

De diepe ondergrond van Noord- en Zuid-Holland

Th.H.M. van Doorn

Olie- en gasvoorkomens

Zoals in dit en volgende hoofdstukken duidelijk zal worden, is de Nederlandse ondergrond bij lange na niet zo simpel van opbouw als haar min of meer platte bovenzijde doet vermoeden. Kennis van de ondergrond is in Nederland opgebouwd dankzij het onderzoek van o.a. de RGD in het ondiepe bereik (tot ca. 150 meter diepte) en door de interpretatie van gegevens uit diepboringen naar olie en gas, vaak 1000 tot 3000 meter diep, verricht door oliemaatschappijen. Voorts de vele duizenden kilometers seismische lijn die tijdens de speurtocht naar olie en gas geschoten zijn.

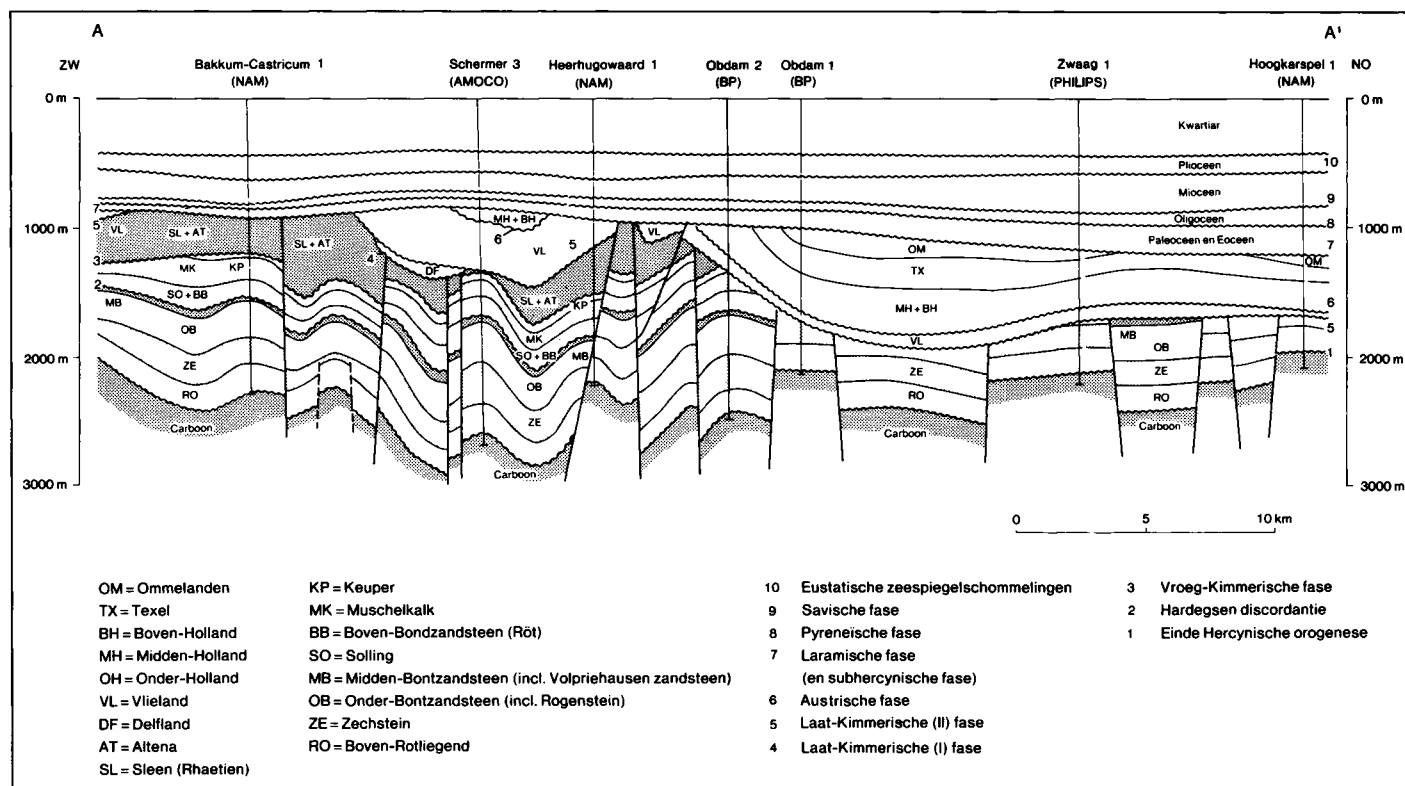
De profielen A en B laten in een eerste oogopslag al zien, terwijl het in feite simplificaties van de werkelijkheid zijn, dat er de nodige onrust is onder onze voeten. Een nauwkeurige bestudering zal de lezer tot de conclusie brengen dat de Nederlandse ondergrond zich voor wat betreft geaccidenteerdheid voor de Ardennen niet hoeft te schamen. Zo ligt bijvoorbeeld de top van de Delfland Formatie (zie profiel B) in de buurt van Woubrugge dik 1500 meter hoger dan in het 30 km zuidelijker gelegen De Lier. Maar laten we eerst eens

naar de historie van olie en gas in de Hollanden gaan kijken en de speurtocht er naar, voor we de resultaten ervan bespreken.

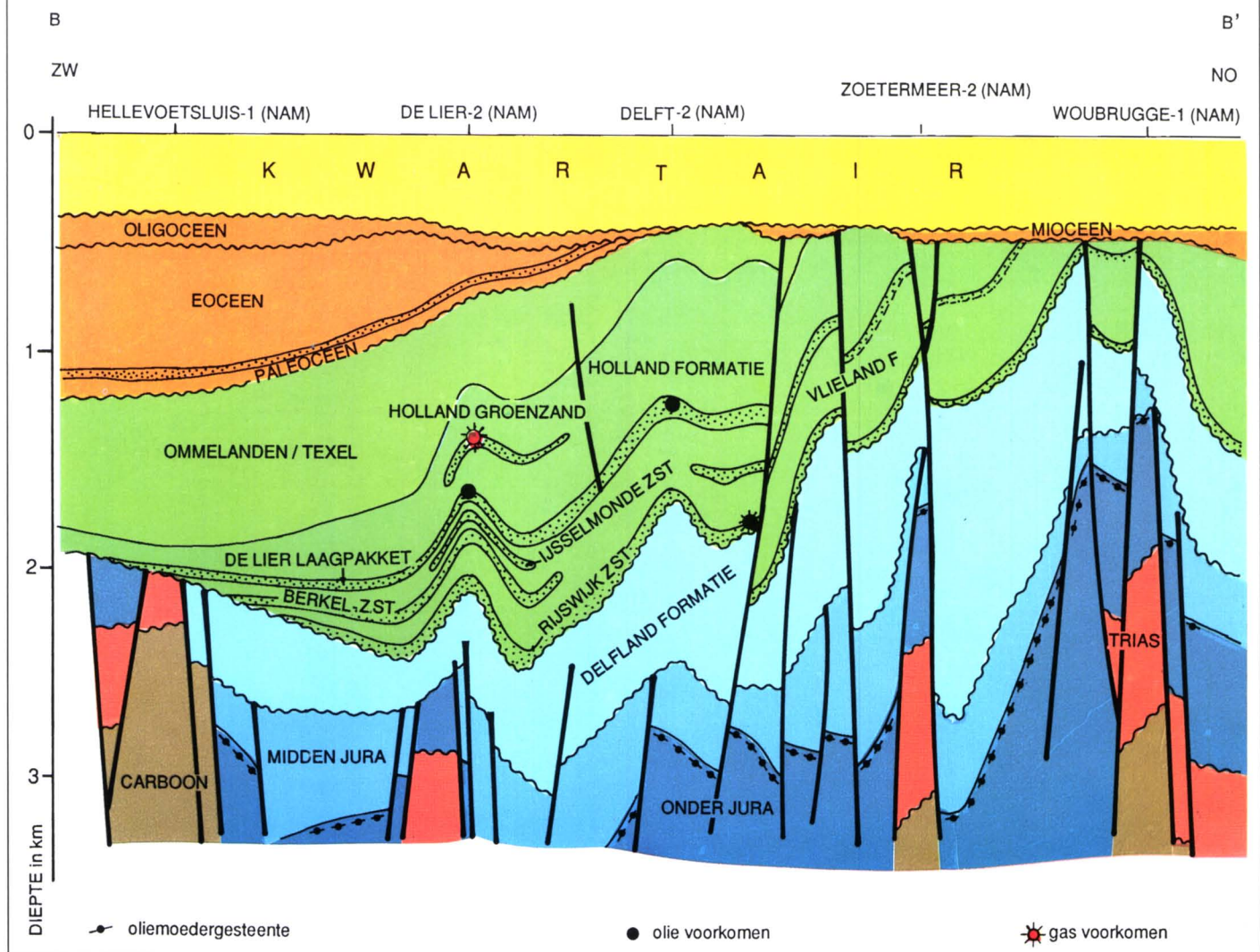
Olie en gas in Nederland

Zo belangrijk als olie en gas - samen ook wel koolwaterstoffen genoemd - momenteel voor de Nederlandse economie zijn, zo onbekend was het voorkomen ervan (in Nederland) aan het begin van deze eeuw. Op zoek naar steenkool en steenzout werden in 1921

de eerste 240 liter (ca. 2 barrels) aangetoond door de Rijks Opsporing van Delfstoffen (de voorloper van de huidige Rijks Geologische Dienst) te Corle bij Winterswijk. De tweede toevalstrefter vond plaats aan de Mient in 's-Gravenhage waar de Bataafse Petroleum Maatschappij in het kader van een Koloniale Tentoonstelling een boorinstallatie demonstreerde. Tot verbazing van de BPM werden op 461 meter diepte oliesporen aangetroffen. Voortgaand onderzoek in dit gebied leidde uiteindelijk tot de 'Rijswijk'-concessie die,



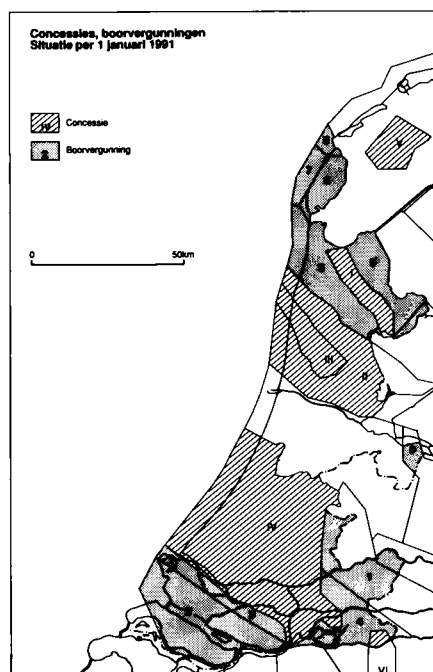
Profiel A: Schematische dwarsdoorsnede door de ondergrond van Noord-Holland.



Profiel B: Schematische dwarsdoorsnede door de ondergrond van Zuid-Holland, voor legenda zie profiel A (naar Bodenhausen et al., 1981).

genoemd naar de eerste economisch aantrekkelijke boring Rijswijk-1, het overgrote deel van Zuid-Holland beslaat en waarvan de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) de concessiehouder is.

Tot op heden is er een 14-tal olievelden aangetoond in Zuid-Holland die in 1990 gezamenlijk ongeveer 800.000 m³ olie oftewel 13 miljoen barrels of vaten produceerden. In sommige velden begint het einde van het productieve leven te naderen en deze (zijn) zullen worden gesloten, zoals bijv. het Wasse-naarveld. De geschiedenis van het Nederlandse aardgas begint ook in het oosten en wel met een gasvondst bij Bentheim in Duitsland, net over de grens bij Oldenzaal. Intensief onderzoek leverde in eerste instantie het Schoonebeek-olieveld op, gevolgd door gasvondsten bij Coevorden (1948). De gasboring Slochteren-1 in 1959, die het gigantische Groningen-veld als eerste aantoonde, bracht de doorbraak van gasexploratie en -productie in Noordwest-Europa tot stand. In Zuid-Holland hadden op dat moment al een aantal boringen naar olie



een beperkte hoeveelheid gas aangetoond zoals Noordwijk-1 (1955), Monster-1 en Leidschendam-1 (1957). Na de vondst in Groningen kwamen

◀ Fig. 1: Overzicht van de boorvergunningen en concessies binnen de provincies Noord- en Zuid-Holland (per 1-1-1991). Concessies: I Slootdorp, II Middelie, III Bergen, IV Rijswijk, V Zuidwal, VI Waalwijk. Boorvergunningen: 1 Utrecht II, 2 Rozenendaal, 3 Rotterdam-Zuid, 4 Andel, 5 Kolhorn, 6 Texel, 7 Vlieland II, 8 Engelsmansplaat, 9 Amersfoort.

naast de NAM andere maatschappijen de Nederlandse ondergrond verkennen. In 1964 toonde de NAM-boring Middelie-1 gas aan in Noord-Holland hetgeen leidde tot een concessie-aanvraag Alkmaar die vrijwel geheel Noord-Holland 'boven' het Noordzeekanaal besloeg. De protesten van verschillende maatschappijen en de vondst van Amoco Netherlands Petroleum Company bij Schermer-1 leidde uiteindelijk tot concessieverleningen (zie fig. 1) die beduidend kleiner waren dan Rijswijk en Groningen. Eind 1964 voegde het Franse Elf/Petroland zich bij de gelukkigen met de succesvolle boring Slootdorp-1.

De oorsprong van olie en gas

Aardolie en aardgas ontstaan uit organisch materiaal afkomstig van algen, bacteriën of hogere planten. Gesteente dat voldoende van dergelijke bestanddelen bevat, wordt moedergesteente genoemd. Door langdurige begraving van het moedergesteente (door daling van de bodem en opvulling met sedimenten komen dergelijke afzettingen op honderden, soms duizenden meters diepte te liggen) en toenemende temperatuur wordt het moedergesteente rijp, dat wil zeggen er worden uit de organische stof olie en gas gevormd. Afhankelijk van het type moedergesteente zal er makkelijker olie of aardgas gevormd worden. Zo zijn de moerasafzettingen van het Carboon in Nederland zeer rijk aan plantaardig materiaal en daardoor een typisch gasproducerend moedergesteente. De Posidonia Schalie uit de Onder-Jura daarentegen is een sedimentlaag rijk aan organisch materiaal afgezet in zee en daarmee een typisch olieproducerend moedergesteente. Voor het bereiken van rijpheid zijn een zekere tijd van begraving en een bepaalde temperatuur noodzakelijk. Voor gasgeneratie is langduriger begraving bij in principe hogere temperaturen nodig dan voor oliegeneratie. Eenmaal gevormde aardolie zal bij doorgaande begraving en toename van temperatuur eerst overgaan in condensaat (koolwaterstof die in de ondergrond bij hoge druk gasvormig is, maar aan het oppervlak een vloeistof) en later zelfs in aardgas. De relatief lichte koolwaterstoffen zullen proberen uit het moedergesteente los te komen en het aardoppervlak te bereiken. Dit wordt migratie genoemd. Hiervoor maken de koolwaterstoffen gebruik van permeabele (doorlatende) gesteentelagen zoals zandstenen en van breuken in de ondergrond. In een aantal gevallen komen aardgas en aardolie een niet-doorlatende zout- of schalielaag tegen op hun migratiepad en blijven daaronder steken, waarbij het in de ondergrond steeds aanwezige, min of meer zoute water, wordt verdrongen. Indien dat in een poreuze zandsteen of kalksteenlaag is, het reservoir, dan is er in principe sprake van een olie- of gasaccumulatie: een veld. Voor het ontstaan van een olie- of gasveld zijn dus een viertal zaken noodzakelijk, te weten: een rijp moedergesteente, een poreus reservoirgesteente, een afdekend niet-doorlatend gesteente en een mogelijke migratieweg van moedergesteente naar dit reservoirgesteente (fig.2).

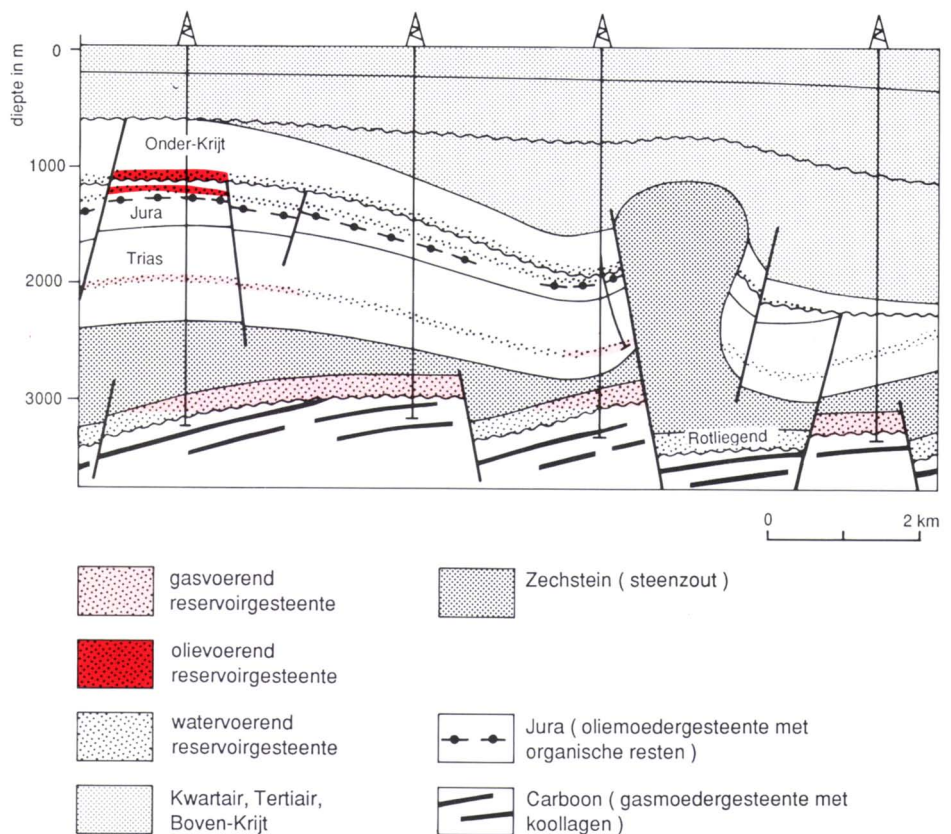


Fig. 2: Het steenzout in de Zechstein en kleisteenlagen in Trias, Jura en Onder-Krijt fungeren als afsluiting om de in het Carboon en de Jura gegenereerde en naar de reservoirgesteenten gemigreerde koolwaterstoffen vast te houden. In gunstige koepelvormige structuren of hoge breukblokken kon zo een winbare accumulatie ontstaan.

Geologische geschiedenis van Noord- en Zuid-Holland

De geologische geschiedenis van de beide provincies is zeer gecompliceerd en loopt maar in beperkte mate parallel. In het kader van dit artikel kan er maar zeer beperkt en sterk generaliserend over geschreven worden. Voor completere informatie wordt naar de literatuur verwezen. Zo'n 310 miljoen jaar geleden, tijdens het Laat-Carboon, lag Nederland ter hoogte van de equator (zie fig. 3). In het ter plaatse heersende warme en vochtige klimaat floreerden in moerasachtige omstandigheden reuzenvarens, schubbomen (Lepidodendron) van wel 40 m hoog, boomachtig wolfsklauw en reuze-paardestaarten (o.a. Calamites 20-30 m). De onder water als veen gepreserveerde resten hiervan zouden in de loop der miljoenen jaren via tussenstadia als bruinkool omgezet worden in steenkool. Deze koollagen uit het Carboon vormen in belangrijke mate het moedergesteente van ons aardgas. Aan het einde van het Laat-Carboon bereikte het Varistisch front, de voorkant van een gebergtevormende zone met veel tektonische onrust, het huidige België en ontstonden de Ardennen. Neder-

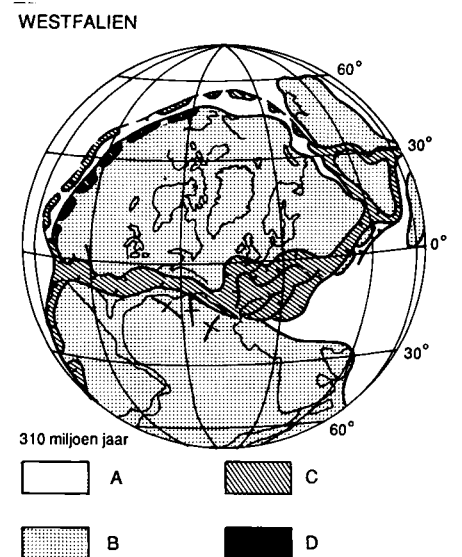


Fig. 3: De ligging van de continenten en de positie van Nederland ca. 310 miljoen jaar terug (naar Ziegler, 1989). A. Oceaan. B. Continentale kraktonen. C. Actieve plooingsgordels. D. Inactieve plooingsgordels.

land ontsnapte aan het orogene geweld, hier traden slechts 'rimpelingen' op waardoor delen van het dan al 3,5 km diepe, met zanden, kleien en

Hierdoor werden over een gebied reikend van Engeland tot ver in Polen lacustriene (meer) sedimenten afgezet. Langs de randen treffen we fluviatiele

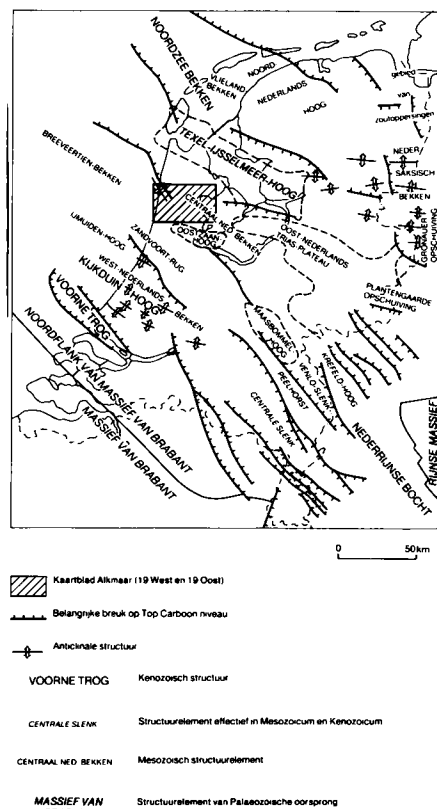


Fig. 4: Tektonische schetskaart van Nederland.

(rivier) en eolische (wind) afzettingen aan, vaak grote zones met duinen, gevormd onder invloed van de heersende passaatwinden (Nederland lag al wat noordelijker tussen 20 en 30° NB) doorsneden door wadis, rivierbeddingen die dankzij moessonregens soms veel water vervoerden, soms droog stonden. Dit type afzettingen treffen we in de Hollanden aan, met de mooiste duinzanden in Noord-Holland waarin o.a. de Bergermeer- en Bergen-gasvelden van Amoco zijn aangetroffen. Deze maken deel uit van de Rotliegend-afzettingen van het Vroeg-Perm. Tijdens het Laat-Perm (Zechstein) was het klimaat zo mogelijk nog droger en dampte de binnenzee, het Zuidelijke Noordzee Bekken of Permo-Triadisch Bekken, een paar maal droog. Tijdens deze indampingscycli ontstonden eva-

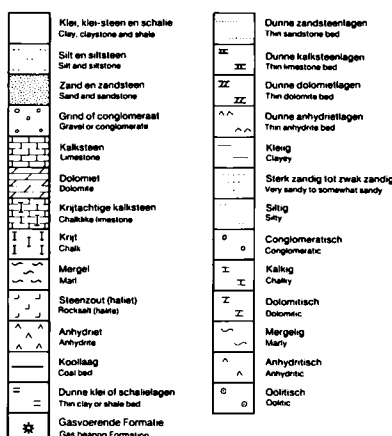
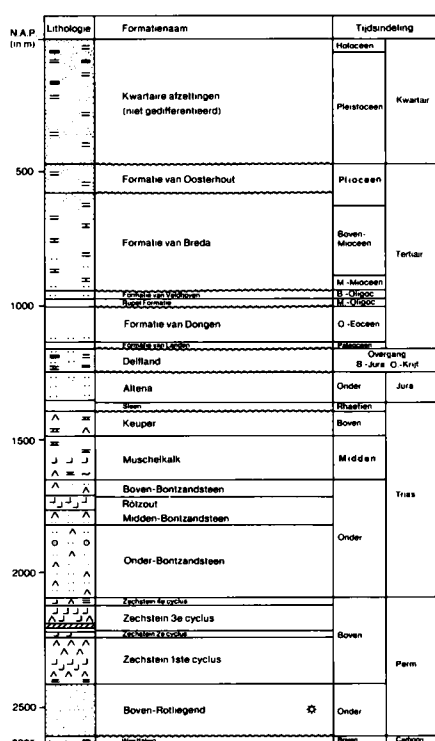


Fig. 5: Lithologie en stratigrafie van boring Mid-dielie-101. Diepteschaal in meters beneden NAP; de einddiepte bedraagt -2625 m.

porieten (indampingsgesteenten) als anhydrieten en steenzout. Langs de rand werden carbonaatgesteenten gevormd. Belangrijk is dat deze evaporieten over het algemeen zeer slecht doorlatend zijn voor gas en een uitstekend afsluitend gesteente vormen boven op de Rotliegend-reservoirzanden. In Zuid-Holland zitten we aan de rand van het bekken. We treffen daar vrijwel geen evaporieten aan en dus geen Rotliegend-gasvelden. In Noord-Holland, waar zich zo'n 250 miljoen jaar geleden een subbekkentje bevond, vinden we echter wel steenzout en anhydriet. Deze vormen de afdekende lagen boven de eerdergenoemde velden. Het gas uit het veld Alkmaar en een deel van de produktie van het

veld Middelie komen uit de Plattendolomiet, een platige gedolomitiseerde kalksteen. Deze lagen komen voor onderin de derde Zechsteincycclus (zie fig. 5). In de hiernavolgende periode, de Trias, werden de bontgekleurde, donkerpaars-rode en groene kleien en zanden van de Bontzandsteen afgezet. Hoe dichter bij de 'bergen', het Londen-Brabant Massief, hoe meer zand; hoe verder het Bekken in des te meer klei treffen we aan. In het zuidelijke deel van Zuid-Holland is vooral de Hoofd Bontzandsteen zeer rijk aan zand, terwijl we er in Noord-Holland steeds meer schalielagen in aantreffen. Boven de Bontzandsteen treffen we, voor zover latere erosie ze niet weggenomen heeft, dunne lagen Röt, Muschelkalk (bekend uit de beroemde groeve in Winterswijk) en Keuper aan. In een aantal gevallen kunnen deze samen met de latere Jurassische afzettingen als afsluiter dienen van de Hoofd Bontzandsteen en treffen we er gasvelden in aan. Tijdens de Trias werd het grote Permo-Triadisch Bekken geleidelijk in kleinere delen opgesplitst. Door opheffing van delen van het bekken ontstonden hogen, zoals het Midden-Nederland Hoog in het centrum van Nederland, waarop sterke erosie plaatsvond van de vaak al dunne afzettingen. In het noordoosten van Noord-Holland treffen we dan ook geen Trias meer aan. Aan het einde van de Trias en het begin van het Rhaetien, zo'n 213 miljoen jaar geleden, was het Permo-Triadische Bekken onder invloed van de Vroeg-Kimmerische tektonische fase in kleinere bekkens en hogen opgedeeld geraakt. In deze periode keerden ook vulmariene omstandigheden terug en werden dikke pakketten kleisteen afgezet. In de verschillende subbekkens ontstonden door beperkte bodemcirculatie afzettingen rijk aan organisch materiaal, dat door de afwezigheid van zuurstof niet geoxydeerd werd en in het sediment bewaard bleef. Deze afzettingen, waarvan de Posidonia Schalie de rijkste is aan organisch materiaal, zouden onder invloed van begraving en de daaruit voortvloeiende compactie en opwarming het belangrijkste olie-moedergesteente van Nederland gaan vormen. Tegen het einde van de Jura trad weer een fase van verlanding op, die resulteerde in de afzetting van het zandige Werkendam-laagpakket, dat in de boringen bij Werkendam en Moerkapelle olie bevat. Deze periode wordt gekenmerkt door verhoogde tektonische activiteit waarbij bekkens en hogen sterk geprononceerd raken. In deze zogenaamde Midkimmerische fase tekenden zich de omtrekken van in Zuid-Holland o.a. het West Nederlands Bekken af, terwijl pal westelijk van Noord-Holland het Breeveertijde

Bekken en, binnen deze provincie, het Centraal Nederlands Bekken min of meer hun definitieve vorm verkregen. De bekkens werden gescheiden door de Zandvoort Rug en het Oostzaan Hoog (zie fig. 4). In het noorden van Noord-Holland bleef het Texel-IJsselmeer Hoog domineren. De tektonische onrust ging gepaard met vulkanisme en intrusies van vloeibaar magmatisch gesteente. Na een periode waarin op vele plaatsen erosie van eerder afgezette sedimenten plaatsvond, de Laat-Kimmerische fase I, werd tijdens de Laat-Jura en het vroegste Krijt de Delfland Formatie afgezet. Deze formatie omvat rivier-, moeras- en ondiep mariene afzettingen als zanden, schalies (verharde klei) en veel kolige plantenresten. Na een nieuwe tektonische puls van de Laat-Kimmerische fase II werden in de Hollanden de volmariene kleien en mergels van de Vlieland en Holland Formaties (Onder-Krijt) afgezet. Dit proces van verdiepen verliep stapsgewijs met afwisselend periodes van transgressie (verdiepen van de zee, kleiner worden van het landoppervlak) en regressie (uitbouw van het land, kleiner worden van het zeeoppervlak). Hierdoor omvatten de dominant kleiige Vlieland en Holland Formaties een aantal, soms grove, zanden. Deze zanden met namen als Rijswijk, Berkel, IJsselmonde en De Lier Zand en Holland Groenzand vormen de oliereservoirs van Zuid-Holland (zie profiel B). Kleistenen in het Onder-Krijt zorgen voor een afsluitende laag op deze zandpakketten. Verder naar het noorden treffen we alleen onder in het pakket zand aan, het Vlieland Zand. Het belangrijke Zuidwalveld net op het Friese deel van de Waddenzee, is een gasveld in deze Vlieland-afzettingen. Een verdere verdieping van de zee en een afname van erosiemateriaal vanuit het achterland resulteerde in de bioklastische kalkpakketten van het Boven-Krijt, bij de meesten van ons bekend door de witte kalkrotsen van Calais en Dover.

Ongeveer 65 miljoen jaar geleden, aan het einde van het Krijt en het begin van het Tertiair, werden in Nederland de compressieve krachten, die gepaard gingen met de vorming van de Alpen, merkbaar. Tijdens de Subhercynische en Laramische fase werden onder invloed van deze krachten de oude bekkens opgetild en sommige 'Hogen' werden 'Lagen'. Dit fenomeen staat bekend als inversie. Van de nieuwe Hogen werd veel materiaal afgeërodeerd. Op het profiel van Zuid-Holland is te zien dat in het zuidwesten, waar maar weinig Jura en Onder-Krijt werd afgezet, veel Boven-Krijt bewaard is terwijl in het noordoosten, waar in het cen-

trum van het oude bekken veel Jura en Onder-Krijt werd afgezet, het Boven-Krijt en deels het Onder-Krijt geheel verdwenen is. Gedurende het hierop volgende Tertiair werden dikke pakketten kleien en zanden afgezet in een ondiepe, subtropische zee.

Aan het eind van het Eoceen, begin Oligoceen (ca. 40 miljoen jaar geleden) vond een laatste belangrijke tektonische puls plaats, waardoor een hiaat in de afzettingen ontstond.

In het Dongen Zand (aan de basis van het Eoceen) is in de omgeving van IJsselmonde gas aangetroffen.

Voor een beschrijving van de Kwartaire en Holocene afzettingen wordt verwezen naar het artikel van W. de Gans en de literatuur.

Conclusie

Uit het voorgaande moge blijken dat de geschiedenis van de ondergrond van de provincies Noord- en Zuid-Holland heel wat gecompliceerder is dan de vlakke, grazige weiden op het eerste oog doen vermoeden. Tijdens de lange tocht van Nederland over de aardbol door de verschillende klimaatgordels, waarbij het onderhevig was aan sterke tektonische invloeden en zeespiegelschommelingen, werden hier verschillende sedimenttypen afgezet. De aanwezigheid van olie- en gasmoedergesteente, poreuze reservoirgesteentes en ondoorlatende klei- en zoutlagen creëerde omstandigheden die tot olie- en gasvelden leidden. De vondst van het gigantische Groningen-veld leidde tot een intensieve speurtocht naar koolwaterstoffen in o.a. Noord- en Zuid Holland. Beide blijken over redelijke hoeveelheden gas (Noord- en Zuid-Holland) en olie (Zuid-Holland) te beschikken, die als belangrijke bijdragen tot de Nederlandse energievoorziening beschouwd kunnen worden.

Summary

Although The Netherlands are famous for their green flat surface, the subsurface of the country and certainly the subsurface of the provinces North- and South-Holland shows quite an impressive structuration as may be clear in the profiles A and B. A long and well-known history from the Carboniferous on shows the country, on the passive margin of Eurasia, moving from the equator through tropical and subtropical climate zones towards its present position. Different climates induce different sedimentary facies. The combination of swamp deposits in the Carboniferous, in time transformed in gas generating coal beds, wind deposited de-

sertlike dune sands of the Rotliegend, nowadays the reservoir rock, and thick salt layers deposited during the Zechtein, acting as the seal of the reservoir, gave the country its huge Groningen field (2700 billion m³ natural gas) and many, many minor fields. During the Lower Jurassic claystones rich of organic material due to anoxic circumstances were deposited and form the major oil source rock. Especially in South-Holland good reservoir sands are present in the Lower Cretaceous. Influences by the major Variscan and Alpine movements are recognizable in the different sediments. Some were productive in creating structural traps (the main type in The Netherlands), some were not or even resulted in breaching of the reservoirs. Still we can state that The Netherlands, although it is small and flat on top, has a huge amount of hydrocarbons in its subsurface. The first oil was discovered by pure accident while the Dutch petroleum company (the Bataafsche Petroleum Maatschappij, nowadays Shell) showed a rig on an exposition on the colonies near the city of The Hague. It was the start of the search for oil in the region. The search for gas was triggered by the finding of the Groningen-field in 1959. Especially in North-Holland there is a good gasproduction by Amoco, Elf Petroleum and NAM, the Dutch subsidiary of Shell.

Adres van de auteur:

Rijks Geologische Dienst
Postbus 157
2000 AD Haarlem

Literatuur

- Bodenhausen, J.W.A. en W.F. Ott, 1981. Habitat of the Rijswijk Oil Province, Onshore, The Netherlands in: Petr. Geol. of the Cont. Shelf of NW-Europe p. 301 309 Institute of Petroleum, London.
- Brouwer, G.C. en M.J. Coenen, 1968. Nederland = aardgasland hatooreeks. Uitg. A. Roelofs van Goor.
- Lopes de Leao Laguna, R., 1985. Geologische tijdschalen. Aula pocket 747 ISBN 90 274 55198.
- NAM & RGD, 1980. Stratigraphic Nomenclature of The Netherlands. Verh. van het Koninklijk Nederlands Geologisch en Mijnbouwkundig Genootschap, deel 32.
- Rijks Geologische Dienst, 1987. Alkmaar W + O (19 W + O) Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000.
- Rijks Geologische Dienst, 1988. Geologie van Nederland, deel 2 Delfstoffen en samenleving: SDU Uitgeverij 's-Gravenhage ISBN 12 052386.
- Ziegler, P.A., 1989. Evolution of Laurussia Kluwer Ac. Publishers ISBN 0-7923-0428-4.

