

=====

108W359

1. - Uitgevoerd voor rekening van de Belgische Geologische Dienst door de boorfirma Smet-DB tijdens de maanden september-oktober 1986. In de loop van februari is nog een bijkomend testprogramma voorzien.
2. - Plaats : 's Gravenvoeren, Op Keukeberg, langs de Koetsweg in een oude groeve.
3. - Doelstelling : onderdeel van een lange termijnprogramma van de Belgische Geologische Dienst voor de verkenning van de diepe ondergrond door middel van boringen, met als doel zowel wetenschappelijke kennisverwerving over de opbouw van de ondergrond, als prospectie naar het economisch potentieel; hierbij wordt in het bijzonder aandacht besteed aan de Kalkstenen waarvan de studie volgens nieuwe wetenschappelijke methodes een uitstekend inzicht biedt in de wordingsgeschiedenis van ons land, terwijl zij tevens door verkarsting(=grotvorming) belangrijke reservoirs vormen voor water (drinkwater, geothermisch water) en mogelijk ook voor aardgas.
4. - Geologische verantwoording : De Voerstreek ligt midden in een gebied met een zeer complexe structuur, dat tot het minst bekende van het land mag gerekend worden, in de overgangszone tussen het Kempens Bekken, het Massief van Brabant en het geplooid bekken van Verviers (de geologische begrippen beantwoorden slechts ten dele aan de geografische gebieden). Het kalksteenmassief van Visé, met talrijke verlaten groeven, + 6km ten zuidwesten van de boorplaats, vormt het voornaamste referentiepunt, terwijl ook aanknopingspunten gezocht werden met de recente boringen naar thermaal en mineraal water in het zuiden van Nederlands Limburg. Recent werd een nieuwe werkhypothese ontwikkeld dat in de omgeving van de Voerstreek een dik sedimentatiebekken in de vaste gesteenten, met hoge thermische gradiënten kon aanwezig zijn.
5. - Economische verantwoording : de uitvoering van 2 mineraalwaterboringen in Maastricht in 1980, waarbij gemeld werd dat het water vanuit het zuiden toestroomde, vormde de aanleiding tot de vraag van het toenmalige gemeentebestuur aan de Minister van Economische Zaken naar een gelijkaardig onderzoek in hun gemeente. Dit verzoek werd doorgespeeld aan de Belgische Geologische Dienst die dit projekt in haar verkenningsprogramma door middel

van diepboringen opnam, met als doelstelling de hierboven vermelde werkhypothese te testen. Tevens was het de bedoeling de watervoerende capaciteiten van de kalksteen na te gaan, daar de gemeente Voeren sinds enige tijd zonder eigen waterbevoorrading zit, en er op grotere diepte door de toenemende temperatuur mogelijkheden bestaan voor de toepassing van geothermie.

6.- Technisch boorprogramma : de boring werd ingeplant in een verlaten steengroeve, eigendom van de gemeente, te 's Gravenvoeren, met een grondvlak van 25 op 40 m waarbinnen met enige moeite de installaties van de boorfirma pasten. Er werd een standpijp geplaatst van 27,3 cm doormeter en 10 m diep. Hierin werd met de boorbeitel een gat geboord tot een diepte van 107 m in een doormeter van 21,5 cm en verbuisd met een diameter van 17,7 cm. Deze buis rust in de vaste rots en werd volledig gecementeerd teneinde het boorgat af te schermen in de bovenste zone met niet-gekonsolideerde gesteenten. Hierin werd een nieuwe vrijhangende geleidingsbuis geplaatst met een doormeter van 13,9 cm. Vervolgens werd vanaf een diepte van 107 m tot de einddiepte van 865 m met een diamantkroon gekernd in de vaste rots. De doormeter van de boorkern bedroeg 12,3 cm. Indien nodig (bijv. bij een onstabiel boorgat) kon het boorgat geruimd worden en de vrijhangende verbuizing van 13,9 cm op een grotere diepte afgezet. De boorkernen worden langs een kabel opgehaald met een kernbuis van 6 m lang. Deze kernbuis moestechter vaker dan normaal verwacht opgehaald worden omdat de kernen soms opgestropt werden door grottenklei en door wigvormig gespleten kernstukken. Daarenboven kwamen er meerdere sterk abrasieve niveau's voor zodat regelmatig de diamantkroon moest vervangen worden.

Bij het beëindigen van iedere boorfase (op 107 m en op 865 m) werd een programma van boorgatmetingen uitgevoerd.

Op 107 m, door de firma TNO-DGV (Delft, Ned.) : diameter - natuurlijke gammastraling, spontane potentiaal, elektrische weerstand long + short normal, sonische snelheid en fullwave.

Op 865 m, door de firma Dresser-Atlas (Bremen, D.) : diameter, natuurlijke gammastraling, induction electrolog, spontane potentiaal, 4-arm diplog, boorgatdeviatie, sonische snelheid en fullwave, met maximale temperatuur. Deze gegevens werden door het computercentrum van Dresser-Atlas verwerkt tot een dipmeter (helling der lagen en boorgatgeometrie) en cylindrical plot (driedimensionale weergave hiervan), acoustic signature en acoustic fracture log met mechanische weerstand en aanwezigheid van barsten.

- Op 255 m, pompproef, met boorgatmetingen door TNO-DGV : diameter, natuurlijke gammastraling, spontane potentiaal en dubbele resistiviteit, ^{flowmeter}
Het opgepompte water werd geanalyseerd door het Centraal Laboratorium van het Ministerie van Economische Zaken en door de Nationale Maatschappij der Waterleidingen (zie bijlagen).

Tijdens de boring werden continumetingen uitgevoerd met apparatuur van de firma Geodata (Garbsen-Hannover, D) : boorsnelheid, gasanalyse, boordiepte, en spoelingsverlies, spoelingsdruk en -verlies, hakenlast.

Bij het bereiken van de einddiepte (865 m) werd beslist de boring tijdelijk stil te leggen. Een verdieping is mogelijk onder de volgende voorwaarden :

- ruimen van het boorgat tot onder de voornaamste gespleten zones (193 en 398 m) en afdiepen van de verbuizing
- deviatie over een hoek van 20-25° naar het ESE, omdat de grote helling van de lagen (+ 50-60°) de zuiver geologisch-stratigrafische verkenning nadelig beïnvloedt : om oudere lagen te bereiken moet een langer stuk geboord worden.

Momenteel is het door budgettaire beperkingen echter niet mogelijk deze verdieping (tot + 1500 m) binnen afzienbare tijd uit te voeren.

Wel zal het mogelijk zijn, binnen de ruimte van het voorziene budget, packertesten uit te voeren op de gespleten zones van 398 m en 855 m. Deze kunnen in de loop van februari of maart 1987 plaatsvinden.

7. Geologische resultaten : door onderzoek van cuttings (tot 107 m), boorkernen (107-865 m) en boorgatmetingen, is het mogelijk de opeenvolging van gesteentelagen op de boorplaats te herkennen, het afzettingsmilieu en de ruimtelijke verbreiding hiervan te reconstrueren, en een schematisch overzicht te krijgen van de opeenvolgende gebeurtenissen (afzetting - vervorming - watercirculatie...). Aan dit onderzoek dat pas aangevat is, werken meerdere wetenschappelijke onderzoeksinstituten mee, ook de buitenlandse, zodat een synthese pas over enkele jaren te verwachten valt. Toch kunnen nu reeds een aantal essentiële kenmerken opgegeven worden.

7.1. Ligging

Boring ingeschreven in de archieven der Geologische Dienst onder nummer 108W 359, met volgnummer KB 192 in de reeks diepe verkenningsboringen van het Kempens Bekken.

Lambert coördinaten X 248.486

Y 161.971

Hoogte nulpunt = betonplaat op vloer van steengroeve 95.76 m.

7.2. Gesteenteoepenvolging

Wand steengroeve (8 m) : ardeense rolkeien, vuursteenkeien en leem, vermengd als hellingspuin

Destrukties boring :

0-5 m (ev. Tot 17 m) : idem

5-24,50 m : wit krijt met silex

aan de basis hardground in glauconiethoudend krijt

24,50-42 m : paleosol op Dinantian, wit tot 33 m, roodbruin tot 37 m, bleekgrijs tot 42 m.

42-54 m : verkieselde kalksteen, type "V3c", verweerd

54-90 m : idem - vast.

90-107 m : bleekgrijze massieve kalksteen, type "V3b"

Kernboring :

107-280 m : bleekgrijze massieve kalksteen type "V3b), slechts één lithofacies type: bioklastische peloïdale packstone tot grainstone.

280-865 m : bleekgrijze massieve kalksteen, en donkergrijze fijngebande kalksteen afwisselend, type "V3(a-b)" met drie lithofacies types :

type A : ritmische gegradueerde lagen, vooral rijk aan krinoïden en peloïden (kalksteen turbidieten)

type B : massieve bioklastische peloïdale packstone (kalksteen turbidieten of "grain flow" afzettingen)

type C : bioklastische peloïdale packstone met grote lithoklasten ("debris flow" afzettingen).

Diepte t.o.v. zeepeil : basis Kwartair + 90 m

basis Krijt + 71 m

basis Dinantiaan paleosol + 54 m

basis "V3c" verkieselingen, los +41 m

basis "V3c" verkieselingen, vast +6 m

basis "V3b" homogeen -184 m

eindpunt boring in "V3b" turbidiet -770 m

7.3. Facies interpretatie

Kwartair : bestaat langs de onderkant van de valleien en op de vlakke plateaux normaal uit leem, met een basisgrint niveau (Maasterras met Ardeense keien); ten gevolge van de rivierinsnijding zijn langs de hogere dalwanden leem en Maasgrint als colluvium verspoeld en vermengd met een vuursteen eluvium (oplossings- en erosie rest van het Krijt, ontstaan tijdens het Tertiair).

Krijt : enkel afzetting van Boven Gulpens Krijt bewaard (ondiepe zeeafzetting); een detailstudie en facies interpretatie wordt ondernomen door het Natuurhistorisch Museum Maastricht.

Dinantiaan : Paleosol : diepe uitloging en verkrumming van het onderliggend verkiezeld pakket tijdens de lange continentale fase van Permo-Trias. Verkiezeld pakket = ontstaanswijze niet met zekerheid gekend, ten minste gedeeltelijk als kalk afgezet, maar vroeg-diagenetisch verkiezeld, in zee, buiten golfwerkingszone.

Homogene kalksteen = ondiep water zeeafzetting in energierijk goed doorlucht milieu, opvulling van bestaand dieper zeebekken.

Turbidietische kalksteen = opvulling van een dieper zeebekken (buiten bereik van de golfwerking), aan de voet van een helling naar een kalksteenrif toe, door herwerkte sedimenten, ontstaan in ondiepwater (rif), als blokken("debris flows"), zand ("grain flow") of slib helling afwaarts getransporteerd en opnieuw afgezet.

Deze afzettingen bevestigen het bestaan van een lokaal dik en mobiel sedimentatiebekken als werkhypothese vooropgesteld : dikte van het Boven Viséaan (25-865 m = min. 840 m, tegenover 150 m in Visé).

Aan het kalksteenonderzoek werken de universiteiten van Luik, Leuven, Louvain-la-Neuve mee.

7.4. Structuur

De dikte van het Kwartair wordt bepaald door de lokale morfologie. Het Krijt ligt subhorizontaal met een zwakke helling naar het noorden (1° à 2°).

De Dinantiaanlagen daarentegen vertonen een verassend grote helling die oploopt van $30-35^{\circ}$ in het bovenste gedeelte (107-250 m), over $35-40^{\circ}$ (250-245 m), $40-45^{\circ}$ (425-455 m), $45-50^{\circ}$ (455-810 m), $55-60^{\circ}$ (810-865 m). Door het turbidietisch karakter is het onderliggende pakket en de onduidelijke mogelijk hummocky stratification in het bovenliggende pakket, vertonen de gemeten hellingen een grote spreiding.

Opmerkelijk en onverwacht is dat deze helling naar het WNW gericht is, hetgeen impliceert dat de boorplaats zich bevindt op de zuidostrand van een structureel bekken. Volgens de lithofacies analyse en de grote dikte van de gesteentepakketten zou dit structureel bekken kunnen ontstaan zijn als een erg mobiel sedimentatiebekken, met scherpe begrenzing. Hierdoor kan mogelijk de helling afname naar boven toe verklaard worden.

8. Watervoering

8.1. Verkarsting

Vermits de Dinantiaan kalksteen niet of nauwelijks poreus is, kan water enkel voorkomen in spleten en open ruimten. Deze hebben hun ontstaan te danken aan laagvlakken tussen de afzonderlijke afzettinglagen, ontstaan na de sedimentatie, en aan barsten of spleetvlakken, ontstaan bij de ontwatering en kompressie van het sediment, of bij de vervorming (scheefstelling en verschuiving). Normaal blijven deze vlakken gesloten of opgevuld met calciet. Toch vormen zij de doorgangswegen voor het water bij verkarsting (= kalksteenoplossing en grotvorming). Deze verkarsting treedt op wanneer de kalksteen die in zee ontstaat, opgeheven wordt en bereikbaar voor zoetwater (regenwater). Nu zijn er verschillende perioden bekend waarin het gebied van Voeren tot het continent behoorde :

- Vlak na de afzetting van het Viséaan werd het Massief van Brabant sterk opgeheven, met een diepe verkarsting tot gevolg die bijvoorbeeld in de Kempen en in de Borinage voor de geothermie of ondergrondse gasstockering belangrijk is; in het zakkingsgebied van Visé-Puth, ten oosten van het Massief van Brabant (waarbij Voeren) lijkt deze opheffing minder effect te hebben.
- Na de afzetting van het steenkoolterrein werden de zuidelijke gebieden opgeheven en geplooid, de noordelijke eveneens opgeheven en scheefgesteld. Voeren ligt op de zuidrand van dit scheefgestelde gebied. Hierop volgde een zeer langdurige continentale fase met wisselende klimaten (meestal warm en droog) waarbij vooreerst het opgeheven gebied aan erosie onderhevig was. Zo is van het gebied Visé-Puth het steenkoolterrein verdwenen. De bodemvorming (paleosol) die nadien tot ontwikkeling kwam op de kalksteen, ging vermoedelijk gepaard met een bijzonder diepe karstwerking. Kleine bodembewegingen bij het begin van de Krijtsedimentatie hebben dit gebied gevrijwaard van een dikke Krijtbedekking, zonder daarom de oude paleosol volledig te doen verdwijnen. Restanten (sporen en pollenkorrels) van de continentale flora die hier bestond aan het begin van de Krijtsedimentatie en die aan de oppervlakte niet bewaard zijn gebleven, zijn in de boring 's Gravenvoeren teruggevonden op een diepte van 271.46 m in een momenteel opgevulde spleet ! (onderzoek Univ. Luik).

Deze vaststelling toont aan dat de karstoplossing minstens van Krijt ouderdom is en alleszins bij het begin van de krijt sedimentatie actief was tot een diepte van 250 m onder de toenmalige oppervlakte.

- Na de afzetting van het Krijt is het gebied slechts voor korte perioden door zeeafzettingen overdekt, zodat een vernieuwde karstverwerking mogelijk is. Deze werking gaat tot heden door : getuige daarvan is het doorstromen van oppervlaktewater alleszins tot op een diepte van 193 m waar in een 3 m diepe spleet (grot ?) ook ~~recente~~ recente grottenklei werd afgezet. Waarschijnlijk gaat het hier eerder om een reaktivering en mogelijk ook verwijding van reeds eerder gevormde spleten.

8.2. Voorkomen van spleten

Het aantal spleten is erg ongelijk verdeeld. Een beperkt aantal ervan is verwijd. Er is een zekere samenhang met de gesteentesamenstelling : tot een diepte van 285 m komen talrijke spleten voor, eronder nog slechts beperkte gespleten zones. Het is echter niet mogelijk een directe relatie te leggen tussen aantal of diepte van de spleten en wateropbrengst. Daarenboven kunnen de bekomen gegevens uit deze boring niet veralgemeend worden : in iedere boring zal een eigen spleetpatroon optreden waarbij de brede spleten en grotniveaus ook kunnen verschillen. Toch geeft deze boring een inzicht in de mogelijkheden die de streek biedt voor waterwinning.

Open spleten komen reeds voor in de verkiezelde vaste formatie tussen 54 en 90 m, destructief geboord, bijv. op 59, 63, 64, 67, 72, 78, 87 en 89 m. Deze werden niet getest. De vrij geringe opbrengst uit een waterput geboord bij de Provinciale School te 's Gravenvoeren zou erop kunnen wijzen dat deze spleten weliswaar talrijk maar weinig continu zijn, zodat de permeabiliteit beperkt blijft.

In de massieve bleekgrijze kalksteenlaag (90-285 m) komen doorlopend talrijke halfopen barsten voor. Hierbij vallen vooral de open ruimten op, gelegen tussen 189 en 191 m en tussen 196 en 199 m. Uit een flowmeting tijdens de pompproef op deze kalksteenlaag (vrij interval 107-255 m) bleek dat het opgepompte water in zijn quasi totaliteit uit deze open ruimtes kwam. Een grottenklei op de bodem ervan wijst aan

dat deze spleet nog aan actieve verkarsting onderhevig is.

Naar de diepte toe vermindert het aantal spleten en ook de maximale breedte ervan. Dit is van belang omdat blijkt dat bij het oppompen van grote debieten het water voornamelijk onttrokken wordt aan de grootste spleten.

Open ruimten zijn verder aanwezig op 208, 392-393, 395-396, 661 m. Belangrijke gespleten zones onder de 285 m komen voor rond 305, 335-348, 409, 472, 500, 625, 801, 852-859 m. Het is de bedoeling de opbrengst en waterkwaliteiten te testen op de dieptes 392-396 m (de belangrijkste open ruimten), 661 m en 852-859 m.

9. Watersamenstelling

Juiste analyse gegevens zijn enkel beschikbaar voor het water opgepompt op een diepte van 189-199 m. De samenstelling en de temperatuur van dit water wijst in de richting van drinkwater (zie analyses in bijlage). De produktiviteitsindex bedraagt $115 \text{ m}^3/\text{hr}/\text{bar}$ (afpompings van $\pm 3 \text{ m}$ bij een pompdebiet van $\pm 40 \text{ m}^3/\text{hr}$), hetgeen zou wijzen op een vrijwel onbeperkt debiet indien de put als een waterput zou afgewerkt zijn. De waterkwaliteit is vermoedelijk vergelijkbaar met die van het bronwater dat voor de vroegere watervoorziening van Voeren werd gebruikt. Waar komt dit water vandaan? Het waterpeil in rust bedraagt 27 m (+69 m boven zeeniveau). De Voer stroomt op een niveau van $\pm 88 \text{ m}$ op slechts enkele tientallen meter afstand zodat er geen verbinding lijkt te bestaan. Dit kan verklaard worden door de zeer lage porositeit en dus mogelijke afsluiting in het losse verkieselde pakket (interval 42-54 m) en de vermoedelijke beperkte doorstroming in het vaste verkieselde pakket eronder (interval 54-90 m). Daarentegen stroomt de ~~Bewinger~~ te Berneau op een peil van ~~70~~ m over de dagzoom van de Dinantiaanlagen. Het lijkt dus logisch te veronderstellen dat het waterintrek gebied zich situeert tussen Visé en Berneau en dat het ondergronds traject in ~~vo~~gelvlucht 3 km bedraagt. Deze ondergrondse doorstroming blijkt zeer snel gezien de lage temperatuur van het water op 200 m ($11,7^\circ\text{C}$) slechts $\pm 1,5^\circ\text{C}$ boven de gemiddelde oppervlakte temperatuur.

10. Temperatuur

Op een diepte van 200 m bedraagt de watertemperatuur slechts 11,7°C, abnormaal laag voor deze diepte, maar voordelig voor drinkwateraanwending. Bij het beëindigen van de boring werd tijdens de boorgatmetingen op een diepte van 865 m een temperatuur van 38°C geregistreerd, 3 hr 25 na het stopzetten van de spoelingscirculatie. Deze temperatuur is nog sterk beïnvloed door het koelere spoelingswater, zodat een positieve temperatuurs-korrektie moest toegepast worden om de werkelijke temperatuur op diepte 865 m te bekomen. Daar hiervoor niet alle parameters gekend zijn, kan dit niet nauwkeurig gebeuren, maar toch mag de in-situ temperatuur op minstens 40°C geschat worden.

De geothermische gradiënt over het interval 200-865 m = 11,7°C-40°C bedraagt meer dan 4°C/100 m. Indien de temperatuur-anomalie op 200 m strikt lokaal is en niet veralgemeend mag worden, blijft de gradiënt met 3,7°C/100 m nog steeds boven het gemiddelde. Dit betekent tevens dat op de boorplaats een temperatuur van 70°C bereikt kan worden op een diepte van 1600-1650 m.

Het gebruik van geothermie veronderstelt echter dat deze temperatuur door middel van een drager naar de oppervlakte kan gebracht worden. Dit betekent dat op deze dieptes (+ 850 m - 1600 m voor temperaturen van resp. 40 en 70°C) gespleten zones in de kalksteen moet voorkomen met voldoende permeabiliteit. Het bovenste niveau is inderdaad verkarst en wordt eerlang getest. Gezien het voorkomen van een diep sedimentatiebekken zal op een diepte van 1600 m vermoedelijk nog kalksteen voorkomen met sporen van zeer vroege verkarsting. Of deze verkarsting nog voldoende permeabiliteit bezit en bijvoorbeeld niet is dichtgecementeerd blijft een open vraag en kan enkel door een verdieping van de boring beantwoord worden.

11. Perspektieven

De boring 's Gravenvoeren heeft het bestaan van een diep en bijzonder mobiel sedimentatiebekken in het Dinantiaan aangetoond, met een enorme verdikking van de kalksteen tot gevolg.

Deze kalksteen is onderhevig geweest aan verschillende periodes van verkarsting en spleetvorming, zodat deze tot op grote diepte doordringen, alleszins tot op 850 m, einddiepte der boring.

Het bovenste kalksteenpakket (90-285 m) kent nog een actieve verkarsting en bevat drinkwater van een behoorlijke kwaliteit, ruim voldoende om de waterbevoorrading van Voeren te verzekeren.

Naar onder toe komen op onregelmatige afstanden nog gespleten en gedeeltelijk open zones voor, waarvan de watersamenstelling, opbrengst en temperatuur nog moet getest worden. Toch lijkt het mogelijk te veronderstellen dat er vanop een diepte van 850 m water van 40°C opgepompt kan worden, geschikt voor zwembaden, serres, ed. Door de hoge geothermische gradiënt kan vanaf een diepte van 1600 m een temperatuur van + 70°C verwacht worden. Of van deze diepte nog water opgepompt kan worden voor geothermische toepassingen, kan enkel door een verdieping van de boring aangetoond worden. Door budgetaire restrikties kan deze verdieping niet vóór 1988 op het programma van de Belgische Geologische Dienst gezet worden. Tot slot wens ik te wijzen op de ontwikkelingen die zich in dit verband in Nederlands Limburg voordoen : mineraalwater te Maastricht, lage temperatuur (24°C !) water voor het project Thermae 2000 te Valkenburg (voorziene investeringen 40 miljoen gulden), projekt zwembad Dousberg te Maastricht (gedeeltelijk met E.E.G. financiering). De drijvende kracht achter deze projecten is Dr. Martin Bless, Directeur van het Natuurhistorisch Museum te Maastricht.

Technisch gezien is dit alles ook mogelijk in Voeren.