

De geologie van de diepe ondergrond van Nederland

Gecompileerd door Jhr. Dr. H.A. van Adrichem
Boogaert
Rijks Geologische Dienst, Haarlem

INLEIDING

De oppervlakte van Nederland is vooral de laatste jaren goed onderzocht. Aan deze oppervlakte bevinden zich in het algemeen zeer jonge gesteenten, zeker als men Nederland in zijn Europese omgeving beschouwt.

Deze gesteenten behoren voor het allergrootste deel tot het Kwartair. Op enkele plaatsen komen echter veel oudere formaties aan de oppervlakte. In een kalksteengroeve bij Winterswijk treedt bijvoorbeeld de Muschelkalk (Midden-Trias) aan de dag, terwijl in Zuid-Limburg Boven-Krijt te zien is. In het Geuldal komt zelfs Boven-Carboon aan de oppervlakte voor (Heimansgroeve). Hier, in het zuiden van het land, evenals in Twente en in de Achterhoek, is het Kwartair relatief dun en op sommige plaatsen geheel afwezig.

Elders liggen de oudere gesteenten bedolven onder een dik pakket jonge gesteenten en verraadt niets aan de oppervlakte de gecompliceerde opbouw van de ondergrond. De oudere gesteentepakketten zijn hier gegroepeerd volgens horsten en slenken, in plooiruggen en plooidalen en in combinatie van deze vormen met erosievlakken, transgressiezones, overschuingen, faciesveranderingen en wat dies meer zij (fig. 1 op pag. 78/79) *)

Diepboringen en geofysische opsporingsgegevens maken het mogelijk een beeld te krijgen van deze complexe geologische ontwikkeling.

Met name is het de reflectiesismiek waarmee de structuur van de diepe ondergrond in detail kan worden geëxponeerd.

Fig. 2a geeft een voorbeeld van een seismisch reflectieprofiel. Fig. 2b toont een geologische interpretatie van dit profiel en illustreert tevens het opnameprincipe. Het reflectieprofiel is opgebouwd uit een dichte opeenvolging van vertikaal geplateerde seismogrammen. Uit geregistreerde looptijden van de gereflecteerde geluidsgolven kan de diepte van de reflecterende lagen worden berekend, mits men de loopsnelheid door het gesteente kent.

Voor een overzicht van de Pre-Kwartaire stratigrafie en de plooiingsfasen raadplege men de geologische tijdtabel op pag. 75.

DE GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS VAN NEDERLAND

Het Carboon

Het oudste in ons land aanwezige gesteente behoort tot het Carboon. Het Carboon rust vrijwel concordant op het Devoon, dat met een sterke hoekdiscordantie op het Siluur en het Cambrium ligt. Dit is in België en

Duitsland niet zo heel ver over onze grenzen aan de oppervlakte waar te nemen. Voor zover bekend komt het Carboon onder geheel Nederland voor, maar het is nog nergens in ons land geheel doorboord. Het **Onder-Carboon** in het zuiden des lands bestaat uit donkere kalksteen (Kolenkalk). Het **Boven-Carboon** is het geologische tijdvak waarin de steenkool werd gevormd in een paraliisch milieu.

Zeer globaal gesproken duiken de lagen van het Carboon van het zuiden van ons land naar het noorden geleidelijk weg. In grote lijnen kan men zeggen, dat, hoe verder naar het noorden, hoe dieper deze formatie ligt.

De lagen van het Carboon zijn relatief weinig geplooid, doch tengevolge van de latere (Jura t/m Kwartair) bodembewegingen wel sterk verbroken, vooral in Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg. De grote breuken hebben hier een noordwestelijk-zuidoostelijke richting. In de Centrale Slenk (zie fig. 6), die ruwweg van Sittard en Roermond naar het noorden loopt, ligt onder Eindhoven en Den Bosch het Carboonoppervlak 4 tot 5 km onder zeeniveau. In de Peelhorst daarentegen op minder dan 1000 meter, evenals in de Achterhoek. Uit het feit dat het Perm hier op de Carboonlagen van verschillende ouderdom ligt heeft men afgeleid, dat de breuken reeds in het Carboon moeten hebben bestaan. Het Carboonoppervlak kan min of meer als het fundament van Nederland worden opgevat, waarop zich later de jongere formaties hebben afgezet, onderbroken door verschillende gebergtevormende perioden en erosies. Het is voor een groot deel een oud erosie-oppervlak dat is ontstaan na de tektonische opheffing boven zeeniveau van een deel van de carbonische afzettingen. Deze tektonische beweging werd veroorzaakt door de laatste in deze streken werkzame fasen van de grote Variscische of Hercynische orogenese, de Asturische en de Saalische tektonische fasen.

Op de hogere gedeelten van het landoppervlak, dus meer naar het zuiden van ons land en in het huidige België, werden uiteraard ook de oudere formaties van het Carboon aangesneden door de erosie. Deze lagen waren zelf weer afgezet op een oude schiervlakte, een afgeërodeerde rest van een caledonisch geplooid gebergte. Deze oude schiervlakte die een op zichzelf staande tektonische eenheid vormt en in de opbouw van de ondergrond van Nederland een voorname plaats inneemt, staat bekend als het **Massief van Brabant**. Dit strekt zich uit vanaf het gebied om Maastricht dwars door België en onder het zuidelijk deel van de Noordzee in de richting van Wales (fig. 3). De ondergrondse schiervlakte helt langzaam naar het noorden af (fig. 1).

Het Perm

De erosie tijdens het eerste gedeelte van het Perm tastte het grote Hercynische plooiingsgebergte aan, dat op de plaats van de huidige Ardennen en ten zuiden van het Brabants Massief lag. Uit de afbraakproducten

*) Zie voor een verklaring van enkele begrippen pag. 83/84

GEOPHYSICAL EXPLORATION FOR OIL — THE SEISMIC REFLECTION METHOD.

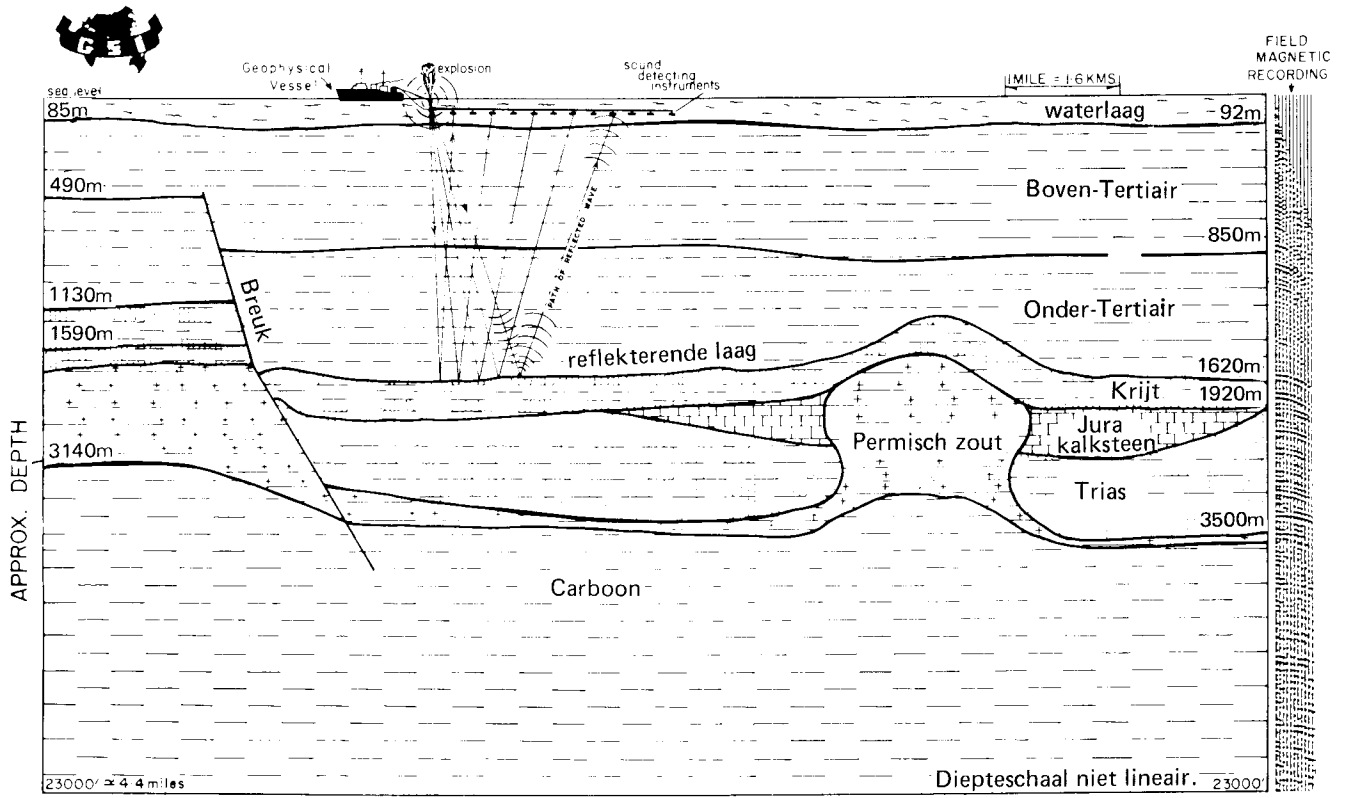
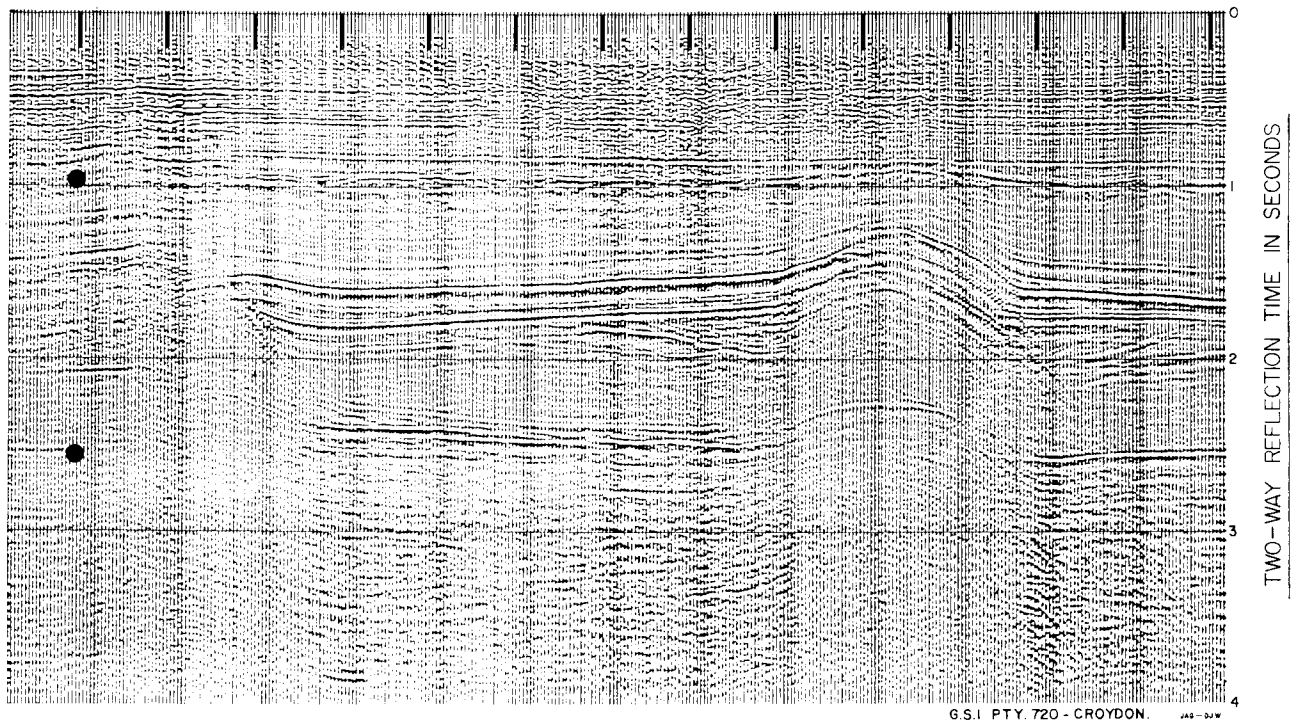


Fig. 2b. Interpretatie van seismisch profiel van 2a.
N.B.: de diepteschaal is niet lineair!

AFTER
DIGITAL
COMPUTER
PROCESSING

Fig. 2a. Seismisch profiel

GEOPHYSICAL SERVICE INTERNATIONAL LTD.
SEISMIC CROSS-SECTION



GEOLOGISCHE TIJDTAFEL

TIJD IN MILJOEN JAREN (I.U.G.S. COMM. 1967)	HOOFD-TIJD-PERK ERA-THEM	PERIODE SYSTEMEEM	TIJDVAK		TIJD		OROGENESE									
			SERIE	ETAGE	VOORNAAMSTE TEKTONISCHE FASEN											
					(FORMATE OF GROEP)											
2	KENOZOICUM	KWARTAIR	HOLOGEEN													
			PLEISTOCEEN													
		TERTIAIR	PLIOCEN								SAVISCH PYRENEISCH					
			MIOCEEN													
			OLIGOCEN													
			EOCEEN													
PALEOCEN				LARAMISCH SUBHERCYNISCH												
MESOZOICUM	KRIJT					BOVEN-KRIJT	MAASTRICHTIEN						SENOON			
							CAMPA NIEN									
							ANTONIEN									
							TUNACIEN									
							TUNONIEN									
		ONDER-KRIJT	CENOMANIEN		NEO-COON (MEADEN)		AUSTRISCH									
			ABBIEN													
			APTIEN													
			HARREMIEN													
			HAUTERIVIEN													
JURA	BOVEN-JURA	MALM	FURTSLANDIEN						LAAT-KIMMERISCH							
			KIMMERIDGIEN													
			OXFORDIEN													
	MIDDEN-JURA	DOLGGER	A. LOVIEN										VROEG-KIMMERISCH			
			BATHONIEN													
			RAUCIEN													
	ONDER-JURA	LAS	A. ALIENIEN													
			TARCIEN													
			PLENSBACHIEN													
			NEMURIEN													
TRIAS	BOVEN-TRIAS	MUR	H. HAETIEN						VROEG-KIMMERISCH							
			NORNIEN													
			CARNIEN													
	MIDDEN-TRIAS	MUSCHE-MALM	LADINIEN													
			ANISIEN													
			SKYTHIEN													
ONDER-TRIAS	MUSCHE-MALM															
230	PALEOZOICUM	PERM	BOVEN-PERM					THURINGIEN		HERCYNISCH (VARISCHISCH)						
			ZELTEN					ZELTEN CYCL								
		CARBOON	BOVEN-CARBOON					SAXONIEN				SAALISCH				
								(BOVEN-ROTLIEGEND)								
		ONDER-CARBOON	BOVEN-CARBOON	SAXONIEN		ASTURISCH MALVERNISCH										
				(ONDER-ROTLIEGEND)												
				TEPHANIEN												
				WESTFALIEN												
		DEVOON	ONDER-CARBOON	NEMURIEN		SUDETISCH										
SILUUR	ONDER-CARBOON	SILURIEN		BRETONS												
		DEVONIEN														
		FRANCIEN														
		TOURNAISIEN														
ORDOVICIUM	ONDER-CARBOON			ARDENNISCH				CALEDONISCH								
CAMBRIUM	ONDER-CARBOON			SARDINISCH												
570	PRECAMBRIUM															

van dit bergland en van andere hoger gelegen gebieden in Europa werden in onze omgeving dikke roodkleurige conglomeraat-, zandsteen- en schalielagen afgezet. Deze zijn hier bekend onder de naam **Rotliedendes**. De afzettingen zijn terrestrisch en van een woestijnfacies.

Tegen het einde van het Rotliedendes was het samenspel van erosie en sedimentatie zover gevorderd, dat er een vlak en eentonig woestijnlandschap was ontstaan. Toen moet er tevens een geleidelijke regionale bodemdaling hebben plaatsgevonden, waardoor de zee via een reeds relatief lager gelegen gedeelte van het continent tussen Schotland en Noorwegen naar het zuiden en oosten kon opdringen tot ver in Duitsland en Polen. Hiermede was het tweede deel van het Perm, de **Zechstein**, begonnen. Bepaalde gedeelten van het Zechsteinbekken waren aan een grote bodemdaling onderhevig en hier werden in opeenvolging van hun oplosbaarheid carbonaten (kalken en dolomiet), anhydriet, steenzout en lokaal kalium/magnesium-zouten afgezet. *) In Noordost-Nederland is de dikte van het Zechstein aanzienlijk en is in grote gebieden duidelijk een viermaal herhaalde indampingscyclus waar te nemen (fig. 4 a en b). Deze herhaling staat in verband met het herhaald vergroten en vernauwen van de verbinding van het Zechstein-bekken met de open oceaan, waardoor het zoutgehalte in de bekkens periodiek wisselde. De steenzoutlagen die zich in de dalende bekkens hebben afgezet, namen dikten aan tot meerdere honderden meters. Het steenzout, dat ten opzichte van de omringende en de later er op afgezette gesteenten een lager soortelijk gewicht heeft en daardoor toch al de neiging had om in opwaartse richting te bewegen, heeft de eigenschap zich als plastisch vervormbaar te gedragen onder grote druk. Hierdoor is het steenzout in de loop der tijd gaan vloeien en konden

zoutkussens en zoutpijlers (ook wel zoutkoepels, zoutdommen of zoutdiapieren genoemd) gevormd worden (fig. 1, 2, 4a en 5).

De Trias en Jura

Na het hoofdtijdperk van het Paleozoïcum, waarvan het Carboon en het Perm de beide laatste perioden zijn, begon het Mesozoïcum. De eerste periode hiervan is de **Trias (Buntsandstein, Muschelkalk en Keuper)**. Nadat de Zechsteinzee zich definitief uit onze omgeving had teruggetrokken, bleef het warme woestijnachtige klimaat voortduren. Er waren vele ondiepe plassen en meren waarin zich klei en silt afzetten en deze meren lieten bij het uitdrogen vaak gips en anhydriet achter. Zandsteen werd vrijwel uitsluitend in de Midden-Buntsandstein afgezet. In een periode waarin de zee weer even binnendrong werd steenzout, het Rötzout (Boven-Buntsandstein) gevormd. De **Muschelkalk** wijst op een versterkte mariene invloed. In de Midden-Muschelkalk werd weer een steenzoutpakket afgezet. De **Keuper** geeft weer een meer continentaal beeld te zien. Tegen het einde van de Trias wordt het eerste gedeelte van de grote Permo-Triassische sedimentatiecyclus, die na de Saalische tektonische fase inzette, afgesloten door de **Vroeg-Kimmerische** fase, het eerste in onze streken waarneembare effect van de Alpiene orogenese **). De opheffende bodembewegingen waren niet zo belangrijk en waarschijnlijk van relatief korte duur, doch vonden wel overal nagenoeg het gehele land plaats. De erosie deed weer zijn werk en nadat de bodemdaling opnieuw inzette en de zee weer geleidelijk oprong, werden de afzettingen van het Rhaetien gevormd. Op veel plaatsen liggen deze afzettingen discordant op de oudere Keuper, lokaal echter -in het oosten des lands- op Muschelkalk

*) In de aardkorst komen op diverse plaatsen in de wereld grote, uitgestrekte zoutaccumulaties voor. De gesteenten (chemische sedimenten), die hier zijn afgezet, worden **evaporieten** (= indampingsgesteenten) genoemd. Zij bestaan voornamelijk uit **haliet** (= steenzout, NaCl) en **anhydriet** (CaSO₄) en/of **gips** (CaSO₄·2H₂O). In ondergeschikte mate komen **kalium-** en **magnesiumzouten** (K/Mg-zouten) voor. Gips is bij een lage temperatuur stabiel, de watervrije anhydriet bij een hogere. De grenstemperatuur ligt tussen de 20° en 50° en is afhankelijk van de **zoutgraad** of **saliniteit** van de omringende vloeistof. Hoe hoger de saliniteit, hoe lager de grenstemperatuur. Beneden een diepte van rond 1000 m komt, vanwege de hoge temperatuur in de ondergrond, gewoonlijk alleen anhydriet voor. Alle oorspronkelijke gips is dan omgezet in anhydriet, onder afgifte van het kristalwater. Wordt anhydriet door tektonische oorzaken van een diepe ligplaats omhoog gestuwd, dan kan het onder opname van water geleidelijk weer overgaan in gips.

De meest voorkomende K/Mg-zouten zijn:

Sylvien	KCl
Carnalliet	KCl·MgCl ₂ ·6H ₂ O
Langbeiniet	K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄
Kainiet	4KCl, 4MgSO ₄ ·11H ₂ O
Kieseriet	MgSO ₄ ·H ₂ O
Bischoffiet	MgCl ₂ ·6H ₂ O

Als men zeewater gaat indampen slaan de aanwezige zouten neer in de volgende vol- gorde:	Dikte neerslag uit 1000 m zeewater
1e de carbonaten (kalksteen en dolomiet)	0,12 m
2e calciumsulfaat (gips)	0,59 m
3e natriumchloride (steenzout)	12,88 m
4e de kalium- en magnesiumsulfaaten en -chloriden (K/Mg-zouten)	2,74 m

In een sedimentatiebekken dat geheel of gedeeltelijk van de open zee is afgesloten en waar indamping van het water plaats vindt, worden evaporieten in bovenstaande volgorde afgezet. Wordt de verbinding met de oceaan geleidelijk beter, dan neemt de saliniteit weer af waardoor een omgekeerde volgorde van evaporieten tot afzetting komt. De opeenvolging van laagsalinere naar hoogsalinere evaporietafzettingen noemt men een indampingscyclus. Vaak zijn deze cycli sterk asymmetrisch, waarbij het tweede deel van de cyclus onderontwikkeld is, hetgeen wijst op een relatief snelle terugkeer naar normale saliniteit in het bekken. Verder komt het vaak voor dat de cycli niet volledig zijn, omdat bij de indamping het K/Mg-zout- of het steenzoutstadium niet werd bereikt.

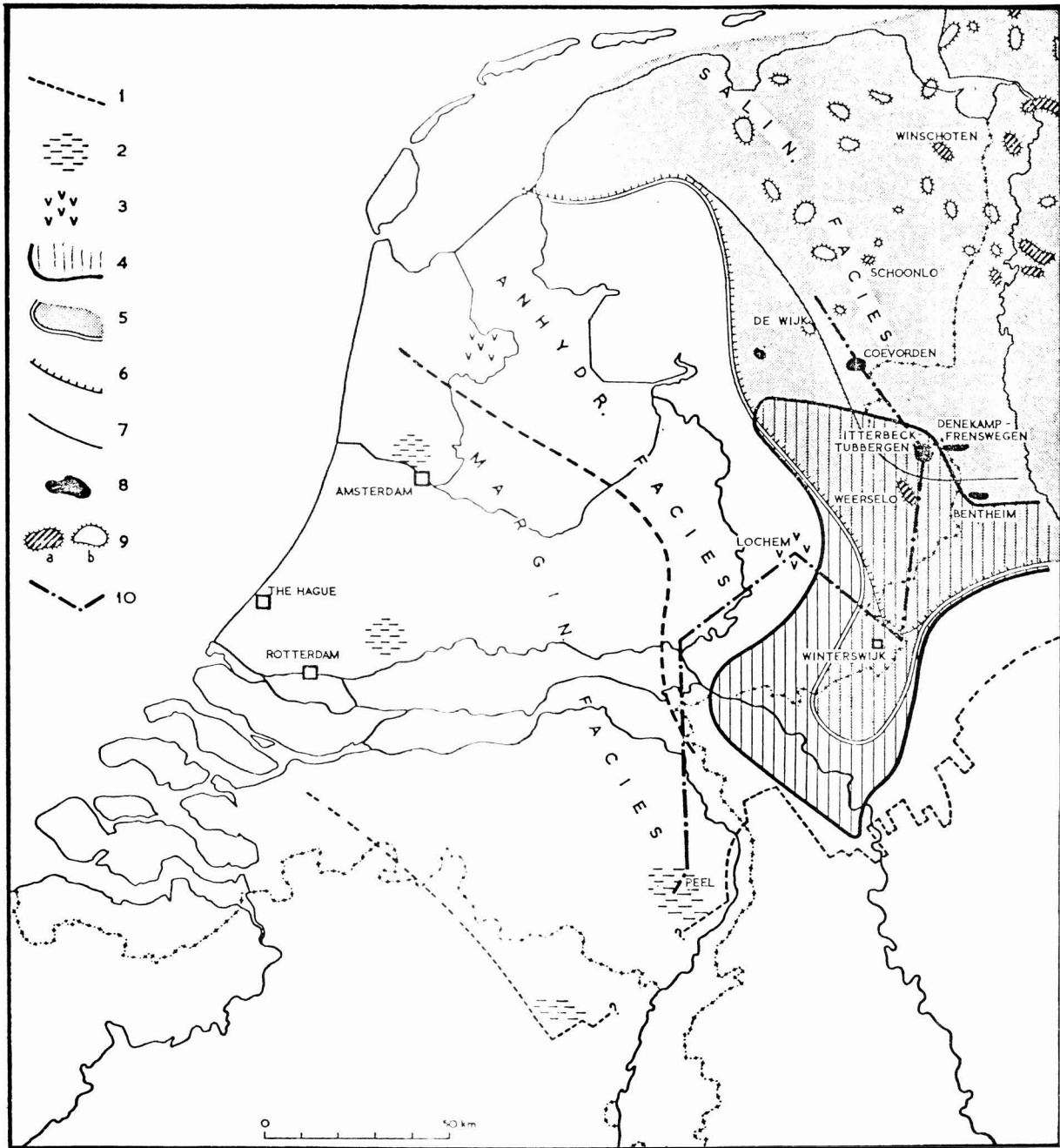


Fig. 4a. Facieskaartje van de Nederlandse Zechstein (gewijzigd naar W.A. Visser 1956)

schaal 1:1.800.000

1. Grens van de tegenwoordige verspreiding van de Zechstein; 2. Zechstein in marginale facies (klastische en carbonaat-facies); 3. Zechstein voornamelijk in anhydriet-facies; 4. Grens van het steenzout van de 1e cyclus (Werra-serie); 5. Idem van de 2e cyclus (Stassfurt-serie); 6. Idem van de 3e cyclus (Leine-serie); 7. Idem van de 4e cyclus (Aller-serie); 8. Gasvelden in de Zechstein-dolomieten; 9. Zoutpijlers a: aangeboord, b: geofysisch aangetoond; 10. Profiel fig. 4b.

**)

In plaats van Alpiene orogenese worden de mesozoïsche en soms ook de kenozoïsche bergteevormende bewegingen in NW-Europa ook wel Saxonische orogenese genoemd. Dit is gebaseerd op het verschil in tektonische vervormingsstijl. De Alpiene orogenese veroorzaakte intensieve plooiing en grote gebergtekets (alpinotype deformatie). De Saxonische orogenese had epirogenetische bewegingen en verschuiving van grote breukblokken tot gevolg (saxonische of germanotype deformatie). Hierbij ontstonden, in de gebieden waar de breukblokken aan elkaar grensden, zones met een gecompliceerde breuktektoniek en lokaal wat plooiing.

Daar zowel de Alpiene als de Saxonische orogenese het gevolg zijn van dezelfde krachtenvelden in de aardkorst, die zich gedurende bepaalde tijden manifesteerden, zij het met een verschillend deformatietype, is het volgens schrijver dezes beter het lokale en structuurtype gebonden begrip Saxonische orogenese te laten vervallen. Tijdens de Alpiene orogenese trad in sommige delen van de wereld (b.v. Alpen, Himalaya, Andes) intensieve plooiing van geosynclinalen op; in andere gebieden (o.a. NW-Europa) lieten krachten in dezelfde periode starre breukblokken enigszins bewegen en schuiven.

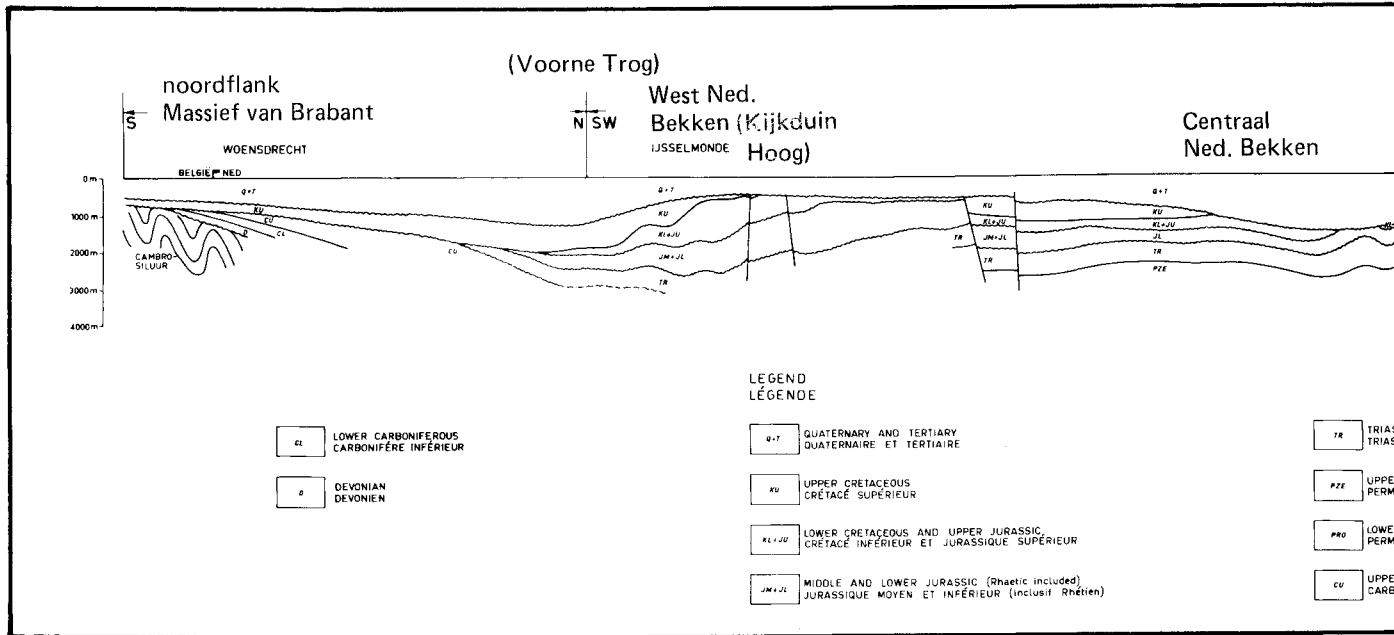


Fig. 1. Geologisch profiel door Nederland. Enige grote structurele elementen zijn in het profiel aangegeven (vgl fig. 6). De kenozoïsche elementen staan tussen haakjes.

Fig. 3. Noordwest-Europa gedurende het Boven-Carboon (naar het Eindverslag Rijksopsporing van Delfstoffen)

* = Massief van Brabant

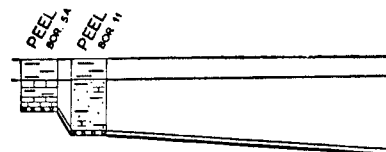
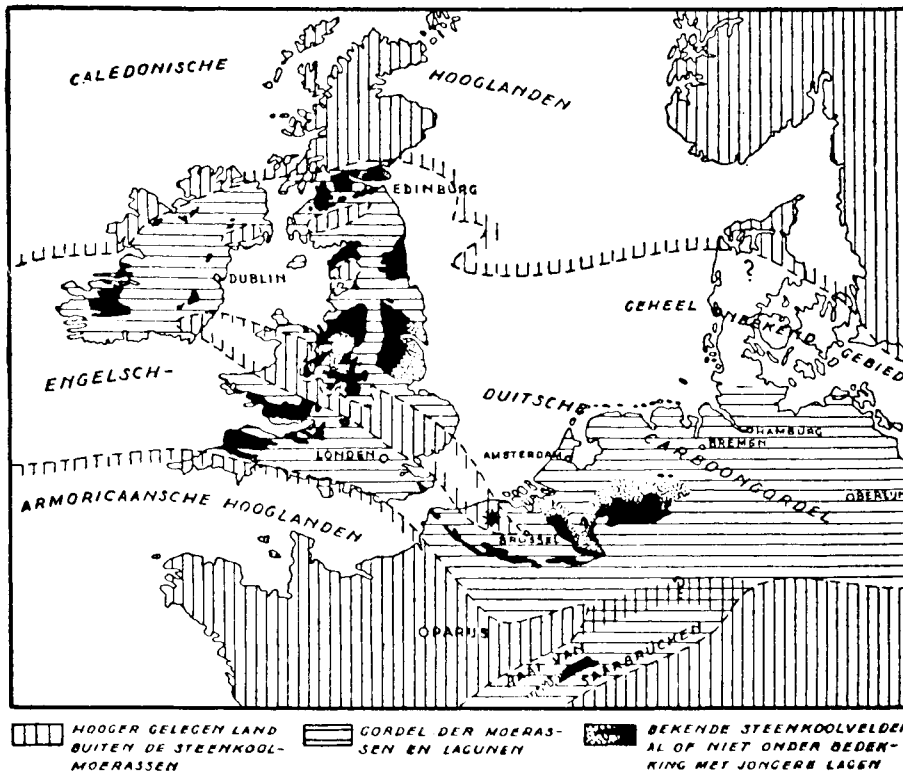
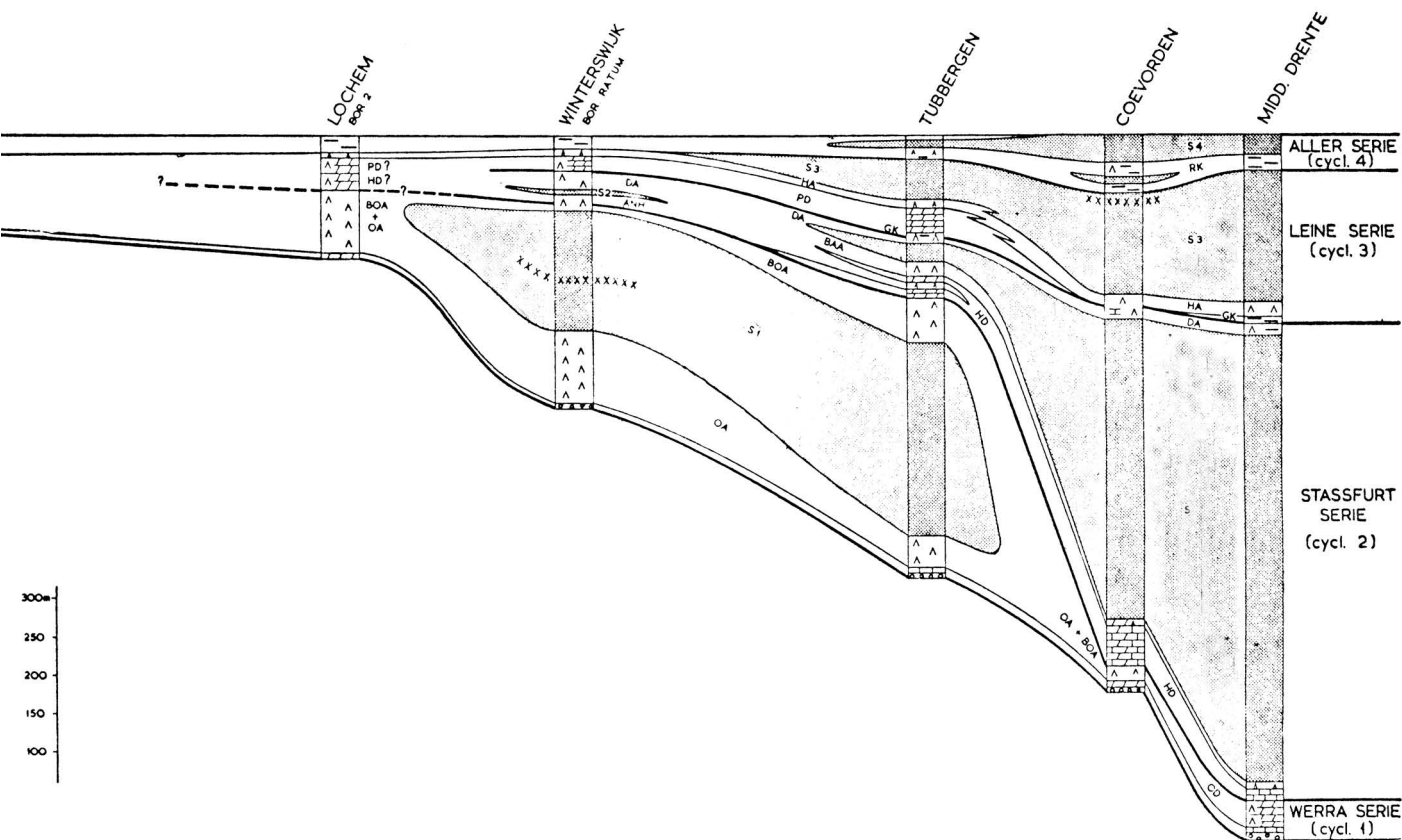
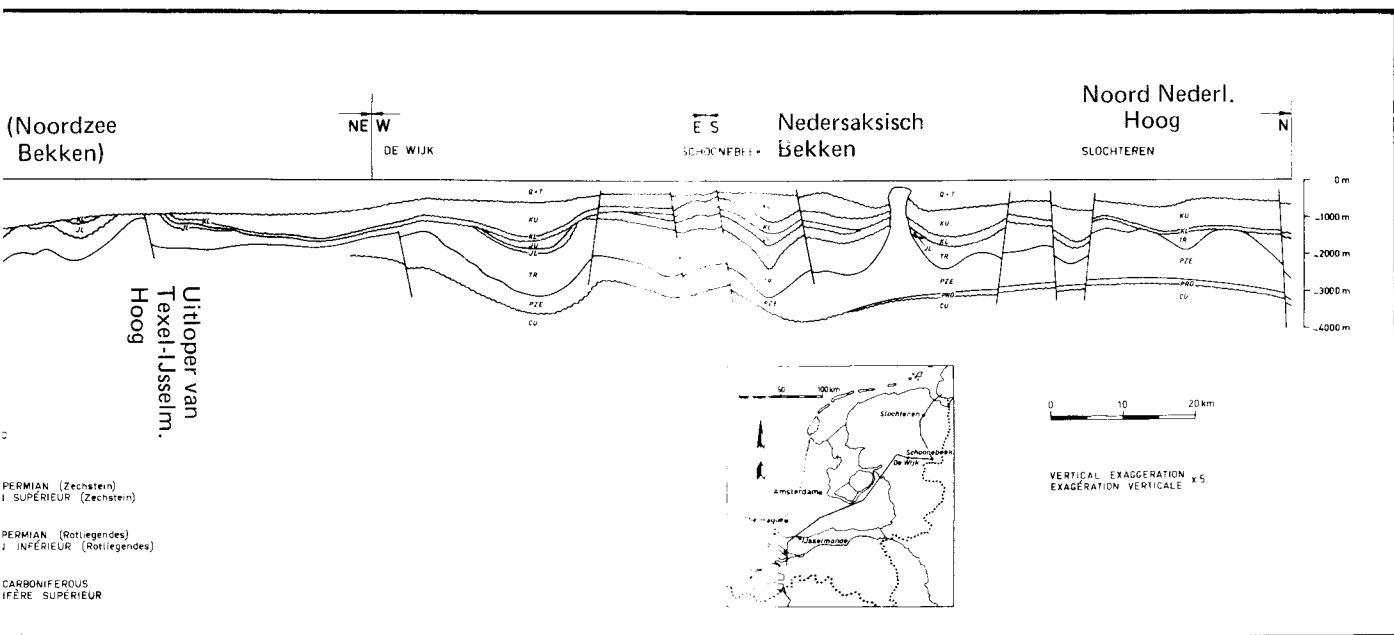


Fig. 4b. Stratigrafisch profiel door

- | | | |
|---------------|-------------------|-----|
| 1. Kalizouten | 6. Kleigesteenten | OA. |
| 2. Steenzout | 7. Zandsteen | OD. |
| 3. Anhydriet | 8. Conglomeraat | S1. |
| 4. Kalksteen | | BOA |
| 5. Dolomiet | | HD. |



de Nederlandse Zechstein (gewijzigd naar W.A. Visser 1956)

Vertikale schaal 1 : 10 000, horizontale schaal 1 : 1 100 000

- | | | |
|--|--|--|
| Onderste anhydriet | ANH. Idem in anhydriet-facies | PD. Plattendolomiet |
| Onderste dolomiet | BAA. Basale anhydriet van de 2e cyclus | HA. Hoofdanhydriet |
| Steenzout van de 1e cyclus (Werra-serie) | S2. Steenzout van de 2e cyclus (Stassfurt-serie) | S3. Steenzout van de 3e cyclus (Leine serie) |
| Bovenste anhydriet van de 1e cyclus | DA. Dekanhydriet van de 2e cyclus | RK. Rode zoutklei |
| Hoofddolomiet | GK. Grijs zoutklei | S4. Steenzout van de 4e cyclus (Aller-serie) |

of zelfs op Buntsandstein. Vervolgens werden in de **Jura** afgezet de Lias, de Dogger en de Onder-Malm. Deze midden-mesozoïsche sedimentatiecyclus werd afgesloten door de **Laat-Kimmerische** fase van de Alpiene orogenese in de Malm. De tektonische bewegingen hadden een hoogtepunt gedurende het einde van de Onder-Malm. De bodembewegingen van de Laat-Kimmerische fase uitten zich in een regionale opheffing van het gehele Nederlandse gebied boven de zeespiegel, hetgeen op grote schaal met kanteling der gesteentelagen gepaard ging. Hierbij manifesteerde de blokvorming zich in horsten en slenken, terwijl plooiing slechts van ondergeschikt belang was.

In Midden- en Noord-Nederland werd zodoende een hoog gebied van ingewikkelde tektonische bouw gevormd, dat een algemeen zuidoost-noordwestelijke strekking had. De sterkst opgeheven gebieden zijn in het Texel-IJsselmeer Hoog en -wat zuidelijker- de zone gevormd door het **IJmuiden Hoog**, de **Zandvoort Rug** en het **Maasbommel Hoog** (zie fig. 6).

De sterke erosie die de opgeheven gebieden aangreep nam over een groot areaal de eerder gevormde afzettingen van de Jura, de Trias en lokaal zelfs het Perm weg.

Het Krijt

Nadat de tektonische bewegingen van de Laat-Kimmerische fase waren uitgewerkt, trad in het noordoosten, midden en zuidwesten van het land weer bodemdaling in en ontwikkelden zich in grote lijnen drie aparte sedimentatiebekkens (de bekkens van Nedersaksen, Centraal-Nederland en West-Nederland, zie fig. 6 en 7a), waarin de hernieuwde afzetting min of meer gelijkmatig begon tijdens het laatste deel van de Malm, doch waarin de faciesontwikkeling wel enigszins van elkaar verschilde.

In Noordoost-Nederland, waar de westelijke uitloper ligt van het grote **Nedersaksische Bekken** werden na de Laat-Kimmerische fase in de hogere Malm allereerst kleiige, kalkige en anhydriet- en steenzouthoudende lagen afgezet in een ondiepe binnensee. Gedurende het eerste gedeelte van het **Onder-Krijt** vond de sedimentatie vrijwel ononderbroken plaats tot aan het einde van Barremien-Aptien. Aanvankelijk werden zoet- en brak-water afzettingen gevormd (de Wealden). Bij overgang naar volledig mariene omstandigheden werd in het Valanginien in het Nederlands-Duitse grensgebied in Drenthe een dik pakket zandsteen afgezet, de **Bentheimer Zandsteen**. Aan het einde van het Aptien werd de algemene daling van het noordoostelijke bekken beïnvloed door een geleidelijke regionale opheffing, die verband houdt met de **Austriese** fase. Bij deze bodembewegingen hebben plooiingen een belangrijker rol gespeeld dan voor eerdere Alpiene fasen wordt aangenomen.

Over de afzettingen in het **Centraal-Nederlandse Bekken** is weinig gepubliceerd. De ontwikkeling in midden-Nederland sluit aan bij die in het Nedersaksische Bekken. Grote delen van de opvulling van het centrale bekken zijn door latere erosie verloren gegaan.

De sedimentatie in het **West-Nederlandse Bekken**, dat in zuidoostelijke richting overging in de Centrale Slenk (fig. 6), verliep in de Boven-Jura en het Onder-Krijt aanvankelijk onder continentale en kustnabije omstandigheden. Na een korte onderbreking werd de sedimentatie vanaf het Boven-Hauterivien in marien milieu voortgezet, aanvankelijk in Zuid-Holland (het Zuid-Holland Bekken) en vervolgens geleidelijk naar het zuiden en zuidoosten transgredierend. Een hiaat in het

Aptien, zoals dat in het noordoostelijke bekken duidelijk is te onderscheiden, is niet in het westelijke bekken onderkend.

In het **Boven-Krijt** bereikte de transgressie zijn maximum. Geheel Nederland en een groot deel van het Massief van Brabant waren toen door de Krijtzee overspoeld. Het Boven-Krijt is grotendeels afgezet in een ondiepe zee in rustig water, zonder dat er veel afbraakmateriaal van de erosie van nabije landmassa's werd aangevoerd. Hierdoor vormden zich aanvankelijk mergelige afzettingen en daarna een vrij monotone opeenvolging van Krijt-kalken. Alleen langs de randen van het Krijtbekken werden glauconitische zanden afgezet, in Nederland o.a. het groenzand van Vaals. Lokaal traden opheffingen op en bijgevolg was er erosie in het Krijt-bekken tengevolge van de **Subhercynische** en **Laramische** fasen van de Alpiene orogenese.

Tertiair en Kwartair

De laat-mesozoïsche sedimentatiecyclus werd aan het einde van het Boven-Krijt afgesloten door een regionale opheffing boven zeeniveau, die samenhangt met de Laramische fase. Deze opheffing was in het noorden en zuidwesten van het land vrij gering. Hier treedt dan ook nauwelijks enige verstoring in de onderliggende lagen op. Het tegendeel is het geval in het overige deel van Nederland. De Laramische tektonische bewegingen, in navolging van de Subhercynische, gaven hier aanleiding tot meestal gebroken, licht- tot middelmatig geplooiide structuren, waarbij vermoed wordt dat de breukvorming vaak een reactivering of omkering van reeds bestaande breukzones geweest is. De opheffing was het sterkst in twee zones (het Boven-Krijt en deels ook het Onder-Krijt zijn daar door erosie geheel afwezig): een strook ongeveer op de plaats van het Centraal-Nederlandse Bekken van Twente en de Achterhoek naar Noord-Holland tot in de Noordzee met een oostzuidoost-westnoordwest richting (**Oost-Nederlandse Triasplateau** tot **Oostzaan Hoog** met Tertiair discordant op Trias) en een meer zuidoost-noordwest georiënteerd gebied van de Centrale Slenk met een verlenging naar het noordelijke gedeelte van het West-Nederlandse sedimentatie-bekken (fig. 6, 7a en b).

Het blijkt nu dat de bekkens van Centraal- en West-Nederland, na aanvankelijk sterk gedaald te zijn in de Boven-Jura en het Onder-Krijt, in het midden en einde van het Boven-Krijt krachtig zijn opgeheven. Men noemt deze bekkens, vanwege deze omgekeerde bewegingen, **geïnverteerde bekkens**. Langs de flanken van deze bekkens bereikte het jongere Boven-Krijt grote dikte (fig. 7b).

Tijdens de Subhercynische en de Laramische fasen werd de Centrale Slenk, die een belangrijk Jong-Kimmerisch fenomeen was, als gevolg van genoemde inversie in een horst veranderd, waarbij de relatieve bodembeweging langs de oorspronkelijke breukvlakken plaatsvond. Latere bodembewegingen in het Tertiair hebben er echter toe geleid dat de Centrale Slenk opnieuw in een werkelijke slenk veranderde. Sommige breuken in dit gebied werken nog door tot in het Kwartair. Nu en dan worden hier kleine aardbevingen geregistreerd.

Na afloop van de Laramische tektonische fase vond een erosie tot een schiervlakte plaats, waarop de eerste tertiaire lagen transgressief vanuit het zuiden werden afgezet. De grens tussen het Tertiair en de onderliggende formaties wordt nagenoeg over het gehele land door een duidelijke discordantie gemarkeerd. Het Tertiair en Kwartair waren perioden van al-

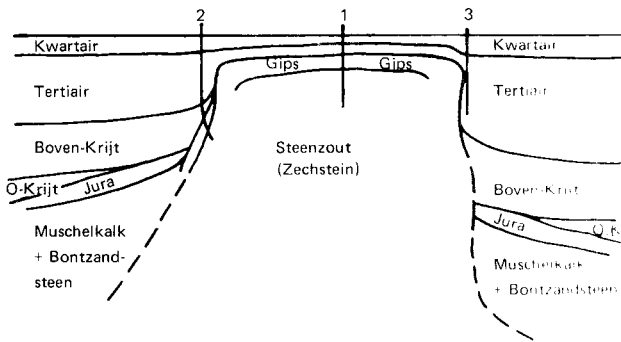


Fig. 5. Schets van de zoutpijler van Schoonlo (naar Mulder)

gemene bodemdaling. Alpiene bodembewegingen veroorzaakten echter lokaal grote hiaten in de sedimentaire opeenvolging, die overwegend uit kleien en zanden bestaat. Alleen in de Centrale Slenk en Zuid Limburg werden gedurende het begin van het Tertiair (Onder-Paleoceen) enige tientallen meters kalksteen afgezet. Fig. 8 geeft een beeld van de diepteligging van de basis van het Tertiair en dus tevens van de dikte van Tertiair plus Kwartair onder N.A.P.

In Zuid-Nederland vond de dikste afzetting plaats in de Centrale Slenk en de Voorne-Trog. Het Kijkduin Hoog markeert een dunne ontwikkeling. In Noord-Nederland ligt de zuidpunt van het grote Noordzee-Bekken, in het centrum waarvan het Kenozoïcum een dikte van ruim 3500 m bereikt.

Uit de boven beschreven geologische ontwikkeling blijkt wel de gecompliceerde opbouw van de ondergrond van Nederland. De verschillende tektonische fasen in de orogene perioden, die zich uitten in opheffingen, verschuivingen en plooiingen, hebben vaak ieder een eigen richting, terwijl de oudere storings herhaaldelijk tijdens jongere bewegingsfasen wederom werkzaam zijn. In deze beknopte beschrijving is het niet mogelijk dieper in te gaan op deze boeiende ontwikkeling. Meer gedetailleerde gegevens over de opbouw van de diepe ondergrond zijn te vinden in de aan het eind van dit hoofdstuk vermelde publicaties en de Atlas van Nederland, blad II-4, Tektoniek en blad II-2, Tektoniek: Nederland en omgeving.

TEKTONISCHE INDELING VAN NEDERLAND

De tektonische indeling van Nederland is in het voorgaande reeds duidelijk naar voren gekomen. De voornaamste tektonische elementen zijn vermeld op de tektonische schetskaart van Nederland (fig. 6). Naast breukpatronen zijn te onderscheiden oude massieven, bekkens en hoge gebieden. Deze zijn ingedeeld in paleozoïsche, mesozoïsche en kenozoïsche structuur-elementen, al naar gelang de tijd waarin zij ontstonden of werkzaam waren. Bij de breuken op Top Carboon niveau is de verticale bewegingsrichting aangegeven zoals die thans is waar te nemen. Tijdens de geologische ontwikkeling van Nederland is de beweging langs sommige van deze breuken tegengesteld geweest, met name langs de breuken die de Centrale Slenk begrenzen.

Op de gravimetrische schetskaart van Nederland

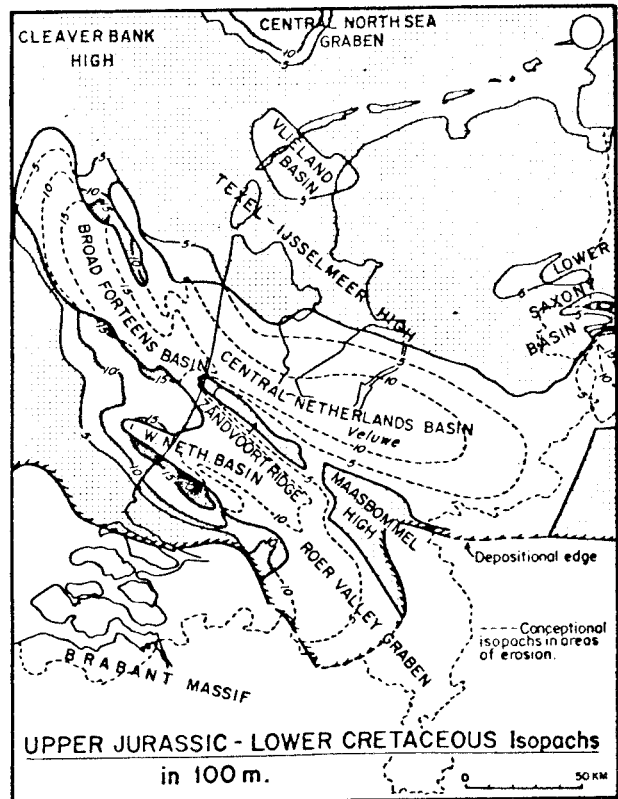
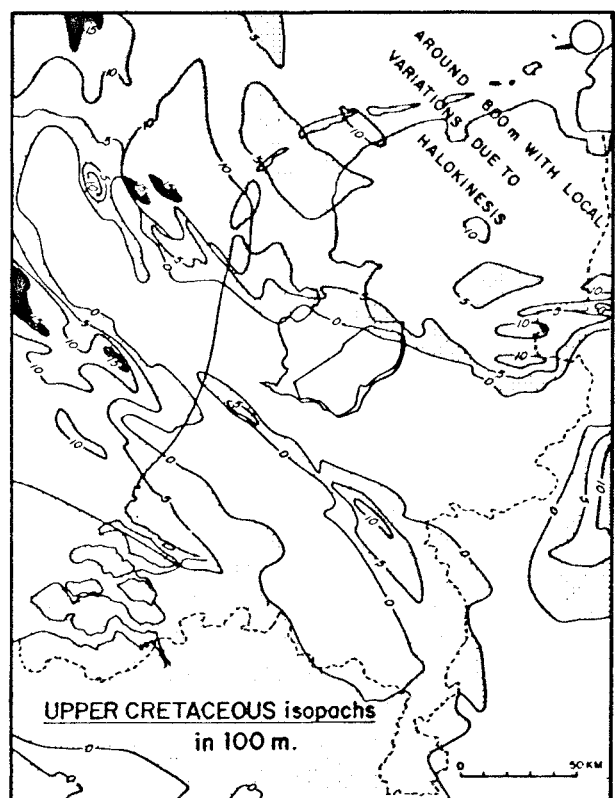


Fig. 7a. Lijnen van gelijke dikte van Bovenjura- en Onderkrijtlagen in 100 m. Roer Valley Graben = Centrale Slenk.

Fig. 7b. Lijnen van gelijke dikte van het Boven-Krijt in 100 m (naar Heybroek, 1974)



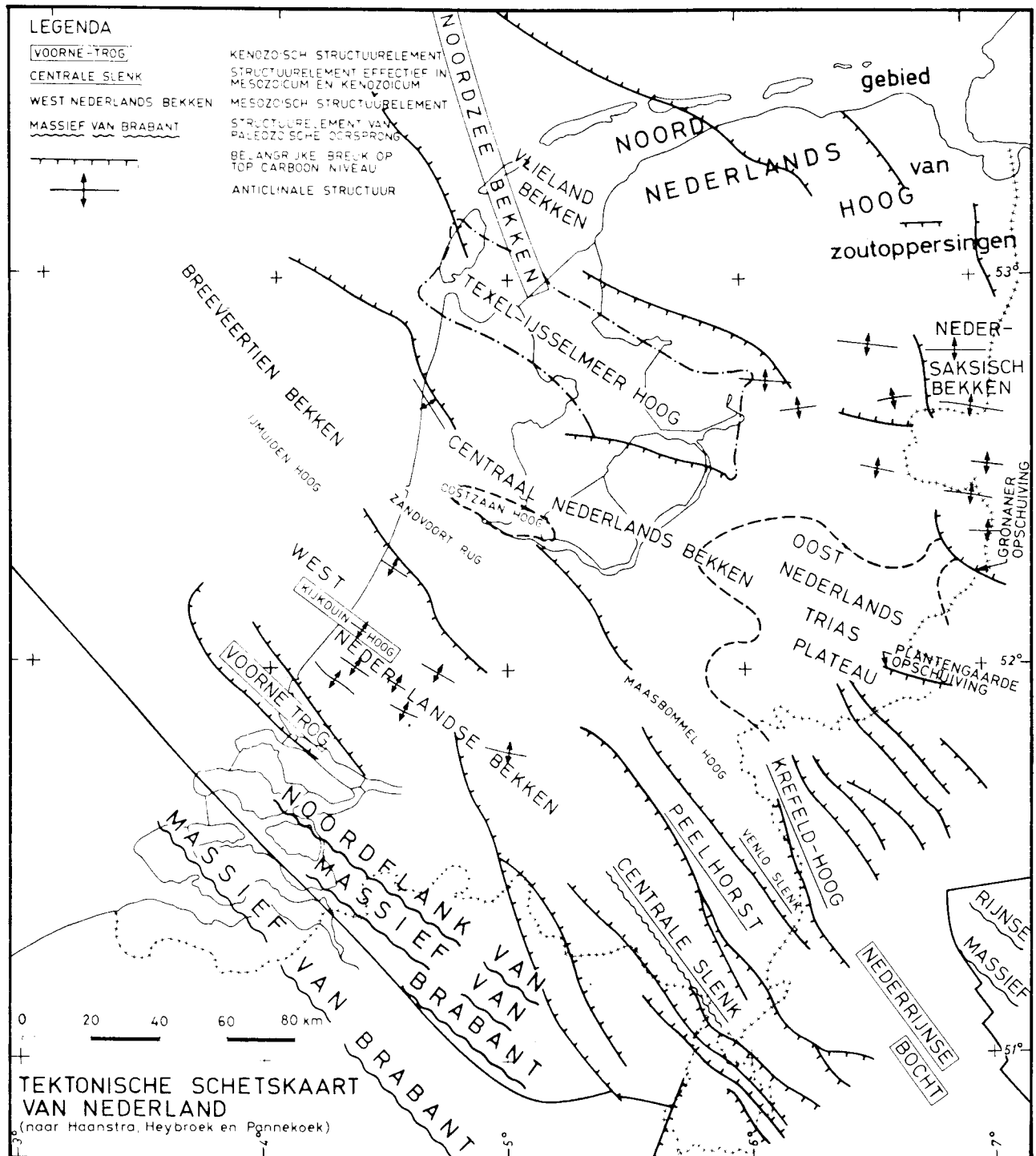


Fig. 6

(fig 9) zijn een aantal tektonische elementen terug te vinden. Duidelijk komen naar voren:

als negatieve gebieden de Centrale Slenk en het gebied van de zoutoppersingen in het noordoosten; als positieve gebieden het Massief van Brabant en het Oost-Nederlandse Triasplateau en het Texel-IJsselmeer Hoog.

De gecompliceerde tektonische bouw van de ondergrond in het midden van het land komt niet volledig in

het beeld van de zwaartekracht-anomalieën tot uiting. Wel komt de algemene noordwest-zuidoostrichting van de structuren naar voren, welke richting men wel de "Nederlandse Richting" heeft genoemd.

Voor een meer gedetailleerde gravimetrische kaart zij verwezen naar de Atlas van Nederland, blad II-7, Geofysica, Staatsdrukkerij- en Uitgeversbedrijf, Den Haag. Op dit blad is tevens een magnetometrische kaart afgebeeld.

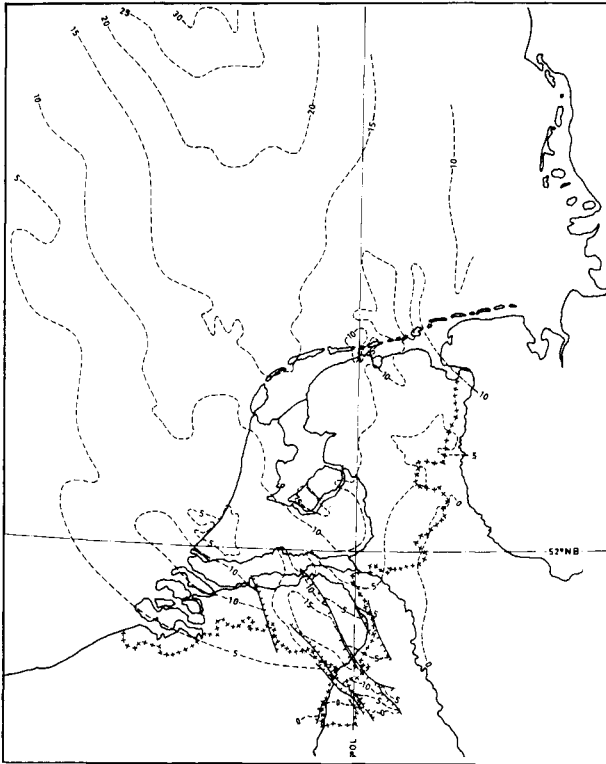
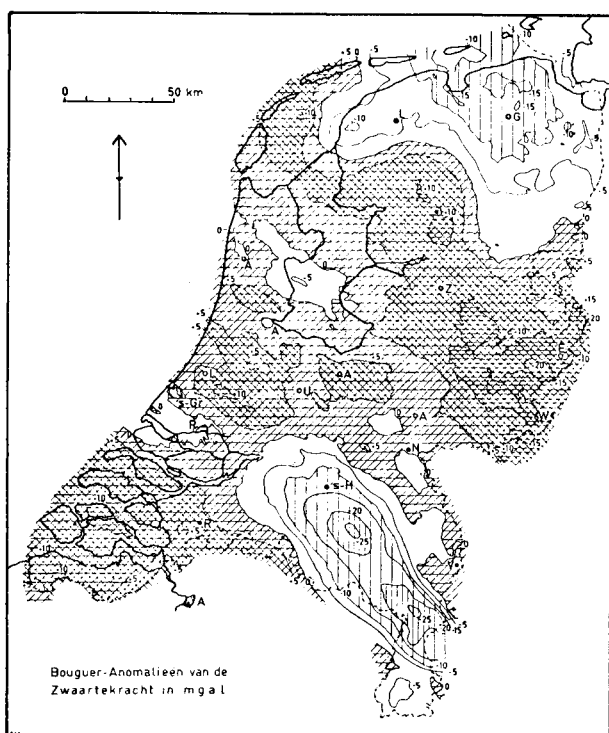


Fig. 8. Strukturkaart van de Basis van het Tertiair (naar Heybroek, 1974, en Heybroek et al., 1967). Contourwaarden in honderden meters - N.A.P.

Fig. 9. Vereenvoudigd beeld van de gravimetrische anomalieën (afwijkingen van de zwaartekracht) in Nederland, naar Van Weelden. De positieve (+) gebieden zijn met een donkere tint aangeven.



Enige begrippen verklaard

In het artikel "De geologie van de diepe ondergrond van Nederland" werd een aantal geologische begrippen bekend verondersteld. Wellicht voor velen overbodig laten we hier enige uitleg volgen, samengesteld met behulp van "Algemene Geologie", door Pannekoek e.a.

overschuiving. Een breuktype, waarbij een bewegende gesteentemassa - een schol - langs een breukvlak met geringe helling relatief omhoog is gekomen. Bij sterkere helling spreekt men van opschuiving.

horsten: langs evenwijdige breuken t.o.v. de omgeving gerezen schollen.

slenken: stroken gesteentemassa's die langs evenwijdige afschuivingen zijn gedaald t.o.v. de aan weerskanten liggende schollen.

erosie: proces van afvoer van verweerde, losse bestanddelen naar lager gelegen gebieden, waar dit puin wordt afgezet als sediment. Erosievlak: door erosie ontstaan oppervlak, bv. een schiervlakte.

transgressie: uitbreiding van de zee over een laagland. (Regressie is het zich terugtrekken van de zee.)

faciës: het aspect dat een afzetting van plaats tot plaats vertoont, afhankelijk van het daar geheerst hebbende milieu, bv. strandfaciës, woestijnfaciës.

paralisch milieu: afwisselend continentaal en ondiepmarien milieu, veroorzaakt door herhaalde trans- en regressies van de zee. Dit milieu was gunstig voor het ontstaan van steenkoolformaties.

terrestrisch: van het land afkomstig, in tegenstelling tot marien: verband houdend met de zee.

concordante lagen: evenwijdig aan elkaar afgezette sedimentlagen.

discordantie of hoekdiscordantie. Nadat een onderste laagpakket is gekanteld of geplooid en door een erosievlak wordt afgesneden, kan het voorkomen dat jongere lagen hierop worden afgezet. Beide pakketten maken dan een hoek met elkaar: een hoekdiscordantie. Wanneer sediment op dieptegesteente is gedeponeerd is er sprake van "nonconformity"

epiogenetische bewegingen, epiogenese: opheffingen en dalingen van vrij grote delen van de aardkorst, waarbij het gesteente niet of nauwelijks is vervormd. Epiogenese is een facet van tektonische deformatie: vervormingen van de aardkorst door endogene, vanuit de aarde zelf werkzame krachten.

orogenese: het ontstaan van gebergten door plooiing. Een orogeen is een plooiings-gebergte. Een orogenese is tevens een hoofdperiode van verhevigde orogeenetische activiteiten, bv. Caledonische, Hercynische en Alpiene orogenese (vergelijk de geologische tijdtabel op pag. 75), ook Caledonische, Hercynische of Alpiene plooiing genoemd. Een orogenese kan een duur hebben in de orde van grootte van 50-100 miljoen jaar en omspannt grote delen van de aarde.

plooingsfase = tektonische fase: tijden van grote activiteit binnen een orogenese, gescheiden door tijden met zwakkere werkzaamheid. De duur kan miljoenen jaren belopen.

geosynclinale: langgerekt, smal marien bekken dat een sterke daling heeft ondergaan. Hierin wordt zeer veel sediment gedeponeerd. Geosynclinalen zijn de voorlopers van orogenen, omdat de dikke sedimentpakketten vaak tot ketengebergten werden opgeheven: Alpen, Andes, Himalaya enz. tijdens de Alpiene orogenese.

halokinese: bewegingen van de bedekkende lagen van zoutafzettingen. Zij dragen bij tot het ontstaan van zoutpijlers.

silt: sediment met een korrelgrootte van 2-64 μ , tussen klei (kleiner dan 2 μ) en zand (1/16 - 2 mm) in. Sediment van 2 - 64 mm noemt men grind.

gravimetrische anomalieën: afwijkingen in de zwaartekracht. Lange, smalle stroken met een groot tekort aan zwaartekracht (negatieve anomalieën) lopen evenwijdig aan of vallen samen met diepzeetroggen en eilandenbogen. Op grond hiervan namen de ontdekker, Vening Meinesz, e.a. een uiterst langzame, naar beneden gerichte stroming in de aardmantel aan: een deel van een stelsel van convectiestromen.

Red.

LITERATUUR

Adrichem Boogaert, H.A. van (1976) - *Outline of the Rotliegend (Lower Permian) in the Netherlands*. In: H. Falke (ed.), *The continental Permian in central, west and south Europe*. NATO ASI Series, series C, vol.22, p.23-37, Reidel, Dordrecht.

Brouwer, G.C. & M.J. Coenen (1968) - *Nederland = Aardgasland*. Roelofs van Goor, Amersfoort, 301 p.

Faber, F.J. (1963) - *Zo ontstond Nederland*. Servire, Den Haag, 117 p.

Haanstra, U. (1963) - *A review of Mesozoic history in the Netherlands*. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., geol. serie, vol.21-1, p.35-55.

Heybroek, P. (1974) - *Explanation to tectonic maps of the Netherlands*. Geologie en Mijnbouw, vol.53, p. 43-50.

Heybroek, P. (1975) - *On the structure of the Dutch part of the Central North Sea Graben*. Proc. Conf. Petroleum and Cont. Shelf NW Europe, vol.1, p. 339-349.

Heybroek, P. Haanstra, U. & Erdman, D.A. (1967) - *Observations on the geology of the North Sea*. Proc. 7th World Petr. Congr., vol.2, p.905-916.

Keizer, J. & W.J. Letsch (1963) - *Geology of the Tertiary of the Netherlands*. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., geol. serie, vol.21-2, p.147-172.

Pannekoek, A.J. (red) (1956) - *De geologische geschiedenis, van Nederland*. Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage, 154 p.

Thiadens, A.A. (1963) - *The Palaeozoic of the Netherlands*. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., geol. serie, vol.21-1, p.9-28.

Visser, W.A. (1963) - *Upper Palaeozoic evaporites*. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., geol. serie, vol.21-2, p.61-71.

Ziegler, P.A. (1975) - *North Sea Basin history in the tectonic framework of North-Western Europe*. Proc. Conf. Petroleum and the Cont. Shelf NW-Europe. vol.1, p.131-148.

Meopta polarisatie-microscop

door P. Stemvers

De Tsjechoslowaakse optische fabriek Meopta leverde reeds in 1966 een stabiel en uitgekiend microscoopstatief in de "D"-serie. Werkend volgens een opbouwstelsel kan de microscoop voor meerdere doeleinden gebruikt worden, bijvoorbeeld: biologie, petrologie en ertsmicroscopie. Voorts kan gekozen worden uit modellen met monoclair en binoclair + monoclair. De eigenaar van een binoculaire polarisatie-microscop kan door aankoop van een opzetbare kruistafel een biologische microscoop verkrijgen die van 24 tot 1500 maal vergroot. Door aankoop van het verticale belichtingsapparaat R kan het model D in één handgreep omgetoverd worden in een ertsmicroscop. De komst van het huidige linkse regiem in Tsjecho-Slowakije heeft de export naar het Westen nagenoeg

volledig doen stagneren, waarschijnlijk omdat dit produkt achter het IJzeren Gordijn in een noodzakelijke behoefte moest voorzien. Nu de fabricage van het statief in Duitsland ter hand genomen wordt en Meopta alleen nog de optiek blijft verzorgen, lijken de leveringsmoeilijkheden tot het verleden te gaan behoren.

Aangezien dit de goedkoopste binoculaire polarisatie-microscop gaat worden, waarmee juist de amateur meerdere kanten uit kan, is een bespreking in *Gea* op zijn plaats. De importeur leverde een niet door hem gecontroleerd exemplaar waardoor fouten er bij de test uit zouden komen. Deze fouten waren:

1. Een matgeslepen condensor in het lamphuis. Hierdoor een te groot lichtverlies bij polarisatie-microscopie.