met een omwentelingssnelheid van ca. 500 toeren per minuut, waarbij de gehele boorbuis meedraaide. Hiervoor was, door het gebruik van lichtere buizen, minder energie nodig.

Op 10 km diepte is overgegaan op het zogenoemde turbineboren. Hierbij blijft de boorbuis stilstaan en wordt de boorbeitel door een turboboor aangedreven. Dit is een turbinehuis met daarin een as waaraan schoepen zijn bevestigd. Het turbinehuis bevindt zich vlak boven de boorbeitel. Door nu de boorvloeistof met een druk van 250 atmosfeer naar het turbinehuis te pompen worden de schoepen in beweging gebracht. Aan het uiteinde van de as is de boorbeitel bevestigd die met een omwentelingssnelheid van 80 tot 150 toeren per minuut draait. Het voordeel van deze methode is, dat de boorbuis minder slijten doordat ze niet voortdurend tegen de gesteenten aanbotsen. Tijdens het boren wordt geprobeerd om steeds loodrecht naar beneden te gaan. Dit lukt niet altijd. De Kola-boring is zelfs 840 m 'uit het lood' gegaan. Door onderin een buis te plaatsen die onder een hoek staat, kan de boorbeitel zich weer in de juiste richting boren. Gemiddeld is de Kola-boring 5° uit de verticaal geweest met een maximum van 17°. Door de veranderende richting van het boorgat stoot de draaiende boorbuis steeds tegen de wand ervan en treedt op sommige plaatsen slijtage op.

Geen Conrad-overgang!

De Kola-boring heeft veel nieuwe gegevens naar boven gehaald! Op een diepte van 1665 tot 1830 m zijn ertsen aangeboord met een hoog koper- en nikkelgehalte. De zone tussen ca. 4500 en 8000 m, waar lagere geluidssnelheden werden gemeten tijdens het seismisch onderzoek dat aan de boring vooraf ging, bleek sterk verbrokkeld te zijn. De afname van de geluidssnelheid in dit traject werd dus niet veroorzaakt door een afname in dichtheid van de gesteenten, zoals eerst werd aangenomen. De verbrokkelde gesteenten bleken metamorf te zijn. Dit zijn gesteenten die onder hoge druk en temperatuur zijn omgezet in andere gesteenten. De verkitting van de gesteenten heeft plaatsgevonden door kwarts, calciet en sulfiden van onder andere koper, ijzer, lood, zink, nikkel en kobalt. Ook het watergehalte in de gesteenten nam sterk af. Tot ca. 4500 m bedroeg dit 4%, daarna slechts 2,1%.

De Conrad-overgang die zich op 9000 m moest bevinden is nog niet aangetroffen. Er zijn tot ruim 12 km diepte nog steeds geen basaltische gesteenten aangeboord!

Onderweg zijn lagen aangetroffen waarin zich heet water bevond met een hoog gehalte aan mineralen. Dit is zogenoemd kristallisatiewater dat vrijkomt bij de stolling (kristallisatie) van gesteenten en bij de omzetting van gesteenten onder hoge druk. Dit water speelt een grote rol bij de vorming van erts. Via spleten en scheuren in de gesteenten kan dit hete water omhoogdringen en worden de mineralen afgezet. Op deze manier kunnen er waardevolle erts in veel ondieper gelegen lagen ontstaan. Voorts zijn er in het gehele doorboorde traject regelmatig gassen zoals helium, waterstof en methaan en andere koolwaterstoffen aangetroffen.

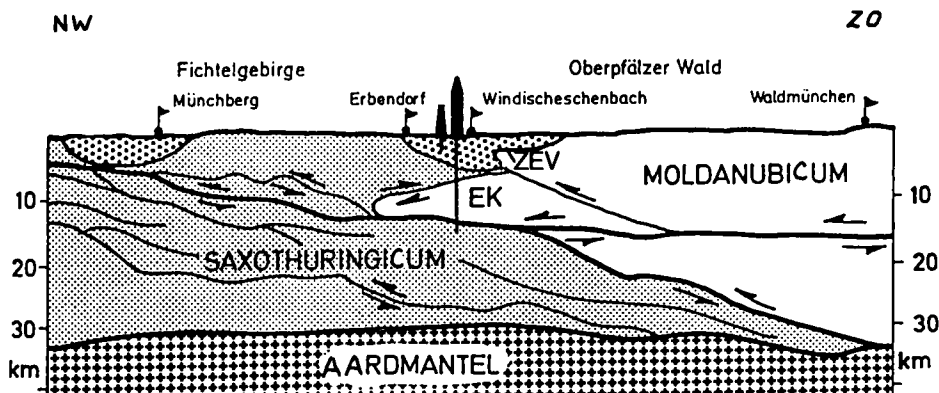
Duitsland ook naar 14 km

Na de Sovjet Unie is ook Duitsland begonnen aan een diepboorproject, het Kontinental Tiefbohrprogramm (KTB). Er is een boring tot 14 kilometer diepte gepland. Het doel is een beter inzicht te verkrijgen in de gecompliceerde geologische structuur van de aardkorst ter plaatse. Uit het geologisch en seismisch vooronderzoek is gebleken dat zich hier twee over elkaar geschoven continentale platen bevinden, het Saxothuringicum in het noorden en het Moldanubicum in het zuiden. Deze platen zijn tijdens het tegen elkaar botsen min of meer over en in elkaar geschoven. De gesteenten van het Moldanubicum bestaan vermoedelijk uit granulieten, metapelieten en ultrabasische gesteenten. Die van het Saxothuringicum uit kwartsiet, marmer, glimmerrijke leisteen, kalksilicaten, amfibolieten, gneis en graniet. De overschuiving van de beide platen vond plaats tijdens het Boven-Devoon en Carboon (300 tot 350 miljoen jaar geleden).

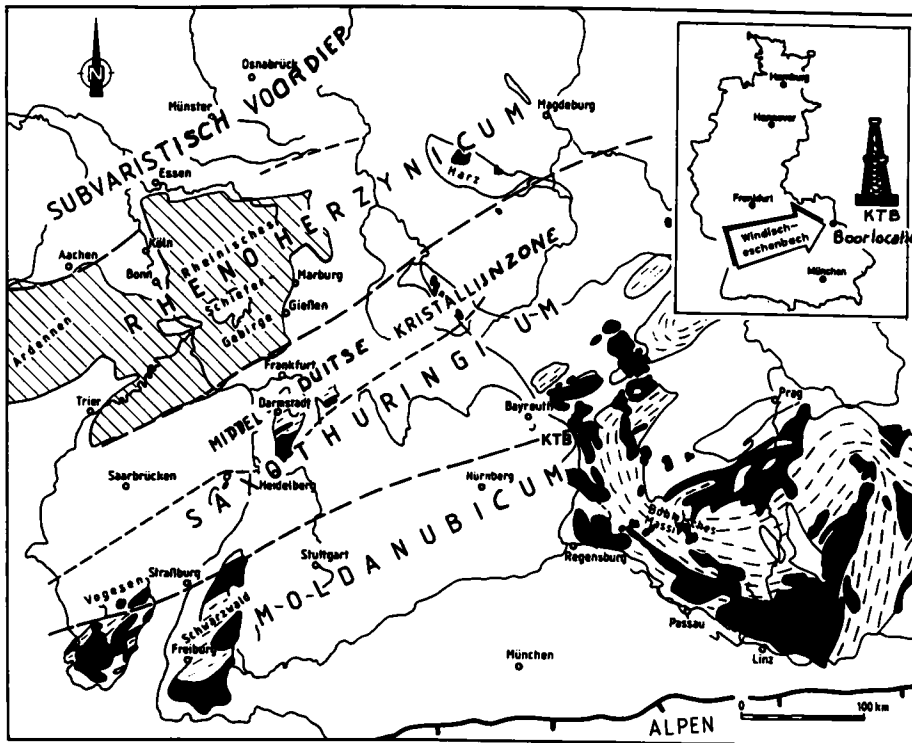
De boring wordt uitgevoerd bij het plaatsje Windischeschenbach aan de voet van het Fichtelgebirge in Noord-Beieren en is in oktober 1990 van start gegaan.

Eerst is op 200 m van de plaats waar de boring gepland is, een proefboring uitgevoerd. Na precies 560 boordagen is in april 1989 een diepte van 4001 m bereikt. Er werd maar liefst ca. 3600 m steenkern naar boven gehaald en er zijn ongeveer 250.000 gesteente- en vloeistofmonsters genomen uit de boorvloeistof. De boring heeft een opeenvolging van kristallijne gesteenten omhooggebracht zoals gneisen, amfibolieten en allerlei basische en ultrabasische gesteenten (gesteenten met weinig of geen kwarts). De gesteenten waren veel sterker verbrokkeld en geplooid dan werd verwacht. Ook bleken de structuren vrij verticaal te staan, iets waarop men niet had gerekend. Dit zou kunnen betekenen, dat de tijdens het seismisch onderzoek gevonden structuren weleens niet de overgang tussen de twee platen weergeven. Op 3,2 km is een grote hoeveelheid helium en methaangas aangetroffen. De vraag is of dit gas langs biologische weg is ontstaan of, zoals de astronoom Thomas Gold aanneemt, dat het gas al in een vroeg stadium tijdens het ontstaan van de Aarde is gevormd. Aanwijzingen hiervoor worden gevormd door het feit dat ook op andere planeten van ons Zonnestelsel grote hoeveelheden methaan zijn vastgesteld, zonder dat er op deze planeten sprake is van leven. Voorts komt er bij vulkanische uitbarstingen ook methaan naar buiten en in diamanten die op grote diepte zijn ontstaan is methaan in poriën aangetroffen. De mogelijkheid bestaat dat de hoeveelheden gas diep in de aardkorst zo groot zijn dat het economisch winbaar is.

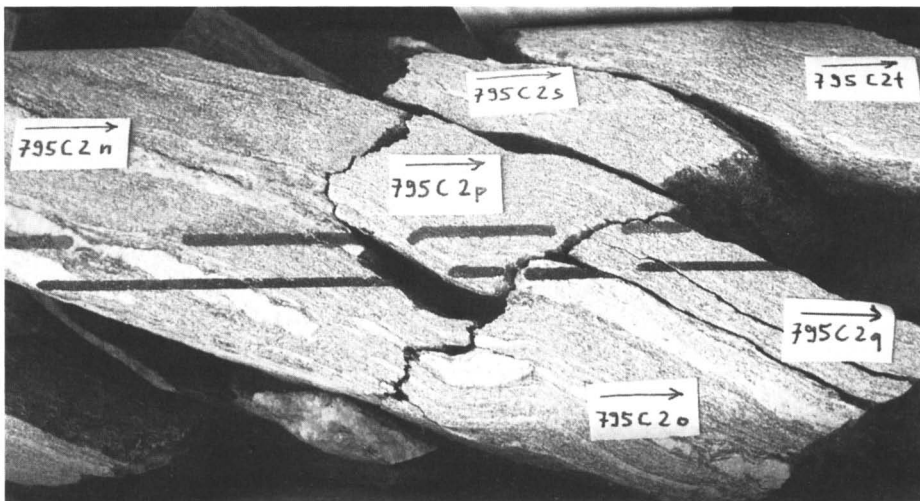
Gold leidt zelf een diepboorproject in Zweden met als doel de opsporing van winbare hoeveelheden methaangas in stollingsgesteenten. Dit project is in



Een vereenvoudigd geologisch profiel door het gebied waar de Duitse diepboring is gepland.



De geologische structuren in het gebied van onderzoek in Duitsland. A=overwegend graniet, B=overwegend gneis, C=overwegend Devonische en Carbonische leistenen en zandstenen.



Een opname van gesteentekernen uit de Duitse proefboring. De gesteenten komen van ongeveer 3162 meter diepte en bestaan uit sterk verbrokkelde gneis. Ook is duidelijk te zien dat de structuur vrij verticaal is. (foto Adam Gammanick)

1986 van start gegaan in het gebied van de Siljan Ring, een van de grootste inslagkraters in Europa. Het gesteente hier bestaat uit de 17 miljoen jaar oude Dala-graniet. Het verticaal boren is in 1987 gestopt en daarna is nog in horizontale richting geprobeerd gashoudende lagen te vinden. Het boren nabij de inslagkrater is gedaan, omdat werd aangenomen dat hier het langs biologische weg gevormde methaan zou zijn verdwenen. Momenteel worden er nog proefboringen uitgevoerd in Hättjörn en Stenberg bij Orsa in Zweden.

Veldonderzoek

Bij de boorinstallatie is een volledig veldlaboratorium ingericht waar de gesteenten direct kunnen worden onderzocht. Eerst wordt van de gesteentekernen de spanning opgemeten. De hoge verticale en zijdelingse druk waaronder de gesteenten diep in de aardkorst hebben blootgestaan, veroorzaakt spanning in het gesteente die pas na ongeveer 10 dagen verdwenen is. Verder wordt de dichtheid van het gesteente gemeten. Dit is van belang

in het kader van de zwaartekrachtmetingen en het seismisch onderzoek. Een grotere dichtheid houdt een hogere voortplantingssnelheid van geluidsgolven in. Deze voortplantingssnelheden worden ook direct bepaald in de gesteentekernen die naar boven worden gehaald. Voorts worden de elektrische geleidbaarheid van de gesteenten, de magnetische eigenschappen en de chemische samenstelling van de gesteenten bepaald. Veel van deze eigenschappen worden ook in het boorgat zelf gemeten door middel van het neerlaten van een meetsonde aan een staalkabel. Hierbij wordt bovendien de natuurlijke gammastraling gemeten.

Ook Nederland levert een bijdrage aan het boorproject. Door TNO/TPD is een apparaat ontwikkeld waarmee de wand van het boorgat kan worden geïnspecteerd. Dit apparaat bestaat uit een 35 cm lange sonde die met een snelheid van 200 tot 700 toeren per minuut in het gat ronddraait. Door het uitzenden en weer opvangen van geluidsgolven die door de wand worden gereflecteerd, kan de samenstelling van het gesteente worden bepaald. Hoe harder het gesteente hoe meer geluidsenergie zal worden teruggekaatst. Het principe van het apparaat berust op hetzelfde als waarmee in ziekenhuizen echoscopieën worden gemaakt.

Mogelijk te heet

De Duitsers verwachten op 14 km diepte een temperatuur van ca. 400°C aan te treffen, terwijl de boorapparatuur tot ca. 300°C kan werken. Als in 1994, bij het naderen van de einddiepte, de 300°C niet is bereikt, kan alsnog besloten worden om dieper te boren. De boorlocatie in het noorden van Beieren is al speciaal gekozen omdat werd verwacht dat de temperaturen in de aardkorst hier lager zouden zijn.

Ook Japan in de race

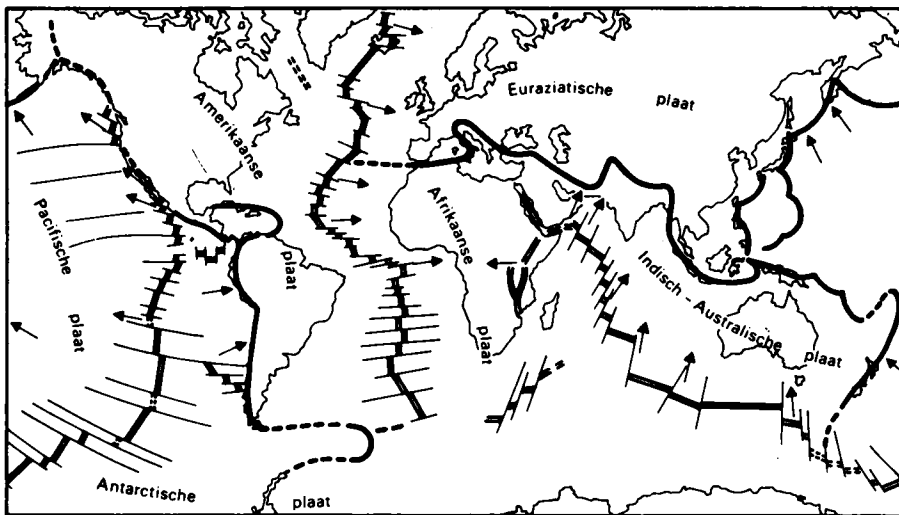
Februari 1990 is ook Japan begonnen met het zoeken van een geschikte locatie voor de uitvoering van een superdiepe boring. Het doel is de onderzijde aan te boren van de oceanische korst van de Pacificische en Filipijnse platen die bij Japan onder de Euraziatische plaat duiken.

De plaats waar deze platen wegduiken ligt bij het Schiereiland Izu ten zuiden van Tokyo. Dit gebied wordt vaak getroffen door hevige aardbevingen die een direct gevolg zijn van dit proces. Ook hoopt men nieuwe energiebronnen aan te boren. Geologen van de Universiteit van Tokyo hebben onlangs, evenals Gold, gesuggereerd dat me-

Oorzaak uitsterven sauriërs gevonden in het Caraïbisch gebied

Het raadselachtige uitsterven van grote aantallen dinosauriërs aan het einde van de Krijtperiode, houdt de wetenschappelijke gemoederen danig bezig. Zeker sinds een paar jaren geleden de mogelijkheid naar voren gebracht werd dat de oorzaak van het uitsterven gezocht moest worden in een reuzenkomeet of wellicht een asteroïde. Deze laatste zou afkomstig zijn uit het enorme reservoir aan kleinere en grotere rotsblokken die tussen de planeten Mars en Jupiter een baan om de Zon beschrijven. Steenblokken die soms door baanveranderingen binnen de invloedssfeer van andere planeten komen en vervolgens na verloop van tijd voor een catastrofe zorgen als ze op een ander hemellichaam neerploffen. Twee onderzoekers van de Universiteit van Arizona in Tucson (USA), Alan Hildebrand en William Boynton, menen in een onderzoek aan sedimenten en andere geologische bijzonderheden in het Columbiaanse bekken van de Caraïbische Zee, bewijzen gevonden te hebben voor zo'n reuzeninslag. Op de zeebodem vonden ze structuren die in de richting wezen van een inslagkrater met een diameter van maar liefst 290 km. Om een dergelijke krater te krijgen is een object nodig met een doorsnede van op zijn minst 9 kilometer. De vondst van deze kraterstructuur stond niet op zichzelf. Beide onderzoekers ontdekten op het eiland Cuba sedimentpakketten ter dikte van vele meters die wellicht te danken zijn aan grote vloedgolven die dit gebied ooit geteisterd hebben. Verder troffen zij op het nabijgelegen eiland Haïti gesteentelagen aan die karakteristieke stressverschijnselen vertoonden in de vorm van typische schokkegels. Deze treden op bij plotselinge zeer hevige drukverschijnselen, zoals een inslag van een dergelijk groot hemellichaam die veroorzaakt kan hebben. Wel is het zo dat de aanwijzingen in de Caraïbische Zee kunnen worden geplaatst in een reeks van eerder gevonden inslagplaatsen, die ook door onderzoekers verantwoordelijk worden gehouden voor het massale uitsterven tijdens de overgang van het Krijt naar het Tertiair.

Science mei 1990

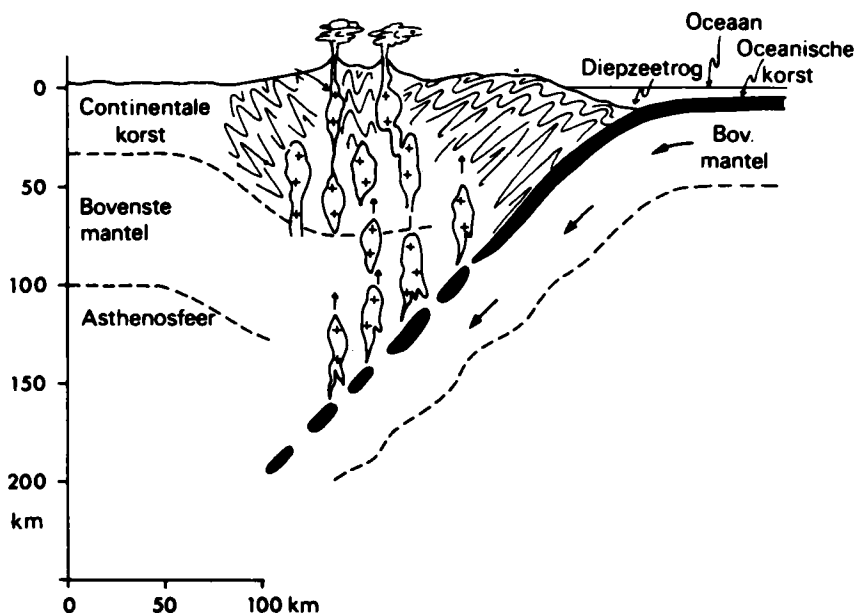


Grenzen van platen:

- Mid-oceanische ruggen en dwarsbreuken (transform faults)
- Diepzeetroggen en eilandenboven of ionoe plooiingsgeberaten
- Overige, deels onzeker

→ Bewegingsrichting afgeleid uit aardbevingshaarden

De verdeling van de aardkorst in de verschillende platen. Bij de mid-oceanische ruggen komt de vloeibare magma naar boven en zorgt voor het aangroei van de korst waardoor deze in de richting van de pijltjes beweegt. Bij de dikke zwarte lijn botsen de verschillende platen tegen elkaar en duikt een van de twee onder de andere. De kleine Filipijnse plaat ligt ten zuiden van Japan en de Pacificse ten oosten ervan. Deze beide platen duiken bij Japan onder de Euraziatische plaat. (tekening Ad Walkeuter).



Een schematisch beeld van het wegduiken van een plaat onder een andere. Het vlak waarlangs de korst en de bovenste mantel wegduiken wordt de zone van Benioff genoemd. In zee ontstaat op deze plaats een diepe trog, terwijl op het land de gesteenten omhoog worden geduwd en geplooid. Hierachter ontstaat vulkanisme. (tekening Ad Walkeuter)

thaangas vermoedelijk ook direct uit de aardkorst afkomstig is en niet alleen langs biologische weg wordt gevormd.

De Japanners denken 10 jaar over het project te doen. Het boorproject heeft de naam Tartarus gekregen, naar de Griekse naam voor de diepte onder de Hades (de onderwereld).

Geraadpleegde literatuur

- Koelinitzj, S., 1990. Diepboring op het Schiereiland Kola. Informatie Bulletin Ambassade USSR, nr. 26-27, juli 1990.
- Kozlovsky, Ye., A., (ed.) 1987. The superdeep well of the Kola-peninsula. Springer.
- Rischmüller, H. von., 1989. Das Kontinentale Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB)-Überblick und Stand des Projectes. Erdöl, Erdgas, Kohle. 105 Jahrg., Heft 5, seite 212-218.
- Wallis, S., 1990. Japan plans holes on land.... Nature vol. 344, p. 279.