

GEOLOGIE VAN HET KWARTAIR IN DE ZUIDELIJKE BOCHT VAN DE NOORDZEE

door

C. Laban

Rijks Geologische Dienst, Haarlem,

T.D.J. Cameron

British Geological Survey, Nottingham

en

R.T.E. Schüttenhelm

Rijks Geologische Dienst, Haarlem

Laban, C., T.D.J. Cameron & R.T.E. Schüttenhelm. Geologie van het Kwartair van de zuidelijke bocht van de Noordzee (Geology of the Quaternary in the southern bight of the North Sea). - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 21(3): 139-154, 11 figs. Leiden, September 1984.

The British Geological Survey and the Rijks Geologische Dienst are jointly publishing a series of 1:250.000 maps of amongst others Quaternary sediments of the North Sea along the median line between the British and Dutch sectors. The Early Pleistocene deposits show an upward transition from marine to deltaic and fluvial sediments. The succession is clearly subdivided by unconformities on seismic profiles, defining the boundaries between the largely seismo-stratigraphic units (formations). Each has characteristic seismic facies. The unconformities are interpreted as indicating significant periods of non deposition.

The sedimentary record from the Middle Pleistocene onwards comprises a number of lithostratigraphic units ranging from marine transgressive sediments to tidal flat deposits, lacustrine clays and various non-marine, including glacial deposits. Also the sediments of the Holocene marine transgression have been subdivided into a few formations each with a characteristic lithology.

C. Laban, Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, 2011 CD Haarlem, The Netherlands; Dr. T.D.J. Cameron, British Geological Survey, Keyworth, Nottingham NG 125, England; Dr. R.T.E. Schüttenhelm, Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, 2011 CD Haarlem, The Netherlands.

Inhoud: Inleiding, p. 140

De stratigrafische eenheden, p. 141

Het Pre-Kwartair, p. 142
Oudere pleistocene formaties, p. 144
Elster glaciatie, p. 146
Holstein transgressie, p. 147
Saale glaciatie, p. 148
Laat-pleistocene formaties, p. 149
De holocene transgressie, p. 151
Dankbetuiging, p. 153
Literatuur, p. 153

INLEIDING

Sinds 1968 wordt er door de Rijks Geologische Dienst (= RGD) afdeling Mariene Geologie in samenwerking met Rijkswaterstaat, directie Noordzee, een geologische inventarisatie van de Noordzeebodem uitgevoerd. Deze inventarisatie beperkt zich hoofdzakelijk tot het Nederlandse deel van de Noordzee, maar strekt zich in samenwerking met de geologische diensten van de omliggende landen, ook daarbuiten uit. Bij dit onderzoek wordt gebruikgemaakt van acoustische- en seismische en van monster- en boorapparatuur. Het acoustisch- en seismisch onderzoek, de oppervlaktebemonstering en het grootste deel van de ondiepe boringen wordt door de RGD zelf uitgevoerd. De boordiepte van RGD-boringen op zee bedraagt maximaal 10 meter. Daarnaast wordt gebruikgemaakt van diepere boringen die zijn uitgevoerd in opdracht van oliemaatschappijen. Het betreft hier twee typen boringen: exploratieboringen en boringen ter bepaling van de pootpenetratie van boorplatforms. Het dieptebereik van deze laatstgenoemde boringen bedraagt over het algemeen ca. 20 tot ca. 100 meter. Van de exploratieboringen wordt alleen het gedeelte tot aan de bovenkant Krijt bestudeerd. Inmiddels is dankzij dit inventariserende onderzoek een globaal beeld van de geologische opbouw van het Nederlandse deel van de Noordzee verkregen.

Begin 1980 is een samenwerking tot stand gekomen met de Britse Geologische Dienst (BGS), het vroegere Institute of Geological Sciences (IGS). De aanleiding was de kaartering van grensoverschrijdende bladen van de kaartbladenserie 1:250.000. De eerste kaartbladen die worden uitgebracht liggen in het midden van de Zuidelijke Noordzee. De grens tussen het Britse en Nederlandse deel van de Noordzee loopt min of meer midden tussen de lengtegraden 2° OL en 4° OL door. Deze lengtegraden vormen tevens respectievelijk de oost- en westrand van de kaartbladen. De noord- en zuidbegrenzings worden respectievelijk gevormd door de breedtegraden 51° tot 52°; 52° tot 53°; 54° tot 55° en 55° tot 56°. NB. Besloten is om de betreffende kaartbladen in drie kaarten te publiceren. Het eerste blad, Flemish Bight genoemd, loopt van 52° tot 53° NB en van 2° tot 4° OL. De eerste kaart van dit blad is een afgedekte kaart van de bovenkant van de pleistocene afzettingen (in het Britse deel plaatselijk de bovenkant van de tertiaire afzettingen) met een bijkaartje waarop de totale dikte van de kwartaire sedimenten is weergegeven. Verder staat er op deze kaart een aantal profielen die tot de bovenkant van het Tertiair reiken. De tweede kaart geeft de bovenkant van de pre-kwartaire formaties, met een bijkaartje waarop de dikte Kwartair is weergegeven en een aantal profielen tot bovenkant Carboon. De contourlijnen van de dikte Tertiair staan op de hoofdkaart aangegeven. De hoofdkaart van de derde kaart geeft de samenstelling van de oppervlakesedimenten weer tot een diepte van 10 cm - zeebodem. Op deze kaart staat een groot aantal bijkaartjes waarop respectievelijk de totale dikte van het holocene pakket is weergegeven, alsmede de verbreiding van de diverse in het holocene pakket onderscheiden formaties, de korrelgrootteverdeling van het zand en

het CaCO₃-gehalte hiervan, het percentage biogene kalk van de fractie >2000 μm en een aantal profielen tot de bovenkant Pleistoceen. Inmiddels worden de bovengenoemde kaarten van het kaartblad Flemish Bight gedrukt. De afgedekte kaart van het Pleistoceen is reeds bij de RGD verkrijgbaar. Ook de kaart van de bovenkant Pleistoceen van het volgende kaartblad, Indefatigable genoemd (53° tot 54° NB en 2° tot 4° OL), is voorjaar 1984 in concept gereedgekomen. Dit voorjaar is eveneens begonnen met de opname van het volgende kaartblad, Silver Well, dat van 2° tot 4° OL en van 54° tot 55° NB loopt.

DE STRATIGRAFISCHE EENHEDEN

Het onderscheid tussen de verschillende stratigrafische eenheden is voor de onder-pleistocene eenheden voornamelijk gebaseerd op seismostratigrafische karakteristieken en voor de midden- en boven-pleistocene en holocene formaties op een combinatie van lithologische verschillen aan de hand van seismische en acoustische gegevens.

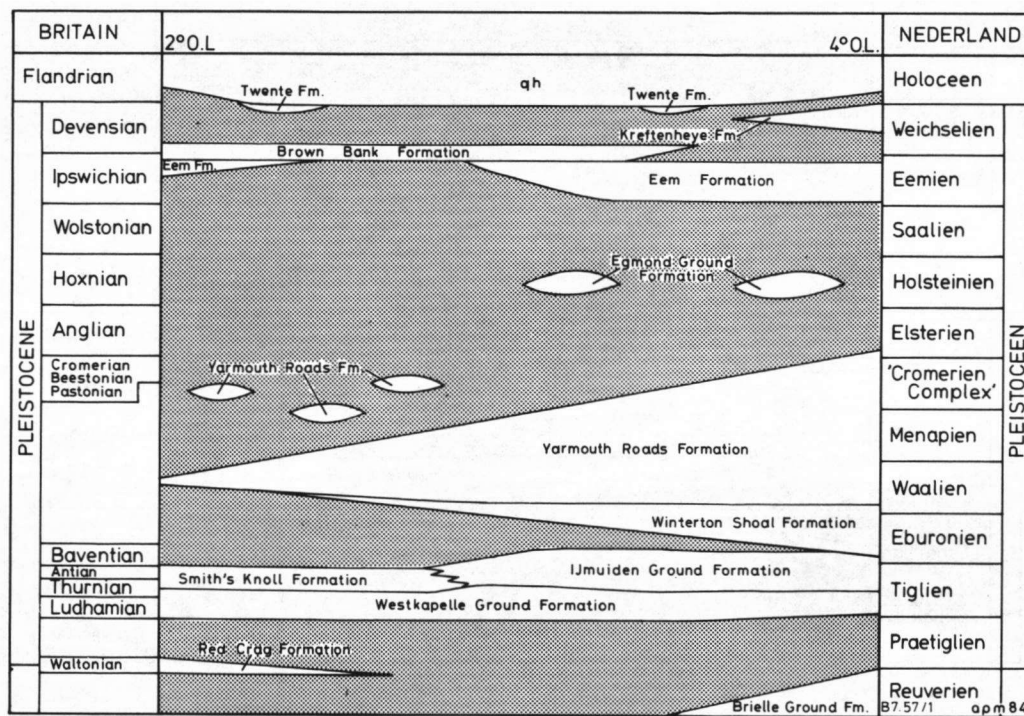


Fig. 1 De vermoedelijke chronostratigrafische correlaties van de formaties met de pleistocene en laat-pleistocene étages van Groot-Brittannië en Nederland op het kaartblad Flemish Bight (52°-53° NB en 2°-4° OL).

De verbreiding van en de onderlinge relaties tussen de formaties zijn voornamelijk gebaseerd op ondiep-seismische en acoustische registraties. In de meeste gevallen zijn met de eigen boortechnieken alleen de holocene formaties en slechts de bovenkant van de meeste pleistocene formaties bemonsterd. Het net van diepere boringen is veel wijdmaziger, waardoor slechts hier en daar een goed inzicht in de lithologie van de sedimentaire opeenvolging mogelijk is. De formaties worden op de seismische en acoustische registraties veelal gescheiden door reflectoren die geacht worden erosievlakken of flauwe discordanties te vertegenwoordigen. De lithologie, voor zover deze niet kan wor-

den bepaald aan de hand van monsters, kan soms ingeschat worden aan de hand van de seismische karakteristieken. Voor de meeste eenheden die zijn onderscheiden werden nieuwe formatiebenamingen ingevoerd om grote problemen op het gebied van de correlatie met, vooral de Nederlandse, kwartairstratigrafie op het land te vermijden. De vermoedelijke chronostratigrafische correlaties zijn weergegeven in de fig. 1. en 2.

De diepten en dikten in de geologische profielen en de geulenkaart zijn berekend uit de seismische en acoustische registraties, aan de hand van een geluidssnelheid van 1.82 km/sec in het gebied ten zuiden van 53° NB en 1.7 km/sec in het gebied ten noorden van deze breedtegraad.

Door de BGS zijn op het Britse gedeelte van het kaartblad Flemish Bight vier boringen tot diep in de pleistocene formaties gemaakt. In het Britse deel liggen veel van de onder-pleistocene formaties aanzienlijk ondieper dan in het Nederlandse deel, zodat hier vooral de oudere pleistocene formaties zijn bemonsterd.

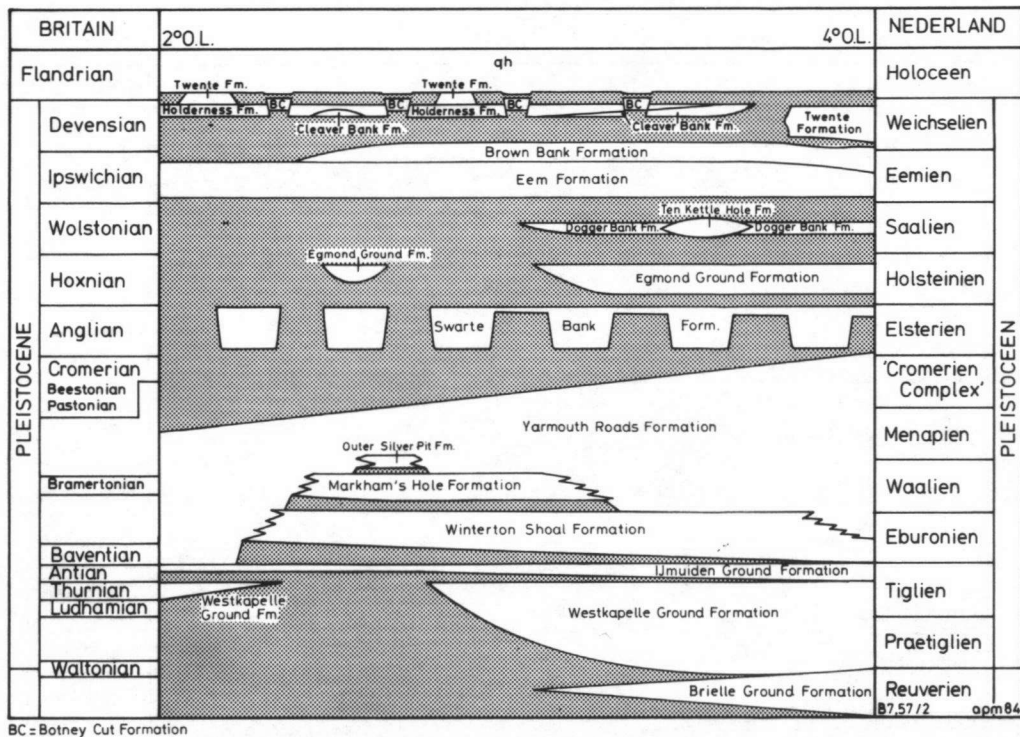


Fig. 2 De vermoedelijke chronostratigrafische correlaties van de formaties met de pleistocene en laat-pleiocene étages van Groot-Brittannië en Nederland op het kaartblad Indefatigable (53°-54° NB en 2°-4° OL).

HET PRE-KWARTAIR

Op de hoofdkaart van de Pre-Kwartairkaart, die in hoofdzaak de afgedekte top van het Tertiair aan geeft, zijn alleen chronostratigrafische eenheden weergegeven. De oudste afzettingen zijn in het noordwesten van het Britse deel aangetroffen. Hier liggen in gebroken anticlinale structuren achtereenvolgens formaties uit de Onder-Jura en Onder- en Boven-Krijt en het Paleoceen direct onder het Kwartair. In het verdere deel van het Flemish Bight kaartblad liggen eocene en oligocene afzettingen onder een kwartaire bedekking. Miocene afzettingen treden op de hoofdkaart niet "aan de dag". Deze zijn al-

leen aangetroffen in het oostelijk deel van het kaartblad onder afzettingen uit het Pliocen. Pliocene afzettingen komen in het oosten van het Nederlandse deel voor en worden tot de Brielle Ground Formatie gerekend. Dit is tot nu toe de enige nieuwe formatie benaming die voor de pre-kwartaire eenheden is ingevoerd. Deze formatie bestaat overwegend uit mariene schelp- en glauconiethoudende afzettingen van zand en klei. In noordwestelijke richting wigt deze formatie uit tegen de eocene en oligocene afzettingen. In het Britse deel kunnen equivalente afzettingen in twee eenheden worden onderverdeeld. De onderste eenheid is in een smalle depressie aangetroffen die in eocene afzettingen is geërodeerd. Het betreft fijn-zandige, goed gesorteerde glimmer- en glauconiethoudende afzettingen met fijne schelpresten. De basis van deze eenheid is niet bemonsterd. De in de boring aangetroffen dikte bedraagt meer dan 16 meter.

De bovenste eenheid ligt in het zuidwesten van het gebied en wordt tot de Red Crag Formatie gerekend. Deze formatie bestaat uit schelp- en glauconiethoudende afzettingen met grind, die de opvulling van ondiepe erosiegeulen vormen. De maximale dikte van deze formatie bedraagt 70 meter. In de uiterste zuidwestpunt van het Britse deel van het kaartblad Flemish Bight ligt de Red Crag Formatie direct onder holocene afzettingen.

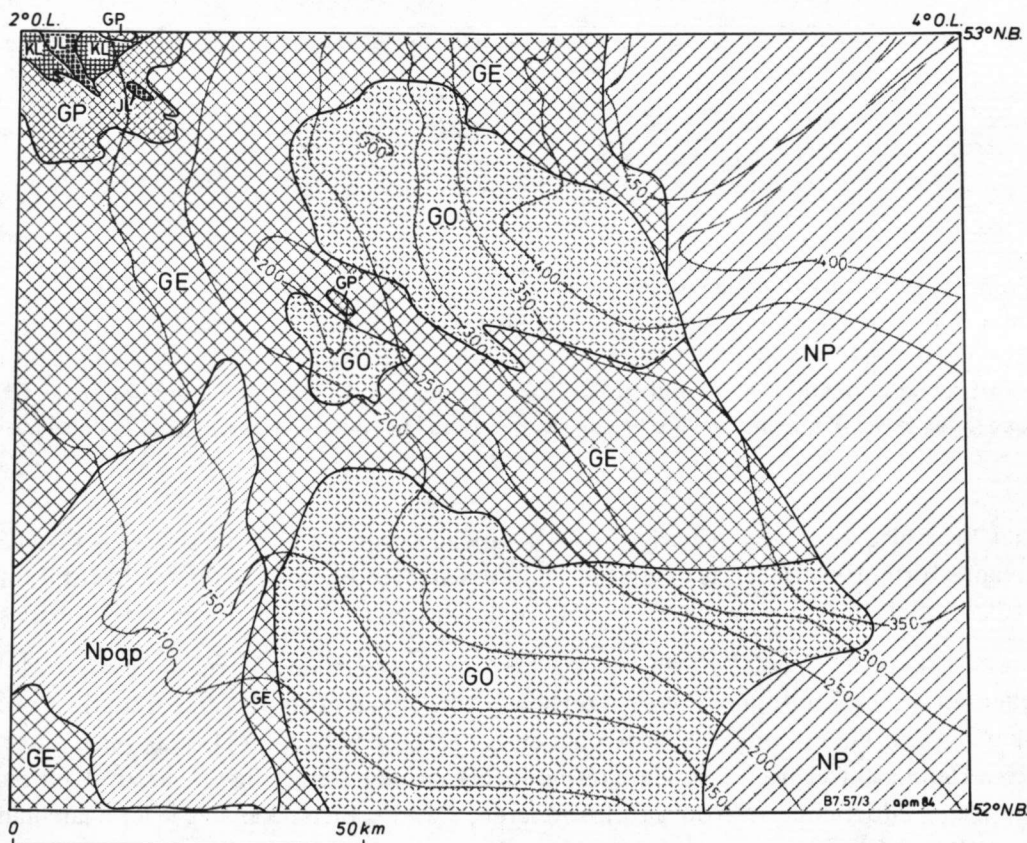


Fig. 3 De hoofdkaart van de Pre-Kwartairkaart. Hierop zijn alleen chronostratigrafische eenheden weergegeven. NPAP = Plio-Pleistoceen, NP = Pliocen, GO = Oligoceen, GE = Eoceen, EP = Paleoceen, KL = Krijt, JL = Jura. De contourlijnen geven de dikte van het Kwartair.

OUDERE PLEISTOCENE FORMATIES

De oudste afzettingen uit het Kwartair behoren tot de Westkapelle Ground Formatie. Deze formatie strekt zich over een groot deel van de kaartbladen Flemish Bight en Indefatigable uit. De afzetting begon in het gebied van het kaartblad Indefatigable al tijdens het Laat-Pliocéen. Naar het zuiden toe wordt de basis van de formatie steeds jonger. Op het kaartblad Flemish Bight begon de sedimentatie pas aan het eind van het Praetiglien en het oostelijk deel zelfs pas aan het begin van het Tiglien. De formatie is opgebouwd uit mariene klei die naar boven toe overgaat in gelaagd slibhoudend zand. De interne reflectoren die in deze formatie op de seismische records zijn waargenomen lopen parallel of wijken licht uiteen en zijn plaatselijk tot afstanden van 40 kilometer vervolgbaar. Een en ander wijst op een laag energetisch sedimentatiemilieu. In de noordoosthoek van het kaartblad Indefatigable zijn deltafrontafzettingen van Noordduitse rivieren in de formatie aanwezig. De grens tussen de Westkapelle Ground Formatie en de onderliggende Brielle Ground Formatie wordt gelegd bij een duidelijke reflector. Op grond van de foraminifereninhoud van monsters uit deze formatie kan globaal bepaald worden waar de basis van de Westkapelle Ground Formatie nog Pleistoceen is. Doppert (1980) onderscheidt namelijk in het Boven Pliocéen - Onder Pleistoceen twee subzones (biozone *Bucella-Cassidulina*, FA2 en biozone *Ammonia-Quinqueloculina*, FA1), waarvan de FA1 Onder-Pleistoceen is en de Plio-Pleistoceengrens ergens zou moeten liggen bovenin FA2.

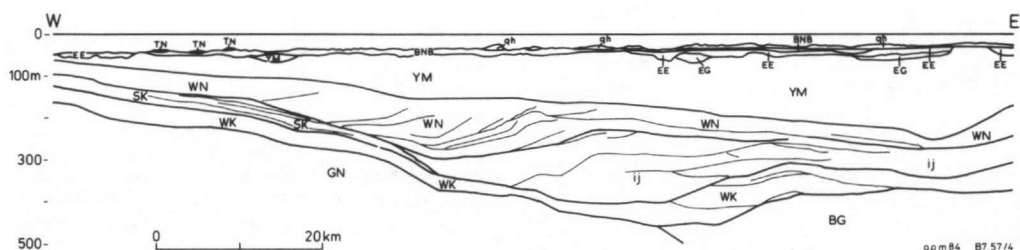


Fig. 4 Profiel door het kaartblad Flemish Bight.

qh = Holoceen, TN = Formatie van Twente, BNB = Brown Bank Formatie, EE = Eem Formatie, EG = Egmond Ground Formatie, YM = Yarmouth Roads Formatie, WN = Winterton Shoal Formatie, IJ = IJmuiden Ground Formatie, WK = Westkapelle Ground Formatie, BG = Brielle Ground Formatie, GN = Tertiair ouder dan Boven-Pliocéen. Zie voor ligging van het profiel het overzichtskaartje (fig. 11-lijn 1).

Op het kaartblad Indefatigable wigt de Westkapelle Ground Formatie ten westen van 3° OL uit tegen tertiaire formaties. De dikte bedraagt op het kaartblad Flemish Bight ca. 20 tot 75 meter. Op het kaartblad Indefatigable is de dikte van 0 m in het westen tot 250 meter in het noordoosten.

Op de Westkapelle Ground Formatie ligt de IJmuiden Ground Formatie uit het Midden- en Laat-Tiglien en Vroeg Eburonien. Deze afzettingen zijn opgebouwd uit fijn tot matig grof zand met klei-inschakelingen. De interne reflectoren hellen licht naar het westen. De maximale dikte bedraagt 200 meter. Het betreffen in het zuiden vermoedelijk prodelta-afzettingen van de Rijn en Maas en meer naar het noorden van de Noordduitse rivieren. Aan de Britse kant van het kaartblad Flemish Bight is een lateraal equivalent van de IJmuiden Ground Formatie aangetroffen waarin op de seismische profielen licht naar oostnoordoosten hellende reflectoren zijn waargenomen. Deze eenheid wordt de Smith Knoll Formatie genoemd en is opgebouwd uit fijne slibrijke mariene afzettingen. De dikte van deze formatie varieert van 20 tot 50 meter.

Op beide kaartbladen ligt over de bovengenoemde formaties de Winterton Shoal Formatie. Deze eenheid bestaat uit fijn tot middenkorrelig zand met klei-inschakelingen, afgezet van het Vroeg-Eburonien tot het Vroeg-Waalien. Plaatselijk zijn er op het seismisch record in deze formatie zwak hellende reflectoren waarneembaar die in noordoostelijke richting wegduiken. De dikte van deze formatie bedraagt maximaal 130 meter op het kaartblad Flemish Bight. Ter hoogte van Den Helder neemt de formatie in dikte af, om in noordelijke richting weer in dikte toe te nemen tot maximaal 85 meter. De formatie bestaat vermoedelijk uit rivier-, delta- en prodelta-afzettingen van de Rijn en Maas en de Noordduitse rivieren.

De Winterton Shoal Formatie is de enige van de vroeg-pleistocene en vroeg-midden pleistocene formaties die op het Nederlands deel van het kaartblad Flemish Bight tot dicht aan de zeebodem komt. De formatie ligt even ten oosten van 3° OL en precies boven 52° NB, onder een dunne holoceene bedekking. De formatie duikt hier vandaan noordoostwaarts weg onder midden- en laat-pleistocene formaties.

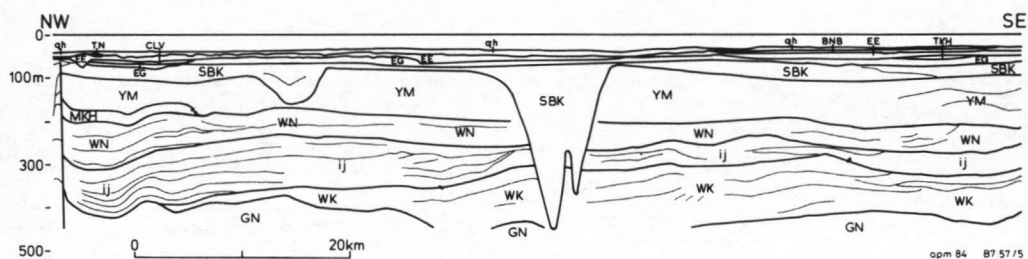


Fig. 5 Profiel door het kaartblad Indefatigable.

qh = Holoceen, TN = Twente Formatie, BNB = Brown Bank Formatie, EE = Eem Formatie, CLV = Cleaver Bank Formatie, TKH = Tea Kettle Hole Formatie, EG = Egmond Ground Formatie, SBK = Swarte Bank Formatie, YM = Yarmouth Roads Formatie, MKH = Markham's Hole Formatie, WN = Winterton Shoal Formatie, IJ = IJmuiden Ground Formatie, WK = Westkapelle Ground Formatie, GN = Tertiair. Zie voor ligging van het profiel het overzichtskaartje (fig. 11-lijn 4).

Fijn- tot middenkorrelige zanden van de Markham's Hole Formatie komen voor in het centrale deel van het Indefatigable kaartblad. Op seismische records is deze 20 tot 40 meter, maar plaatselijk in het noordwesten 60 tot 90 meter dikke eenheid meest structuurloos. De formatie die hier van Waalien/Menapien-ouderdom is, bestaat uit delta- en deltafrontafzettingen van Noordduitse rivieren.

Mariene fijnkorrelige slibhoudende zanden van de Outer Silver Pit Formatie reiken in zuidelijke richting tot voorbij de 54° NB.

De volgende eenheid, de algemeen voorkomende Yarmouth Roads Formatie, komt alleen op het Britse deel van het kaartblad Flemish Bight dicht onder het zeebodemoppervlak voor. De Yarmouth Roads Formatie bestaat in hoofdzaak uit fluviatiele sedimenten met fijn tot middenkorrelig kalkarm zand en klei-inschakelingen. Ten zuiden van 52°30' NB zijn deze sedimenten over het algemeen aangevoerd door de Rijn en Maas en ten noorden van deze breedtegraad grotendeels door de Noordduitse rivieren. Afzetting vond plaats van het Vroeg Waalien tot in het Vroeg Elsterien. De basale lagen van de formatie worden jonger in noordelijke richting omdat deltatische en mariene afzettingen van de bovengenoemde Markham's Hole en Outer Silver Pit Formaties deze vervangen. Kenmerkend voor deze formatie is het nogal chaotische karakter van de reflectoren en het voorkomen van onduidelijke geulen in de seismische records. Vooral in noordelijke richting bereikt deze formatie een aan-

zienlijke dikte, die enkele honderden meters kan bedragen. De formatie strekt zich in vergelijkbare dikte uit tot voorbij de noordrand van het kaartblad Indefatigable.

ELSTER GLACIATIE

De eerste glaciatie waarvan sporen in de zuidelijke Noordzee zijn gevonden is de Elster glaciatie. De meest zuidelijke begrenzing van deze glaciatie ligt even ten zuiden van de breedtegraad $52^{\circ}20'$ NB. In dit gebied en in het ten noorden hiervan gelegen gebied rond de Bruine Bank zijn alleen stuwingsverschijnselen waargenomen. Dit zowel in boringen, waarin de aanwezigheid van ver boven de normale positie gelegen afzettingen van de Yarmouth Roads Formatie is vastgesteld, als in de acoustische records. Op deze records zijn fraaie plooiingen en breuken in de opgestuwde lagen te zien. De maximale uitbreiding van het landijs verliep van benoorden de Theemsmond in noordoostelijke richting. Vermoedelijk heeft er ten westen en/of ten oosten van de Bruine Bank een ijslob gelegen die zich tot de bovengenoemde positie zuidwaarts uitstreckte. Aanwijzingen voor nog een lob aan

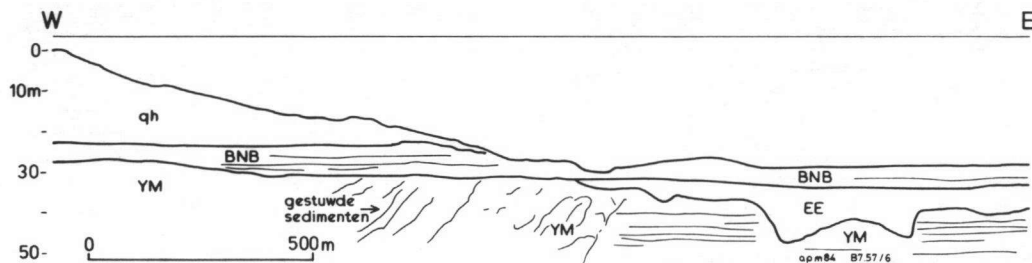


Fig. 6 Profiel over de Bruine Bank met tijdens de Elster glaciatie gestuwde sedimenten.

qh = Holoceen, BNB = Bruine Bank Formatie, EE = Eem Formatie, YM = Yarmouth Roads Formatie. Zie voor ligging van het profiel het overzichtskaartje (fig. 11-lijn 2).

de oostkant van het kaartblad Flemish Bight zijn gevonden in gestuwde afzettingen van de Winter-ton Shoal Formatie eveneens ten zuiden van de breedtegraad $52^{\circ}20'$ NB. Op het kaartblad Flemish Bight zijn zoals gezegd tot nu toe geen glaciale afzettingen aangetroffen. Op het kaartblad Indefatigable zijn daarentegen wel smeltwaterafzettingen en opgevulde, diepe subglaciale dalen gevonden. In de ondergrond van vrijwel dit gehele kaartblad ligt een pakket glaciale afzettingen. Op het Nederlands plat ligt dit als een deken over de oudere afzettingen heen en ten dele in de brede, vaak enkele honderden meters diepe glaciale dalen. De lengte-as van deze dalen loopt op het Nederlandse deel van het kaartblad Indefatigable min of meer noord-zuid. Op het Britse deel verloopt deze iets meer in noordwestelijke-zuidoostelijke richting. Voor de aanwezigheid van keileem zijn tot nu toe in geen van de diepere boringen aanwijzingen gevonden. Wellicht heeft het ijs eerst een dik pakket glaciolacustriene afzettingen neergelegd en heeft zich daarna hierover in zuidelijke richting uitgebreid waarbij een aantal ijslobben zich pas ten zuiden van de 53-ste breedtegraad heeft ingegraven. Aan de noordoostzijde van de Bruine Bank is op een van de acoustische records de aanwezigheid van de rand van een breed u-vormig dal vastgesteld. Ten westen van dit dal zijn fraaie stuwingsverschijnselen waargenomen. Op het kaartblad Indefatigable zijn op het Nederlands deel geen stuwingsverschijnselen waargenomen in de seismische records, terwijl deze wel diep genoeg reiken. Wel zijn er stuwingsverschijnselen waargenomen in de zuidoosthoek van het Britse deel van het kaartblad. De opvulling van de glaciale dalen is over het algemeen geheel van Elster ouderdom. Het onderste deel

is vermoedelijk veelal grofzandig, het bovenste deel bestaat uit een glaciolacustriene, kleiige bekkenopvulling. De plaatvormige afzettingen tussen de dalen bestaan veelal ook uit glaciale klei, plaatselijk met tussengeschakelde fluvioglaciale zanden. De glaciolacustriene afzettingen bestaan, meer in detail bekeken, in hoofdzaak uit zeer stugge klei met lensjes en dunne laagjes fijn silt. De klei is vergelijkbaar met de zogenoemde potklei die op het land wordt gevonden. Deze glaciale klei, maar ook de andere dalopvullingen en de tussengelegen afzettingen van de Elsterglaciatie, worden tot de Swarte Bank Formatie gerekend.

Op het Nederlandse deel van het kaartblad ligt de bovenkant van de Swarte Bank Formatie op ca. 60 meter beneden zeebodem, op het Britse deel plaatselijk op slechts enkele tientallen meters. De dikte varieert van enkele tientallen meters tot meer dan driehonderd meter in de subglaciale dalen.

HOLSTEIN TRANSGRESSIE

De afzettingen van de mariene transgressie van het Holsteinien, die op de Elster-ijstijd volgde, zijn in het noordoostelijke deel van het kaartblad Flemish Bight en op een groot deel van het kaartblad Indefatigable aangetroffen. Het zijn overwegend fijne, schelparme, mariene zandafzettingen,

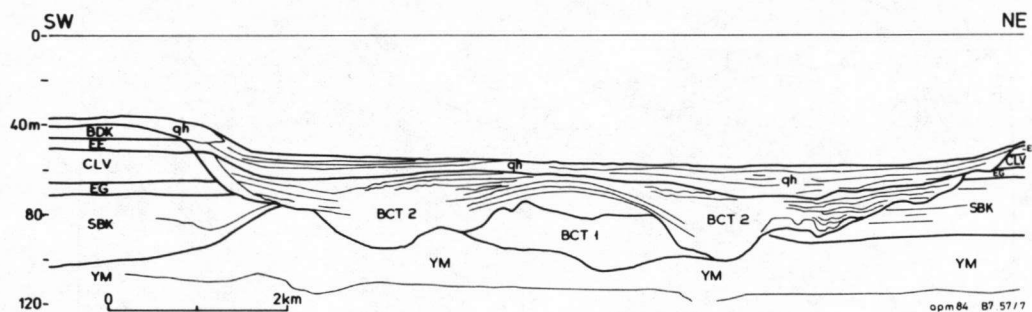


Fig. 7 Profiel over de Botney Cut. Dit subglaciale dal is gevormd tijdens de Weichsel glaciatie en is gedeeltelijk opgevuld.

qh = Holoceen, BCT1 = Botney Cut Formatie, grove opvulling, BCT2 = Botney Cut Formatie, glaciolacustriene klei, BDK = Bolders Bank Formatie. Zie voor overige symbolen de legenda van het profiel door het Indefatigable kaartblad en voor de ligging het overzichtskaartje (fig. 11-lijn 5).

plaatselijk met dunne silt- en klei-inschakelingen. De dikte varieert van ca. 10 tot enkele tientallen meters. Deze afzettingen worden in de Egmond Ground Formatie samengenomen. Op sommige plaatsen wordt de basis van de Egmond Ground Formatie gevormd door een doorgaande reflector die in een enkel geval de Swarte Bank afzettingen afsnijdt. Veelal wordt de Egmond Ground Formatie bedekt door mariene afzettingen van de Eem Formatie waardoor het onderscheid tussen deze formaties aan de hand van de lithologie alleen, speciaal in boringen, moeilijk kan zijn. Daarbij vertoont de molluskenfauna uit het Holsteinien meestal veel overeenkomst met die van het Eemien. Alleen in de kustgebieden waar in de Eem Formatie vaak een specifieke fauna gevonden wordt met een aantal kensoorten, zijn de beide formaties aan de hand hiervan uit elkaar te houden. Het onderscheid tussen de beide formaties berust in andere gevallen, waar geen tussengelegen afzettingen van Saale ouderdom aanwezig zijn, dan ook gedeeltelijk op seismostratigrafische gronden.

SAALE GLACIATIE

In tegenstelling tot het landgedeelte van Nederland heeft de Saale-glaciatie op grote delen van de Zuidelijke Noordzee niet zoveel invloed gehad. Op het kaartblad Flemish Bight zijn alleen in de noordoosthoek stuwingsverschijnselen gevonden aan weerszijden van een diep u-vormig glaciaal dal. Dit dal loopt van het noordoosten in zuidwestelijke richting. Het is ca. 8 kilometer breed en bereikt een maximale diepte van ca. 70 tot 80 meter beneden zeespiegel. De gestuwde afzettingen behoren tot de Yarmouth Roads Formatie en zijn op een aantal plaatsen aangeboord en pollenanalytisch aan de hand van hierin voorkomende veenlagen gedateerd. Op het kaartblad Indefatigable is van dit dal alleen in de uiterste zuidoostpunt een rand aanwezig. De overige Saale-afzettingen bestaan uit glaciolacustriene klei-afzettingen, de Cleaver Bank Formatie. Deze komt voornamelijk in het noorden en oosten van het kaartblad Indefatigable voor. Er zijn tot nu toe geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van een landijsbedekking in dit gebied gevonden. Keilemen uit het Saalien zijn wel gevonden in het ten oosten van dit kaartblad gelegen blad Terschellinger Bank.

Wel zijn er plaatselijk periglaciale afzettingen uit het Saalien aangetroffen. Deze Tea Kettle Hole Formatie bestaat hoofdzakelijk uit fijn eolisch zand. Tot nu toe is deze formatie vrijwel alleen in het

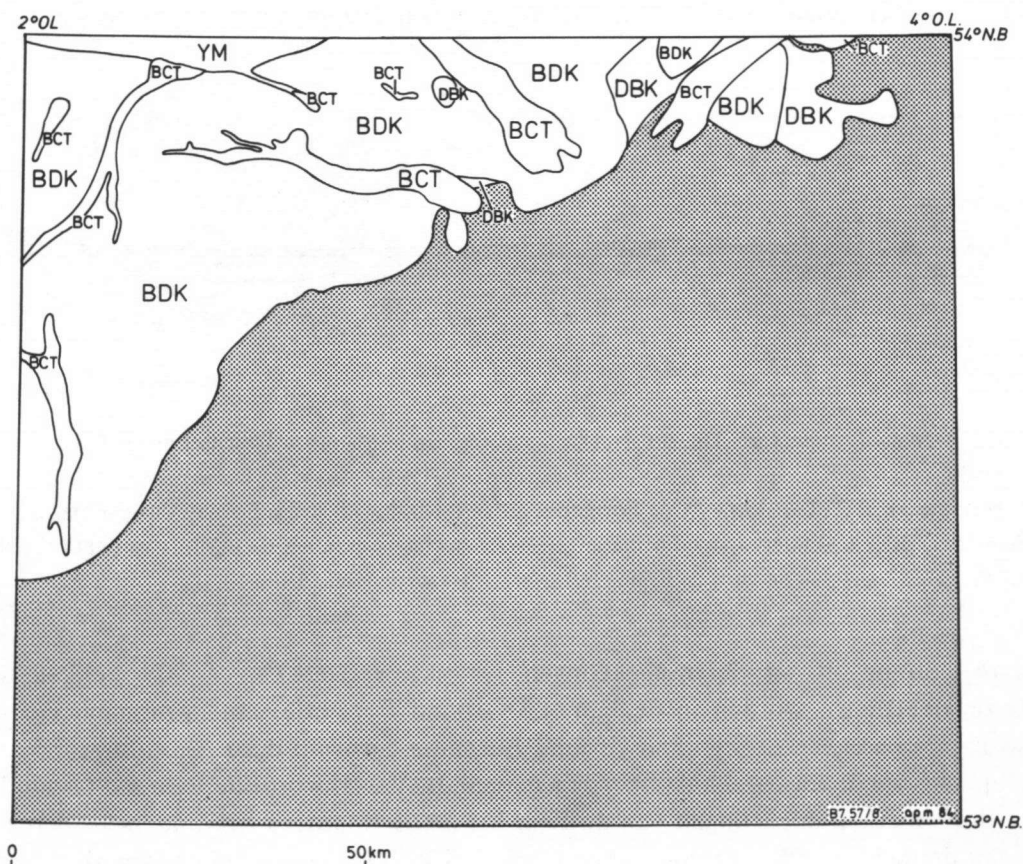


Fig. 8 Het voorkomen van Weichsel keileem (BDK, Bolders Bank Formatie) op het kaartblad Indefatigable. Fluvioglaciale afzettingen uit de Weichsel glaciatie (DBK, Dogger Bank Formatie) liggen voornamelijk in het noordoosten van het kaartblad. De met het symbool BCT aangegeven gebieden, zijn de subglaciale dalen van deze glaciatie. Het dal in het noordwesten, aangegeven met het symbool YM is vermoedelijk tijdens de holocene transgressie gevormd.

zuidoosten van het kaartblad Indefatigable gevonden tussen afzettingen van de Egmond Ground en de Eem Formaties. Hierdoor kan niet worden vastgesteld of het zand voor, tijdens, dan wel na de Cleaver Bank Formatie is afgezet. Op de correlatietabel is deze formatie dan ook zowel onder als op de Cleaver Bank Formatie ingetekend.

LAAT-PLEISTOCENE FORMATIES

De mariene transgressie van het Eemien is van grote invloed geweest op de huidige morfologie van de zeebodem op de genoemde kaartbladen. Afzettingen van de Eem Formatie zijn in een groot deel van het kaartblad Flemish Bight en in vrijwel het gehele kaartblad Indefatigable aangetroffen. Ze bestaan over het algemeen uit fijn tot middenkorrelig schelphoudend zand met plaatselijk grind. Plaatselijk zijn er enkele dunne klei-inschakelingen gevonden. De afzetting heeft hoofdzakelijk plaatsgevonden in een kustgebied en ondiepe zee. De depressies, die na het Saalien in het landschap achterbleven, zijn tijdens de Eemtransgressie opgevuld. De enige uitzondering vormt het glaciale dal dat aan de oostrand van het kaartblad Flemish Bight ligt.

In het middendeel van het kaartblad Flemish Bight en het zuidelijk deel van het kaartblad Indefatigable wordt de Brown Bank Formatie aangetroffen die uit gelamineerde brakwaterkleien bestaat.

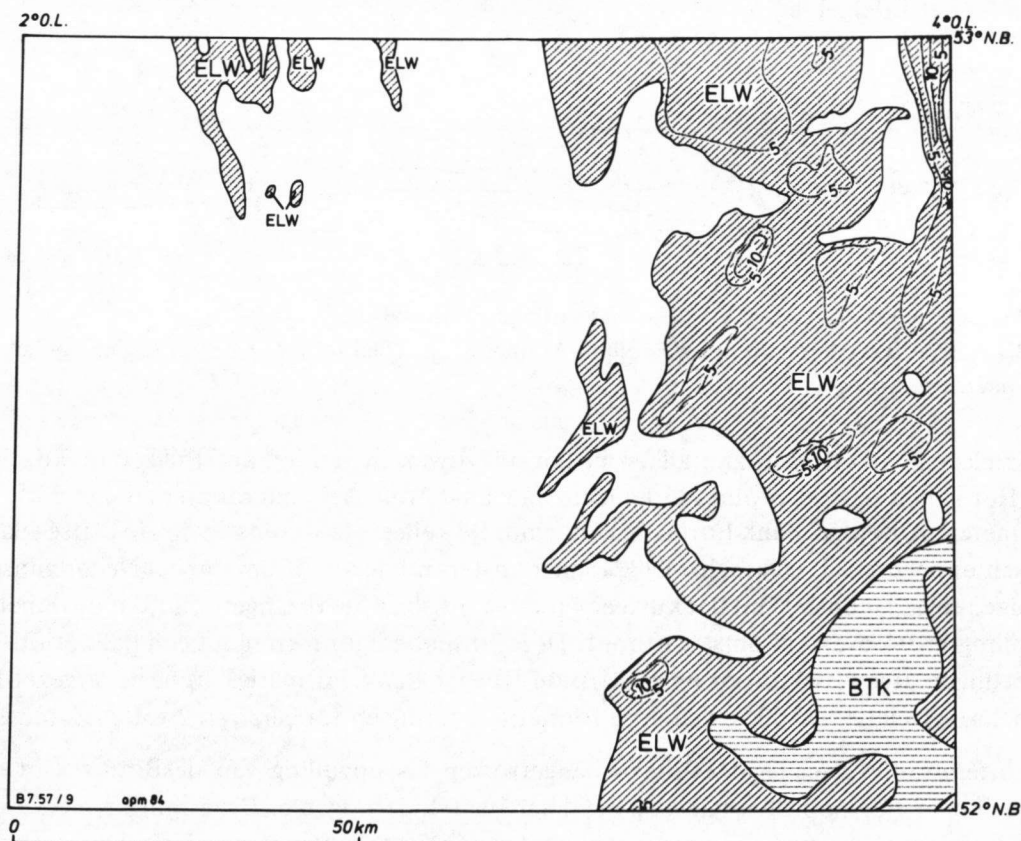


Fig. 9 Het voorkomen van holocene formaties onder de Blyth Bank Formatie.

ELW = Elbow Formatie, BTK = Buitenbanken Formatie. De contourlijnen geven de dikte van de formaties in meters aan.

Deze worden naar boven toe zoet. De afzettingen kunnen worden opgevat als lagunaire en meer-afzettingen, grotendeels ontstaan tijdens de zeespiegelverlaging aan het eind van het Eemien en in het begin van het Weichselien. De dikte bedraagt veelal 2 tot 5 meter, maar kan in dalvullingen op het Britse deel oplopen tot 20 meter. De klei schijnt vooral aangevoerd te zijn vanaf de Britse kant en niet door de Nederlandse rivieren. De bovenkant van de Brown Bank Formatie vertoont in de boringen vaak sporen van bioturbatie en kryoturbatie.

Afzettingen uit de laatste glaciatie, het Weichselien, zijn op de beide kaartbladen in velerlei vorm aanwezig. Hoofdzakelijk in het oostelijk deel van de beide kaartbladen, maar ook in het westen rond 53° NB, liggen periglaciaire afzettingen uit het Weichselien, de Twente Formatie. De afzettingen bestaan overwegend uit fijn eolisch zand met plaatselijk inschakelingen van silt. Mogelijk bestaat een deel van deze afzettingen uit zandige hellingafzettingen, maar deze zijn acoustisch niet van het eolische zand te onderscheiden. Een precieze datering van de Formatie van Twente is niet te geven. Plaatselijk is de formatie aangetroffen op klei van de Brown Bank Formatie of op marien zand van de Eem Formatie. Tot 8 meter dikke fluviatiele afzettingen uit dit tijdvak komen alleen voor in het zuidoostelijk deel van het kaartblad Flemish Bight. Het zijn grofzandige grindhoudende afzettingen van de Rijn en Maas waarin mariene schelpen uit het Eemien voorkomen. Deze afzettingen zijn goed te correleren met de Formatie van Kreftenheije op het land en worden dan ook tot deze formatie gerekend. De afzetting vond hier vermoedelijk plaats tot in het Laat-Weichselien. Op enkele plaatsen is in boringen een laagje puimsteen aangetroffen afkomstig van globaal dateerbare vulkanische uitbarstingen in het Eifelgebied.

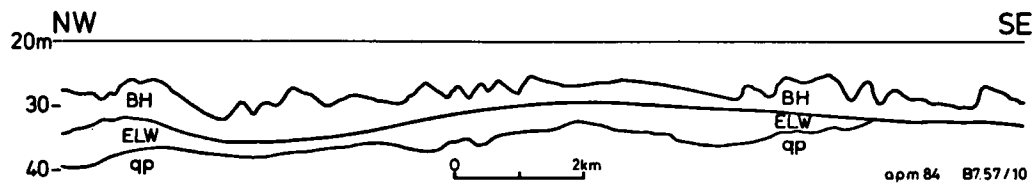


Fig. 10 Profiel door het zandgolvengebied in het kaartblad Flemish Bight.

BH = Bligh Bank Formatie, ELW = Elbow Formatie, qp = Pleistoceen. Zie voor ligging van het profiel het overzichtskaartje (fig. 11-lijn 3).

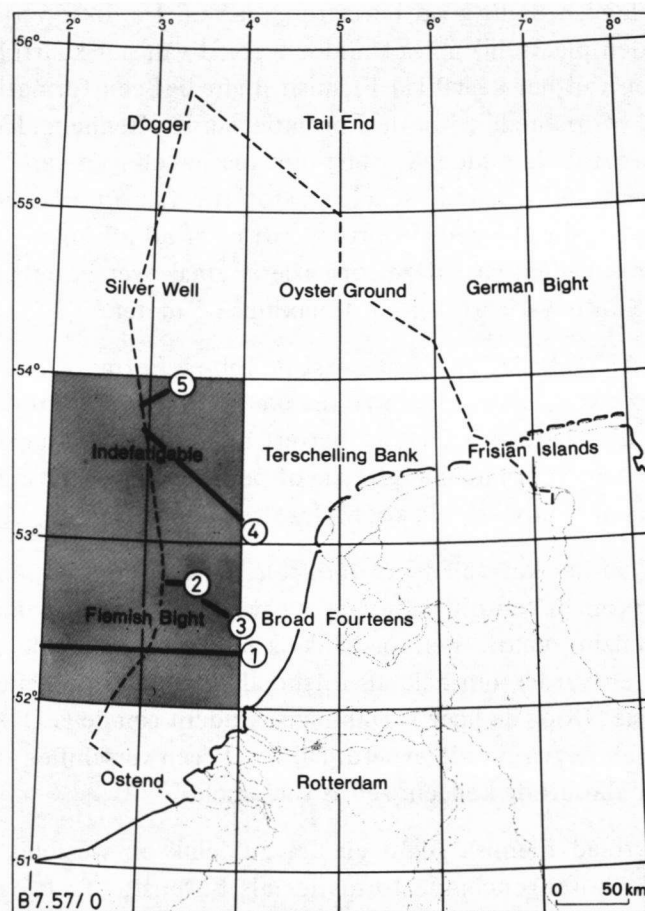
Jonge glaciaire afzettingen zijn alleen in het noordwesten van het kaartblad Indefatigable aangetroffen. Het is een pakket bruinrode keileem van Laat Weichsel ouderdom, met een dikte van ca. 1 tot ca. 5 meter, de Bolders Bank Formatie genoemd. De keileem is afkomstig van de Britse eilanden. Mineralogisch onderzoek (J. Dijkmans, 1982) aan monsters uit deze keileem van het Nederlandse deel van de Noordzee en aan monsters uit het kustgebied van Yorkshire heeft aangetoond, dat de mineralogische samenstelling grote overeenkomst vertoont. Deze formatie ligt op en naast een pakket fluvioglaciaire zandafzettingen afgewisseld door enige klei, de Dogger Bank Formatie, eveneens afgezet tijdens de Laat-Weichsel-glaciatie. De dikte van deze formatie is gering en varieert van 2 tot ca. 5 meter.

Een interessante glaciaire afzetting is aangetroffen als opvulling van de Botney Cut en andere glaciaire dalen in het noordwesten van het kaartblad Indefatigable. Deze min of meer noordwest-zuidoost lopende depressies zijn met waterdiepten van 50 tot 90 meter gedeeltelijk nog steeds in de zeebodempopografie waarneembaar. Het zijn naar alle waarschijnlijkheid subglaciaire dalen, gevormd tijdens de Weichsel landijsbedekking. Aanwijzingen hiervoor is met behulp van een gedetailleerd seismisch en acoustisch onderzoek over de Botney Cut verkregen. Hieruit is ondermeer gebleken, dat de

bodem van het dal een zeer grillig karakter heeft. In de opvulling zijn drie verschillende eenheden te zien waarvan de onderste structuurloos is of tal van geulen en geultjes bevat. De eenheid erboven is opgebouwd uit een sterk gelaagd pakket waarvan de lagen de morfologie van de onderste eenheid getrouw volgen. Met behulp van enkele boringen is vastgesteld, dat de onderste eenheid uit grof zand met grind bestaat. Deze afzetting is vermoedelijk onder de ijskap gesedimenteerd. Het pakket er direct boven is een vrij slappe klei die vermoedelijk in een smeltwatermeer is gevormd. Deze beide afzettingen worden tot de Botney Cut Formatie gerekend. De bovenste mariene eenheid bestaat eveneens uit klei, maar nu zeer slappe klei, en is van holocene ouderdom. Deze eenheid die in zeer rustige omstandigheden is afgezet is voornamelijk niet benoemd.

DE HOLOCENE TRANSGRESSIE

Binnen het Holoceen zijn op de genoemde kaartbladen, behalve de reeds genoemde vulling van de glaciële dalen, tot nu toe nog vijf eenheden onderscheiden met een eigen kenmerkende lithologie en in enkele gevallen een specifieke molluskenfauna.



■ in druk en gedeeltelijk gepubliceerd

—① ligging profielen

Fig. 11 Overzichtskaartje met de kaartbladen 1 : 250.000 en de ligging van de profielen (1 t/m 5).

Op beide bladen komen plaatselijk erosieresten voor van de oudste holocene afzetting, het Basisveen. In de uiterste zuidoosthoek van het kaartblad Flemish Bight liggen deze resten voornamelijk onder een vroeg-holocene (Boreaal) lagunaire klei. In het Britse gedeelte van het kaartblad is het Basisveen bewaard in een aantal min of meer noord-zuid verlopende depressies.

De oudste brak-mariene tot mariene afzettingen die na de vorming van het Basisveen, tijdens de holocene transgressie, zijn afgezet behoren met het Basisveen tot de Elbow Formatie. Deze formatie bestaat veelal uit fijn tot zeer fijn slibhoudend zand dat vaak gelamineerd is met klei. Vermoedelijk is deze formatie in het middendeel van de beide kaartbladen afgezet in open waddengebied en meer naar de kust wellicht achter een door schoorwallen beschermd waddengebied. Plaatselijk ligt er onder het slibhoudend zand aan de basis van deze formatie een laag lagunaire klei. Deze klei komt hoofdzakelijk op het kaartblad Indefatigable voor. Hieronder is slechts plaatselijk Basisveen aangetroffen. Dit in afwijking met de zuidoost-punt van het kaartblad Flemish Bight waar de lagunaire klei naar de basis toe geleidelijk overgaat in veen. In de klei is meestal een sterke verticale doorworteling te zien. Het zand van de Elbow Formatie bevat een kustnabije schelpen-associatie van *Spisula subtruncata* (Da Costa) (zie Spaink, 1973). De Elbow Formatie is vooral in het oosten van het Nederlandse deel van het kaartblad Flemish Bight goed bewaard gebleven. De dikte varieert van 2 tot 12 meter. De grootste dikten worden plaatselijk in het middengebied van het kaartblad Indefatigable aangetroffen. In het zuidoosten van het kaartblad Flemish Bight ligt een formatie die is opgebouwd uit omgewerkte afzettingen, voornamelijk van de Formatie van Kreftenheije. Het zand van deze formatie, de Buitenbanken Formatie, is middenkorrelig met inschakelingen van fijn en grofkorrelig zand. De formatie bevat eveneens de kustnabije schelpenassociatie van *Spisula subtruncata* met kensoorten uit het Eemien en Vroeg-Pleistoceen. Voorts wordt er grind afkomstig van Rijn en Maas in het zand aangetroffen. Voor een deel gaat deze formatie lateraal over in de Elbow Formatie, maar is plaatselijk ook jonger. De dikte varieert van 2 tot maximaal 5 meter.

Ten noorden van de 53° NB ligt er op of naast de Elbow Formatie een pakket marien, slibloos zand met een holocene schelpenassociatie. In zuidelijke richting verdwijnt deze eenheid en is op het kaartblad Flemish Bight niet aangetroffen. Het betreft hier een tijdens lagere zeestand omgewerkte pleistocene zandafzetting van voornamelijk glaciale of periglaciale oorsprong. Rond de Doggersbank met name komt deze eenheid wijdverspreid voor. Deze eenheid heeft nog geen benaming gekregen.

In het noordwesten van het kaartblad Indefatigable ligt een nog onbenoemde, sterk grindhoudende eenheid. Het voorkomen van dit materiaal is gebonden aan het pakket Weichselkeileem die hier zijn oostelijke begrenzing vindt. Vermoedelijk is het grindhoudende pakket grotendeels van fluvioglaciale oorsprong en verder ten dele als uitspoelingsrest van de keileem gevormd tijdens de vroeg-holocene transgressie. Door de heer J. Dijkmans, student aan de G.U. te Amsterdam, is onderzoek naar de herkomst van het grind uitgevoerd. Hij vond geen verschillen tussen het op de keileem gelegen grind en het grind dat uit de keileem zelf is verzameld.

Over het gehele kaartblad Flemish Bight en het zuidelijk en westelijk deel van het kaartblad Indefatigable ligt over de bovengenoemde formaties als bovenste afzetting een dek van mariene-, fijn- tot middelkorrelige, schone bruingele zandafzettingen, de Bligh Bank Formatie. In het zuiden is deze formatie over het algemeen grindhoudend. De korrelgrootte van het zand en het grindgehalte neemt in noordelijke richting af. Ze bevat veelal de zeer specifieke schelpen-associatie van *Angulus pygmaeus* (Lovén) (zie Spaink, 1973). Deze schelpen-associatie bestaat uit een fauna, waarin meer dan 200 soorten voorkomen uit het Lusitanisch gebied. Wellicht zijn deze schelpen met het zand vanaf het Atlanticum bij lage zeestand via de Straat van Dover de zuidelijke Noordzee binnengeko-

men. Bij deze lage, maar rijzende zeespiegel hebben vermoedelijk vooral sterk asymmetrische getijstromen een rol gespeeld bij het transport van grote hoeveelheden zand, wellicht vooral na het onderlopen van de landbrug tussen Texel en East Anglia. In het grootste deel van het gebied zijn de hier voorkomende zandgolven opgebouwd uit zand van de Bligh Bank Formatie. De formatie heeft een maximale dikte van ca. 25 meter in de zandbanken in het noordwesten, maar is overwegend minder dan 5 meter dik.

DANKBETUIGING

Het bleek niet mogelijk om op de geologische kaartbladen zelf onze grote erkentelijkheid tot uitdrukking te brengen aan alle medewerkers, met name van de afdelingen Mariene Geologie en Opnametechniek van de RGD, voor het verzamelen van de gegevens en de hulp bij het verwerken ervan. Gaarne maken wij van deze gelegenheid gebruik dit alsnog te doen. Voorts gaat onze dank naar de afdelingen Kartografie en Tekenkamer van de RGD voor de technische ondersteuning en de laboratoria voor de vele rapporten die een grote steun zijn bij het opstellen van de stratigrafie.

Niet in de laatste plaats gaat onze erkentelijkheid uit naar de medewerkers van de Zeemeetdienst van RWS-directie Noordzee. Mede dankzij hun letterlijke voortvarendheid zijn wij in staat de gegevens steeds tijdig te verzamelen.

LITERATUUR

- Cameron, T.D.J., C. Laban & R.T.E. Schüttenhelm, 1984. Flemish Bight: Sheet 52 N 02 E. B.G.S. & R.G.D. 1: 250.000 serie: Geologie van het Kwartair.
- Cameron, T.D.J., S. Brimshaw, D.M. Hall, C. Laban, C.S. Mesdag, N. Parker & R.T.E. Schüttenhelm, in druk. Flemish Bight: Sheet 52 N 02 E. B.G.S. & R.G.D. 1 : 250.000 serie: Pre-kwartaire geologie.
- Cameron, T.D.J., C. Laban & R.T.E. Schüttenhelm, 1984. Flemish Bight: Sheet 52 N 02 E E. B.G.S. & R.G.D. 1: 250.000 serie: Holocene en oppervlaktosedimentenkaart.
- Cameron, T.D.J., C. Laban, C.S. Mesdag & R.T.E. Schüttenhelm, in druk. Indefatigable: Sheet 53 N 02 E. B.G.S. & R.G.D. 1 : 250.000 serie: Geologie van het Kwartair.
- Dijkmans, J., 1982. Grind- en zware-mineralenanalyses aan monsters uit het gebied van de Botney Cut. Scriptie Fysisch-geografisch Instituut G.U. Amsterdam (niet gepubliceerd).
- Doppert, J.W.C., 1980. Lithostratigraphy and biostratigraphy of marine Neogene deposits in the Netherlands. - Meded. Rijks Geol. Dienst, 32: 255-312.
- Spaink, G., 1973. De "Fauna van *Angulus pygmaeus*" en de "Fauna van *Spisula subtruncata*" in de zuidelijke Noordzeekom. Intern rapport nr. 578, Rijks Geologische Dienst, afd. Macropalaeontologie, 9 pp. (niet gepubliceerd).