

BIOKLASTEN, OSTRACODEN EN FORAMINIFEREN IN HET CAMPANIEN EN MAASTRICHTIEN VAN ZUID-LIMBURG EN NOORD-OOST BELGIE

P.J. Felder*, M.J.M. Bless* en J.P.M.Th. Meessen**

INLEIDING

Onze kennis van de afzettingen van het Boven-Krijt in Zuid-Limburg en omgeving berust niet alleen op de vele - deels alweer verdwenen - ontsluitingen in het gebied tussen Aken, Maastricht en Luik, maar ook op gegevens uit de tientallen schachten van de (vroegere) steenkoolmijnen rond Aken, in Zuid-Limburg en in de Kempen, en op vele honderden boringen, die ons een indruk geven over de voortzetting van de Krijtlagen naar het Noorden en Westen.

In de afgelopen periode van ruim 150 jaar heeft men een kleine bibliotheek bijgeschreven over de stratigrafische indeling van deze gesteenten en over de daarin voorkomende fossielen. De grondlegger van de thans in Zuid-Limburg gebruikte indeling van het Boven-Krijt was de Luikenaar ANDRÉ DUMONT. Deze geoloog onderscheidde in 1849 vier 'systemen':

- Système maestrichtien
- Système sénonien
- Système hervien
- Système aachenien.

De grens tussen het Maastrichtien en Sénonien werd gevormd door een 'glauconie sableuse', het bekende coprolietenlaagje ('Ma' genoemd door UHLENBROEK in 1912, en 'Horizon van Lichtenberg' door W.M. FELDER in 1975) in de ENCI bij Maastricht. De grens tussen het Sénonien en Hervien was een 'craie glauconifère', die aan de basis van de huidige Gulpen Formatie voorkomt in de kalkgroeve van Halem-baye.

Binnen deze 'systemen' van Dumont onderscheidde men allerlei kleinere eenheden of laagjes, die vaak alleen maar een lokale betekenis hadden. Zo kende men het 'Maastrichts Krijt',

het 'Gulpens Krijt', het 'Krijt van Kunrade' en het 'Krijt van Benzenrade' om maar enkele voorbeelden te noemen. Een moeilijkheid was echter het gegeven, dat deze begrippen veelal niet nauwkeurig gedefinieerd waren. Daardoor wist men in veel gevallen niet wat men eigenlijk met wat moest korreleren. Om de chaos nog verder te vergroten werd er bovendien nauwelijks onderscheid gemaakt tussen lithostratigrafische, biostratigrafische en chronostratigrafische begrippen en criteria, en waar men dit wel deed schrok men soms terug voor de mogelijke konsekventies.

Zo kon het voorkomen dat men de grens tussen de Gulpen Formatie en de Maastricht Formatie (per definitie lithologisch karteerbare eenheden!) met behulp van biostratigrafische criteria (in dit geval foraminiferen) bepaalde (KUYL, 1983).

En zo kwam SCHMID (1956) tot de conclusie dat enkele exemplaren van de belemniet *Belemnella lanceolata* onmogelijk uit het Hervens Groenzand (de huidige Vaals Formatie) van een van de mijnschachten in Zuid-Limburg konden komen. Want volgens de heersende opvattingen was het Hervens Groenzand van Campanien ouderdom en was *Belemnella lanceolata* een gidsfossiel voor het Onder-Maastrichtien. Hij konkludeerde dan ook, dat deze exemplaren van een verkeerd label waren voorzien. De mogelijkheid, dat een deel van het Hervens Groenzand een Maastrichtien ouderdom zou kunnen hebben, werd niet eens overwogen.

Omdat iedere onderzoeker weer een andere inhoud gaf aan stratigrafische begrippen kunnen de gegevens van met name oude boringen in Zuid-Limburg en in de Kempen alleen maar onder voorbehoud met elkaar vergeleken worden (fig. 1).

In de afgelopen dertig jaren is men echter geleidelijk een onderscheid gaan maken tussen litho-, bio- en chronostratigrafie.

Dit is met name te danken aan het werk van JELETZKY (1951) en SCHMID (1959, 1967), die de termen Maastrichts Krijt en Maastrichtien

* Natuurhistorisch Museum Maastricht,
Bosquetplein 6-7
6211 KJ Maastricht

** Geologisch Bureau, Rijks Geologische Dienst,
Voskuilenweg 131
6416 AJ Heerlen

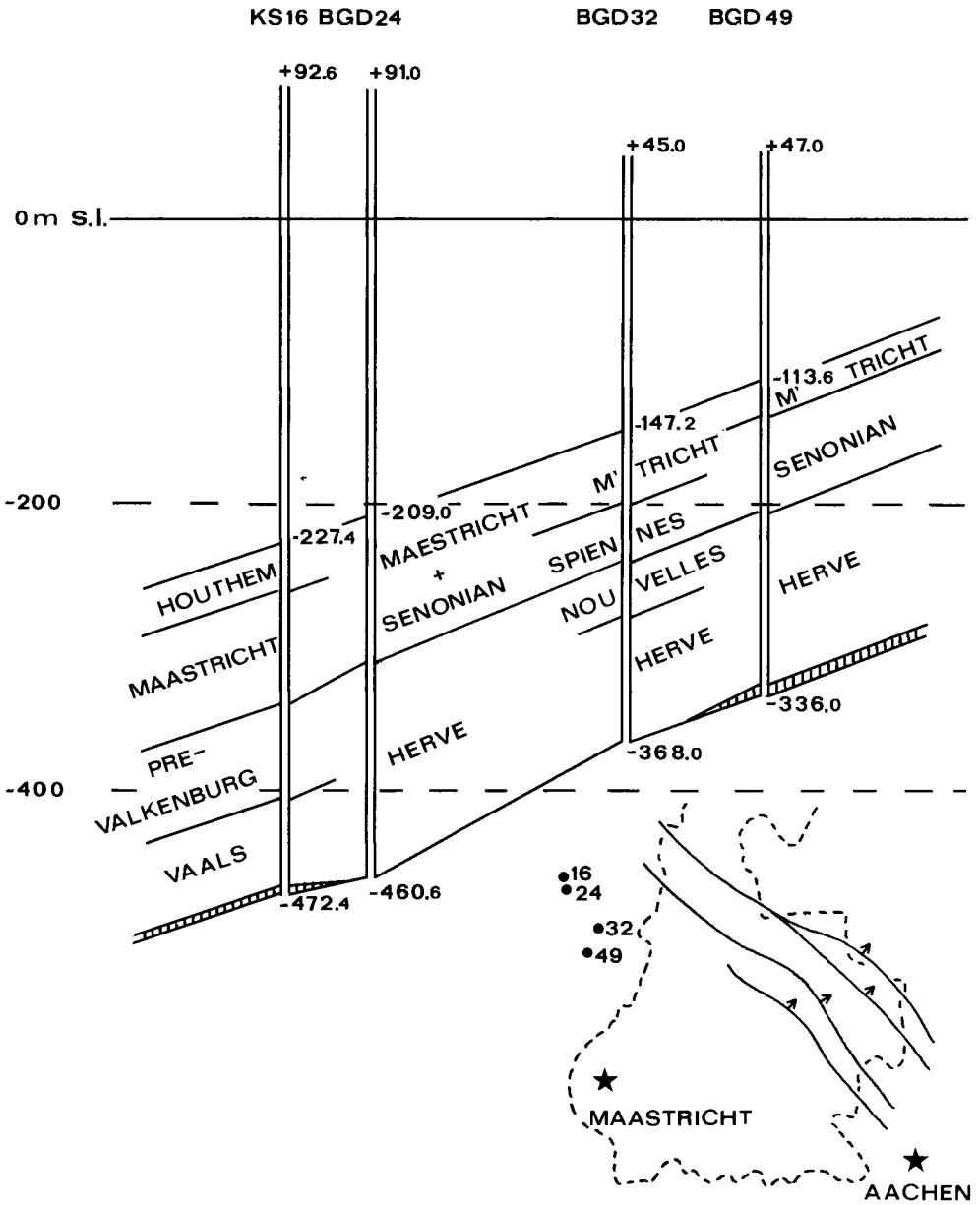


Fig. 1: Een voorbeeld van de verschillen in stratigrafische interpretatie van de afzettingen van het Boven-Krijt en Onder-Tertiair in de Belgische Kempen. De gegevens van de boringen BGD24, BGD32 en BGD49 werden alle in 1903 gepubliceerd, maar stammen waarschijnlijk af van tenminste twee en waarschijnlijk drie verschillende onderzoekers. De in BGD32 gebruikte termen 'Spiennes' en 'Nouvelles' zijn afkomstig uit het Bekken van Mons in Zuidwest-België. Een vergelijking (onder voorbehoud) met de recente boring KS16 leert, dat men onder de term 'Zanden van Herve' ook de Pre-Valkenburg afzettingen rekende, die volgens de moderne inzichten gekorreleerd moeten worden met de Gulpen Formatie in Zuid-Limburg.

ontkoppelden, en daardoor duidelijk maakten, dat de term Maastrichts Krijt (of Maastricht Formatie) slechts gebruikt mag worden voor een lithologische eenheid rond Maastricht, terwijl het begrip Maastrichtien een chronostratigrafische, wereldwijde betekenis heeft. Men kon dit onderscheid ook gaan maken, omdat de generatie geologen, die zowel gesteenten beschreef, fossielen determineerde en de ouderdom ervan bepaalde, plaats maakte voor een nieuwe generatie van specialisten. Daarbij treden drie namen op de voorgrond.

Allereerst komt SCHMID (1959, 1967), de belemnieten-specialist. Aan de hand van een uitgebreide verzameling belemnieten-rostra (die echter afkomstig zijn van een gering aantal vindplaatsen) komt hij tot een biostratigrafische indeling van de Krijtlagen in Zuid-Limburg en omgeving, die hij vervolgens korreleert met de chronostratigrafische indeling van het Boven-Krijt volgens JELETZKY (1951). Onze huidige kennis over de chronostratigrafische ouderdom van de Krijtlagen in Zuid-Limburg danken we dus aan SCHMID (1959). Deze gegevens zijn recentelijk nog eens bevestigd door VAN DER TUUK (in: ROBASYNSKI et al. 1985). Daaruit blijkt, dat de formaties van Vaals, Gulpen en Maastricht zijn afgezet tijdens het Campanien en het Maastrichtien, en dat de grens tussen Campanien en Maastrichtien samenvalt met de grens tussen de Zeven Wegen Kalk en de Beutenaken Kalk in de groeve Habets bij Beutenaken in Zuid-Limburg.

Hoewel het werk van SCHMID van grote betekenis is voor de korrelatie van de afzettingen in Zuid-Limburg met sedimenten van dezelfde ouderdom elders binnen en buiten Europa, heeft het maar een geringe praktische waarde voor de korrelatie van lagen binnen Zuid-Limburg en directe omgeving. Dit komt omdat het verzamelen en bewerken van voldoende belemnieten uit een enkele laag veel tijd vraagt, en ook omdat deze fossielen niet of nauwelijks worden aangetroffen in boringen, tenzij als gruis (in spoelboringen) of in onvoldoende aantallen (in de meeste kernboringen).

Van bijzondere betekenis voor de biostratigrafische indeling van het Boven-Krijt en Onder-Tertiair in Zuid-Limburg en omgeving is het werk van HOFKER geweest. Met name de publicatie van HOFKER uit 1966 heeft de geologen een belangrijk hulpmiddel gegeven om deze lagen in boringen en ontsluitingen nauwkeurig met elkaar te vergelijken. Daarvoor werden met behulp van benthonische foraminiferen zestien foraminiferen-zones onderscheiden. Een probleem

daarbij was echter, dat de foraminiferen-associaties lateraal in samenstelling veranderen, zodat er voor de kalkstenen van de zogenaamde Kunrade facies een aparte, minder gedetailleerde indeling moest worden opgesteld, die slechts ten naaste bij te korreleren is met de rond Maastricht gebruikte zonering. Een probleem is ook, dat de foraminiferen-associaties van HOFKER (1966) slechts zelden in hun ideale samenstelling gevonden worden en dat soorten, die volgens deze auteur kenmerkend zijn voor een bepaalde zone, ook hoger of lager in de afzettingen kunnen voorkomen. Omdat de verbreiding van benthonische foraminiferen kennelijk (mede) afhankelijk is van verschillen in het afzettingmilieu van de sedimenten, moet men zich bovendien afvragen of deze foraminiferen-stratigrafie niet eerder ecologisch dan biologisch bepaald is. We zouden dus eigenlijk van een ecostratigrafische (in plaats van een biostratigrafische) indeling moeten spreken.

W.M. FELDER (1975) is ongetwijfeld de grondlegger van de moderne lithostratigrafische indeling van het Krijt in Zuid-Limburg. Allereerst heeft hij - in het kader van de geologische kartering - nauwkeurige profielen gepubliceerd van vele tientallen ontsluitingen en boringen in dit gebied. Deze vormen de grondslag van al het verdere stratigrafische onderzoek. En daarnaast heeft hij alle lithostratigrafische begrippen nauwkeurig gedefinieerd in type-lokaliteiten volgens de hiervoor geldende internationale regels (cf HEDBERG, 1976).

De lithostratigrafische indeling van het Boven-Krijt en Onder-Tertiair volgens W.M. FELDER (1975) omvat 24 lithologische eenheden en 29 gids-horizons. Daardoor is een zeer gedetailleerde indeling mogelijk van de vijf formaties:

- Houthem Formatie
- Maastricht Formatie
- Gulpen Formatie
- Vaals Formatie
- Aken Formatie.

Door de chronostratigrafische indeling, gebaseerd op het belemnieten-onderzoek van SCHMID (1959), te combineren met de foraminiferen-stratigrafie van HOFKER (1966) en de lithostratigrafie van W.M. FELDER (1975) is het beeld gevormd van onze huidige kennis van het Boven-Krijt en Onder-Tertiair in deze regio. Dit beeld toont ons vijf formaties, die lateraal weliswaar geringe veranderingen kunnen ondergaan, maar die binnen eng begrensde geologische periodes zijn gevormd (figuur 2). De vraag is echter of deze interpretatie wel de juiste is.


CHRONO-STRATIGRAFIE (SCHMID, 1959)	BIO/ECO-STRATIGRAFIE (HOFKER, 1966)	LITHO-STRATIGRAFIE (W.M. FELDER, 1975)	GIDS-HORIZONS
Paleoceen	R Q P	Houthem	Lutterade
Maastrichtien	M L K I H G 	Maastricht	Vroenhoven
	F E D C B		Lichtenberg
Campanien	A	Vaals	Slenaken
	A'-boven A'-midden A'-onder		Zeven Wegen
Santonien	—	Aken	Raren Hergerath

Fig. 2: Vereenvoudigd overzicht van de stratigrafische indeling van het Boven-Krijt en Onder-Tertiair in Zuid-Limburg, zoals dit gebruikt wordt bij de geologische kartering van dat gebied (cf. KUYL, 1980).

In de afgelopen paar jaren zijn pogingen ondernomen om met behulp van deels nieuw ontwikkelde, ecostratigrafische methoden de huidige lithostratigrafische correlaties te controleren. En bovendien heeft men getracht om de Boven-Krijt-afzettingen van de Kempen te vergelijken met die in Zuid-Limburg. Daarbij is ook gebruik gemaakt van petrofysische boorgatmetingen en van de (deels aangepaste) foraminiferen-stratigrafie van HOFKER (1966). Een deel van de resultaten van dit onderzoek is gepubliceerd door P.J. FELDER et al. (1985). Een ander deel vormt het onderwerp van dit artikel, dat zich beperkt tot sedimenten met een Campanien en Maastrichtien ouderdom.

Ongetwijfeld zal menige lezer zich afvragen of de resultaten van een ecostratigrafisch onderzoek van Boven-Krijt-afzettingen in Zuid-Limburg en omgeving wel thuis hoort in een blad als Grondboor en Hamer, en met name als hij aan het einde moet vaststellen, dat het onderzoek bij lange na niet voltooid is. 'Ecostratigrafie' doet immers het ergste vermoeden: iets voor superspecialisten met een jarenlange ervaring. Het aardige echter van de hier gevolgde methoden is, dat proefondervindelijk is aangetoond dat men

deze binnen enkele weken kan beheersen. Wanneer men beschikt over een goede loupe of over een eenvoudige binoculair met een vergroting van 10X tot 40X, en over tijd en geduld, kan iedereen zijn aandeel leveren in dit pas begonnen onderzoek, ongeacht of hij (of zij) de geologie beroepshalve of als liefhebberij bedrijft.

METHODE VAN ONDERZOEK

De afzettingen van het Campanien en Maastrichtien zijn opgebouwd uit drie componenten. Ten eerste de afbraakprodukten van oudere gesteenten, die met name in de vorm van zand, silt en klei (en in sommige gevallen ook als rolstenen, waaronder steenkoolrolstenen) van elders zijn aangevoerd. De aard van dit materiaal geeft een indicatie over het mogelijke gebied van herkomst, terwijl de relatieve korrelgrootte een indruk geeft over de mate van turbulentie (golfbewegingen, storm-invloeden) of stroming van het water.

De tweede categorie wordt gevormd door mineralen, die onder invloed van chemische processen vóór, tijdens of ná de sedimentatie ge-

vormd zijn. Hiertoe behoort het mineraal glauconiet, dat als onregelmatige groene korrels gevormd wordt in ondiep, turbulent water, maar via modderstromen ook omgewerkt kan worden in diepere, kalmere delen van de zee. En hiertoe behoort ook de silex of vuursteen, die in de vorm van knollen, pijpen of platen veelal gekoncentreerd is in bepaalde lagen, die soms gebruikt worden voor lokale of regionale korrelaties.

De derde komponent vormt de kalk, die vrijwel geheel bestaat uit 'bioklasten'. Klasten zijn de kristallen, korrels, gesteentefragmenten of resten van organismen waaruit een sediment is opgebouwd. Door middel van voorvoegsels kan men de aard van deze klasten verder preciseren. Zo spreken we van pyroklasten bij sedimentpartikels die afkomstig zijn van een vulkanische uitbarsting, van siliciklasten bij kwartskorrels, van fyto-klasten bij plantenresten, en van bioklasten bij fossielen of fossielfragmenten. Veel klasten zijn zo klein, dat ze nauwelijks zichtbaar zijn onder de microscoop. Men spreekt dan van kryptoklasten.

Bioklasten zijn dus fossielen of fossielfragmenten voorzover ze deel uitmaken van het sediment en als sediment-partikels bekeken worden. Net zoals de andere bestanddelen, waaruit het sediment bestaat, geven ze een indicatie over het milieu, waarin het sediment is afgezet. En op dezelfde wijze, waarop zware mineralen of grindtellingen gebruikt worden voor de korrelatie van sedimenten en de lithostratigrafische indeling ervan, kan men hiervoor bioklasten-associaties aanwenden.

Deze toepassing is niet nieuw voor de Boven-Krijt-afzettingen van Zuid-Limburg. Het coprolietenlaagje aan de basis van de Maastricht Formatie in de ENCI is er een voorbeeld van. Dit is niet meer of niet minder dan een laag, waarin een bepaald soort bioklasten, in dit geval coprolieten, in zo grote getale optreedt dat men er het niveau mee kan karakteriseren. Op dezelfde wijze spreken we van het Bryozoënlagje van Kunrade of van het Belemnitenkerkhof. Deze voorbeelden tonen aan, dat men voor het karakteriseren van een bepaald sediment niet *alle* bestanddelen gebruikt, maar er bepaalde elementen uitlicht, die door het aantal waarin ze voorkomen opvallen.

Als men in Zuid-Limburg de Maasterrassen kan herkennen door het percentage kwarts of vuursteen, dat in een bepaalde fractie wordt aangetroffen, dan moet men het percentage, waarin een groep bioklasten in een bepaalde fractie voorkomt, in principe ook kunnen gebruiken voor hetzelfde doel. Voorwaarde daarbij is

dat men een aantal gemakkelijk te herkennen groepen van bioklasten kan onderscheiden, waarmee de sedimenten kwantitatief gekarakteriseerd worden. En omdat bioklasten afkomstig zijn van organismen, die ooit een bepaald leefmilieu geprefereerd hebben, leveren de bioklasten-associaties niet alleen een kwantitatieve karakteristiek op van een bepaalde laag, maar geven ze ook een indruk van het vroegere milieu, waarin het sediment is afgezet.

Met dit uitgangspunt in gedachten zijn twee verschillende wegen bewandeld om de afzettingen van het Campanien en Maastrichtien in Zuid-Limburg en Noord-Oost-België te karakteriseren. Daarbij werd het sediment allereerst mechanisch verkleind met behulp van een hamer en een deegrol, en vervolgens afgezeefd in de fracties 1.0-2.4 mm en 0.125-1.0 mm. Deze methode is uitvoerig beschreven in P.J. FELDER (1981). Vervolgens werden alle bioklasten uit de fractie 1.0-2.4 mm in een aantal groepen opgesplitst en geteld. En tenslotte werd het percentage berekend voor ieder van deze groepen op het totaal aantal getelde bioklasten. Daarnaast werden uit de fractie 0.125-1.0 mm de ostracoden of mosselkreeftjes uitgepikt. Deze werden opgesplitst in twee groepen: ostracoden met een gladde schaal en ostracoden met een geornamenteerde (of versierde) schaal. En vervolgens werd het percentage exemplaren met een geornamenteerde schaal op het totaal aantal getelde ostracoden berekend. Door opeenvolgende monsters te nemen uit een boring of een ontsluiting ontstonden op deze wijze diagrammen, die een vergelijking tussen verschillende boringen en ontsluitingen mogelijk maken. Daardoor konden lithostratigrafische korrelaties, gebaseerd op in het veld waarneembare lithologische kenmerken, gecontroleerd worden.

Voor het herkennen van de bioklasten in de fractie 1.0-2.4 mm is een publikatie beschikbaar (P.J. FELDER, 1981), waarin vrijwel alle in het Campanien en Maastrichtien van Zuid-Limburg voorkomende vormen staan beschreven en afgebeeld. Deze worden in de praktijk verdeeld over vijf hoofdgroepen (foraminiferen; bryozoa, sponzen en koralen; mollusken en brachiopoden; echinodermaten of stekelhuidigen; en een restgroep, die in hoofdzaak bestaat uit resten van arthropoden en uit serpuliden of kokerwormen). Deze kunnen onderverdeeld worden in ruim twintig subgroepen. Zo onderscheiden we binnen de echinodermaten de resten van crinoiden of zeelelies, ophiuriden of slangsterren, asteroïden of zeesterren, en echinoiden of zeeëgels. In dit arti-

kel zijn alleen de gegevens van vier soorten bioklasten verwerkt, namelijk de bryozoa, de molusken (inktvissen, tweekleppigen en slakken) en brachiopoden, de crinoiden, en de restgroep (bestaande uit arthropoden en vooral kokerwormen). Voorbeelden van deze vier groepen zijn afgebeeld op Plaat I.

Het onderscheid tussen ostracoden met een gladde en een geornamenteerde schaal is niet gebonden aan de bestaande systematische indeling van deze diergroep, maar geheel subjectief tot stand gekomen. Omdat er verschillende opvattingen zouden kunnen bestaan tussen verschillende onderzoekers of een bepaalde vorm gladschalig is of niet, hebben BLESS et al. (1983) een lijst opgesteld van de geslachten, die 'per definitie' een gladde schaal hebben. Deze geslachten staan afgebeeld in de publikaties van VAN VEEN (1932-1937) en van DEROO (1966). De lijst omvat: *Aequacytheridea*, *Asciocythere*, *Bairdia*, *Clithrocytheridea*, *Cypridina*, *Cytherella*, *Globoleberis*, *Kalyptovalva*, *Krithe*, *Macrocypris*, *Paracypris*, *Parataxodonta*, *Sphaeroleberis*, *Tumidoleberis*, *Veenidea* en *Xesteroleberis*. Alle overige geslachten (waaronder *Cytherelloidea*, en geslachten behorende tot de subfamilies *Trachyleberidinae* en *Bythocytherinae* sensu VAN MORKHOVEN 1962) zijn 'per definitie' geornamenteerd. Deze ogenschijnlijk willekeurige opsplitsing is gebaseerd op de gedachte, dat gladschalige ostracoden veelal ook een dunner schaal hebben dan de geornamenteerde en waarschijnlijk in het algemeen een wat rustiger (en vaak ook iets dieper) milieu hebben geprefereerd dan de meer dikschalige, geornamenteerde vormen.

Deze voorstelling van zaken lijkt althans gedeeltelijk bevestigd te worden door de resultaten van het tot op heden verrichte onderzoek (BLESS et al., 1983, P.J. FELDER et al., 1985). Daaruit blijkt, dat relatief grote aantallen geornamenteerde ostracoden hoofdzakelijk voorkomen in het onderste en bovenste deel van de hier bestudeerde Campanien-Maastrichtien afzettingen (figuur 3). Het onderste deel komt ruwweg overeen met het Vaalser Groenzand en de 'craie glauconifère' aan de basis van de Gulpen Formatie in de groeve Halembaye, terwijl het bovenste deel de top van de Gulpen Formatie (de Lanaye Kalk) en de Maastricht Formatie omvat in de ENCI. De sedimenten in deze beide delen van het totale sediment-pakket zijn duidelijk grofkorreliger dan die uit het midden-gedeelte, dat overeenkomt met het grootste deel van de Gulpen Formatie in Halembaye, Lanaye en ENCI.

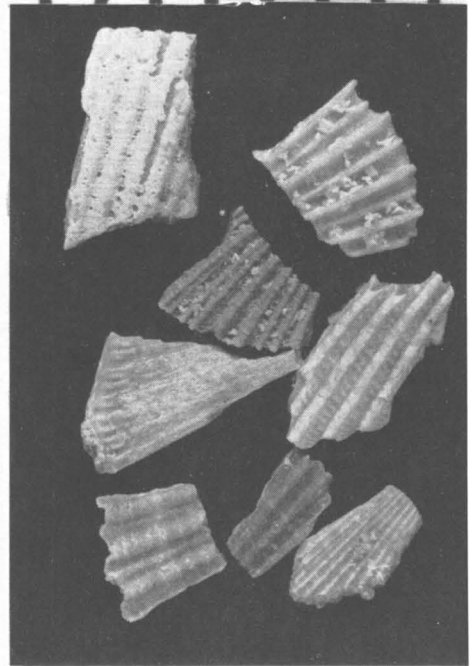
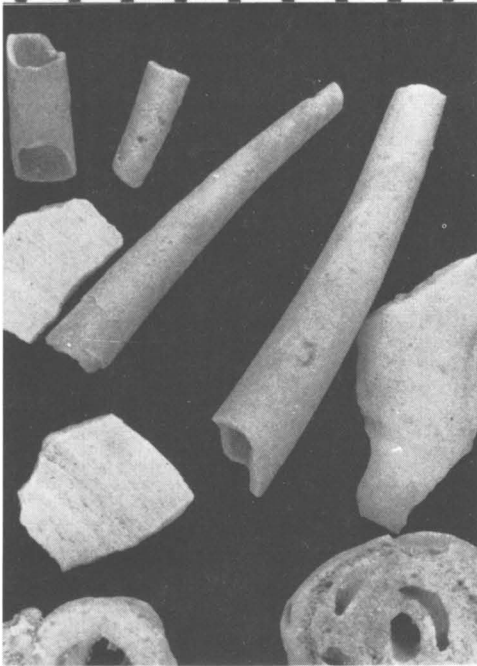
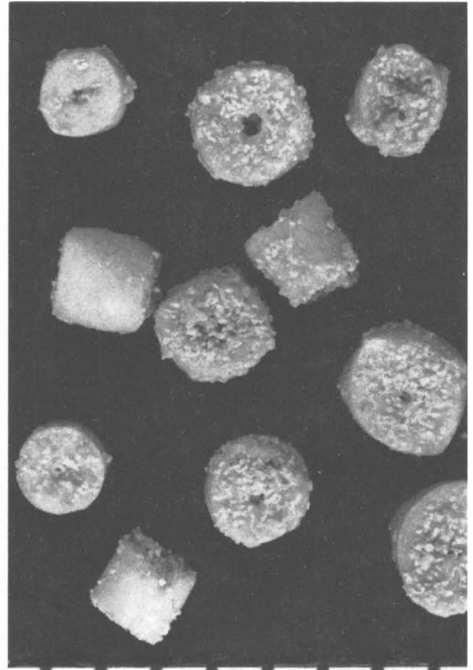
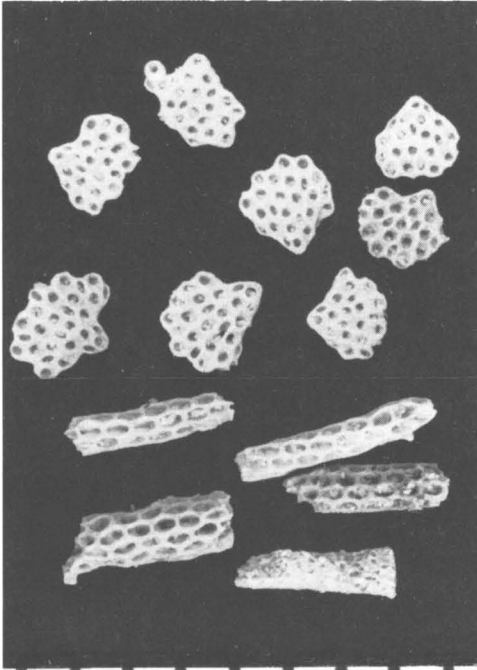
Waar mogelijk zijn de resultaten van het bioklasten- en ostracoden-onderzoek steeds vergeleken met de (iets aangepaste) foraminiferen-stratigrafie van HOFKER (1966). In tegenstelling tot de bioklasten en ostracoden moeten de foraminiferen op soort worden gedetermineerd. Dit vergt een behoorlijke ervaring en literatuurkennis, en is zeker niet weggelegd voor een beginneling. Voor het bepalen van de stratigrafische positie van een willekeurig monster wordt gebruik gemaakt van de door HOFKER gedefinieerde associaties voor de verschillende foraminiferen-zones. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van de bekende stratigrafische verbreiding van de afzonderlijke soorten in Zuid-Limburg, en van sommige door HOFKER beschreven geleidelijke veranderingen binnen een bepaald geslacht (bijvoorbeeld de toename van het aantal pustulae op de laatste kamer van *Bolivinoidea*: Plaat II) of binnen een bepaalde soort (bijvoorbeeld de toename in de afmetingen van *Siderolites calcitrapoides*). Omdat deze veranderingen optreden in gemakkelijk te herkennen geslachten en soorten (waarvan er enkele in figuur 3 staan aangeduid) en kwantitatief zijn vast te stellen, kan men deze al na een korte training zelf onderzoeken.

De hoeveelheid materiaal, dat per monster bekeken moet worden, varieert. Empirisch is vastgesteld dat voor betrouwbare resultaten bij het bioklasten-onderzoek er minimaal (zomogelijk) 150-200 exemplaren geteld moeten worden. Voor het ostracoden-onderzoek, waarbij slechts met twee groepen wordt gewerkt (glad en geornamenteerd) ligt dit aantal beduidend lager, namelijk minimaal 25-30 exemplaren. Voor statistisch onderzoek naar de veranderingen in bepaalde groepen foraminiferen (zoals de toename van het aantal pustulae op de laatste kamer van *Bolivinoidea*) blijkt een minimum aantal van 10 (gave) exemplaren al voldoende te zijn.

Door de resultaten, verkregen uit deze van elkaar onafhankelijke methoden, te combineren wordt de mogelijkheid om profielen met elkaar te korreleren beduidend vergroot.

DE ONDERZOCHE PROFIELEN

Voor dit artikel zijn zeventien profielen uit het Campanien-Maastrichtien in Zuid-Limburg en Noord-Oost-België onderzocht (figuur 4). Voorzover het hier ontsluitingen betreft, zijn deze al eerder in detail opgenomen en gepubliceerd door W.M. FELDER in de excursiegidsen van de 'Joint annual meeting, Paläontologische Gesellschaft and Palaeontological Association, Maastricht 1978 (W.M. FELDER, P.J. FELDER, O.S. KUYL



Plaat I: Vier verschillende groepen uit de bioklasten-fraktie 1.0-2.4 mm in de afzettingen van het Campanien en Maastrichtien van Zuid-Limburg en Noord-Oost België. Links-boven: bryozoa. Rechts-boven: crinoïden. Links-onder: serpuliden. Rechts-onder: mollusken. De horizontale witte blokjes geven steeds 1 mm aan.

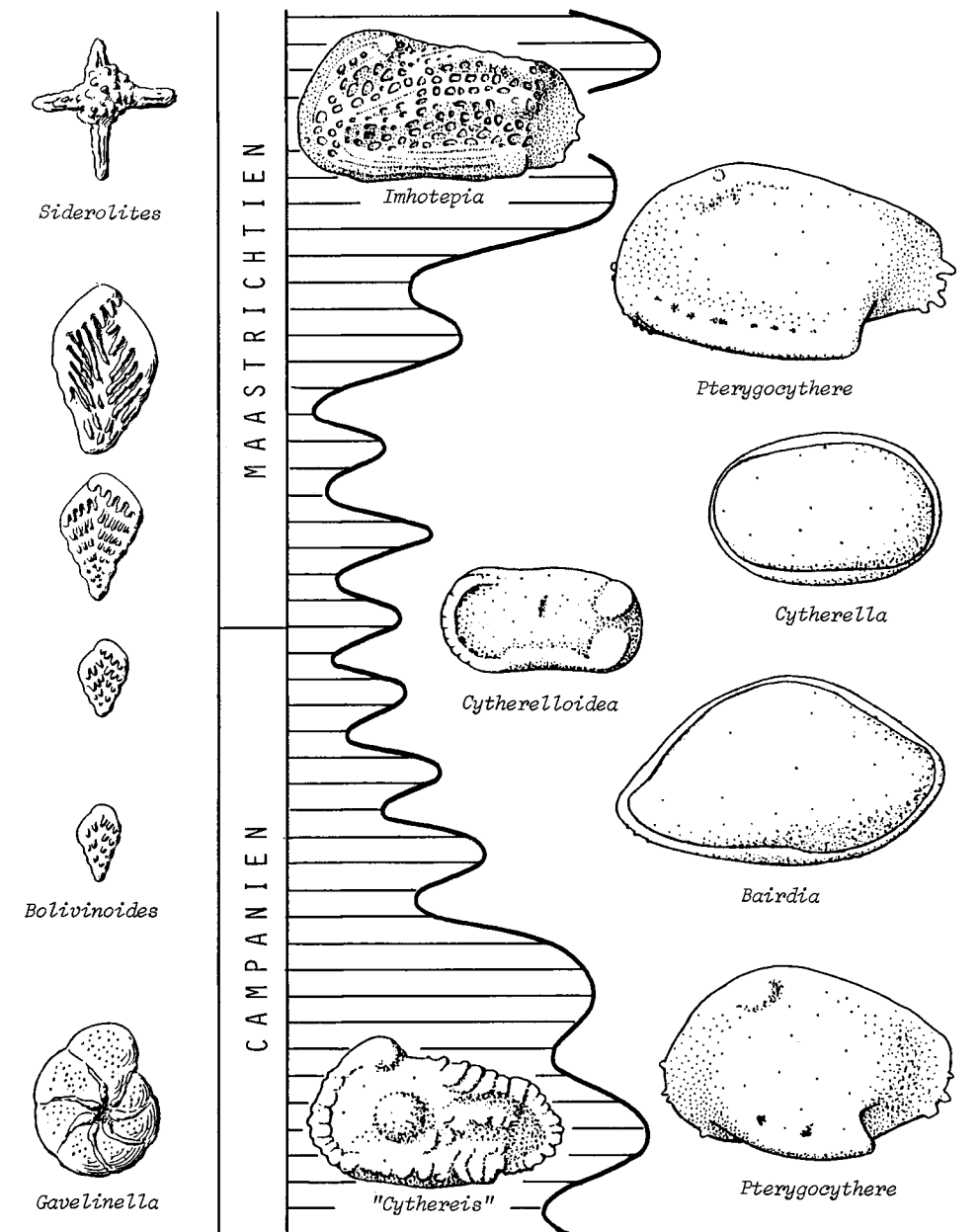
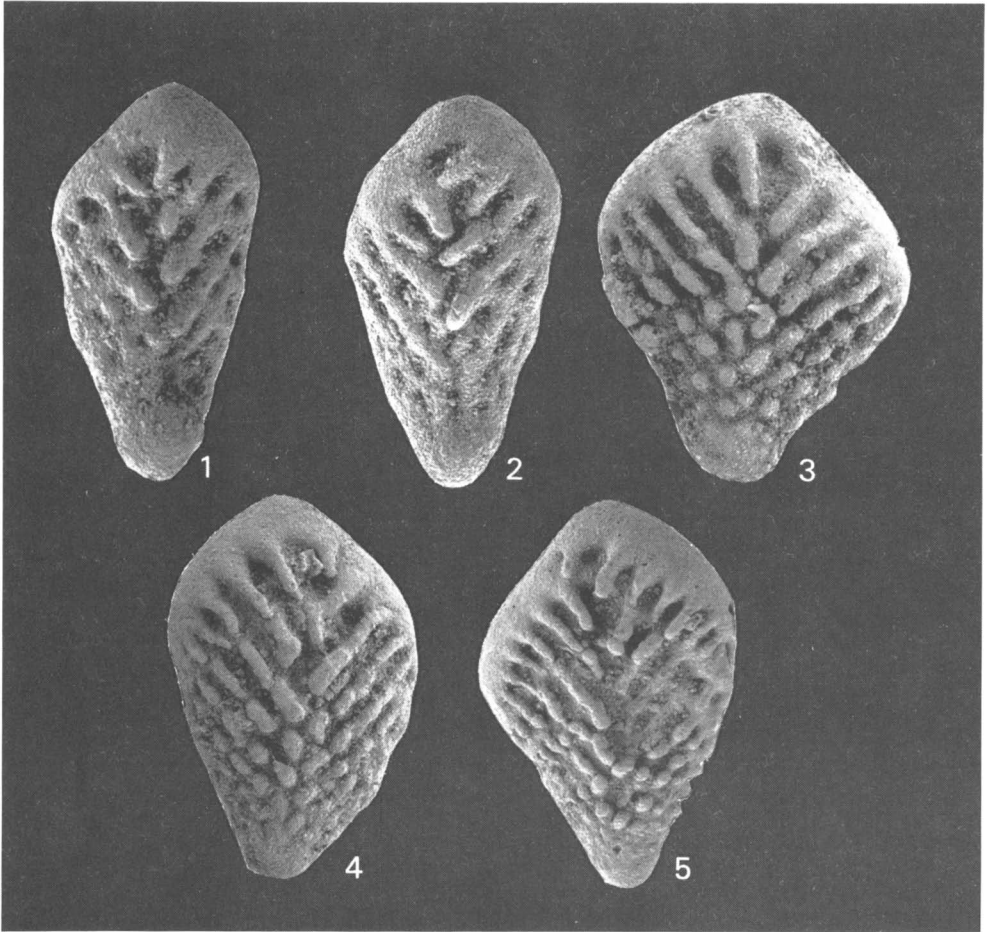


Fig. 3: Enkele karakteristieke foraminiferen en ostracoden in het Boven-Krijt van Zuid-Limburg en omgeving. In het onderste deel van deze afzettingen (ruwweg overeenkomend met de Vaals Formatie in Halembye) treden regelmatig grote aantallen geornamenteerde ostracoden op (waaronder 'Cythereis' en *Pterygocythere*). Dezelfde sedimenten worden onder andere gekarakteriseerd door de foraminifeer *Gavelinella clementiana*, die hier een versierde dorsale zijde heeft. Deze foraminifeer komt ook voor in het hogere Campanien (overeenkomend met de Zeven Wegen Kalk aan de basis van de Gulpen Formatie in Halembye), maar heeft dan een gladde dorsale zijde. Het hogere Campanien en het grootste deel van het Maastrichtien worden gekenmerkt door het teruglopen van het aantal geornamenteerde ostracoden (waaronder *Cytherelloidea* regelmatig voorkomt), terwijl gladde vormen zoals *Cytherella* en *Bairdia* veelal overheersen in de monsters. In dit interval is een geleidelijke toename te zien van het aantal pustulae op de laatste kamer van de foraminifeer *Bolivinooides* (oplopend van 3 naar meer dan 7). Het hoogste Maastrichtien is weer gekenmerkt door het regelmatig voorkomen van grote aantallen geornamenteerde ostracoden (waaronder *Imhotepia* en *Pterygocythere*). Tot de karakteristieke foraminiferen in dit interval behoort het bekende 'sterretje', *Siderolites calcitrapoides*. Aanvankelijk komt dit voor in hele kleine exemplaren (kleiner dan 1 mm), maar hogerop kunnen steeds grotere exemplaren voorkomen.



Plaat II: 1, 2: *Bolivinooides decorata* met een gemiddeld aantal pustulae op de laatste kamer tussen 3 en 4 (gidsfossiel voor zone A, Boven Campanien, in Zuid-Limburg en Noord-Oost België); 3, 4, 5: *Bolivinooides australis* met een gemiddeld aantal pustulae op de laatste kamer tussen 5 en 7 (gidsfossiel voor zones B, C en E, Maastrichtien, in Zuid-Limburg en Noord-Oost-België). *Bolivinooides gigantea* met meer dan 7 pustulae op de laatste kamer is niet afgebeeld. Vergroting: $\pm 75 \times$.

et al., 1978). Bij de monsternamen zijn soms minimale verschillen in dikte van afzonderlijke lagen vastgesteld, die hier verder buiten beschouwing zijn gelaten. Daarnaast zijn monsters onderzocht van boringen. Aangezien het hier veelal om spoelmonsters gaat, moet rekening worden gehouden met mogelijke contaminatie van het onderzochte materiaal. Dit blijkt onder andere uit het iets rustigere verloop van de diagram-curven, maar kennelijk heeft dit geen wezenlijke invloed gehad op de statistische verwerking van de gegevens.

Voor het beschikbaar stellen van monsters uit

boringen zijn de auteurs veel dank verschuldigd aan J. Bouckaert en M. Duser (Belgische Geologische Dienst, Brussel), W.M. Felder (Rijks Geologische Dienst, Heerlen) en J. Tricot (Kempensteenkolenmijnen, Genk-Winterslag). De heer L. Boonen (Natuurhistorisch Museum Maastricht) zorgde voor het verkleinen en zeven van de ruim 700 onderzochte monsters. Bij het verwerken van de gegevens is ook gebruik gemaakt van de resultaten van onderzoek verricht door een aantal studenten. Voorzover van hun skripties gebruik werd gemaakt is dit bij de afzonderlijke profielen vermeld.

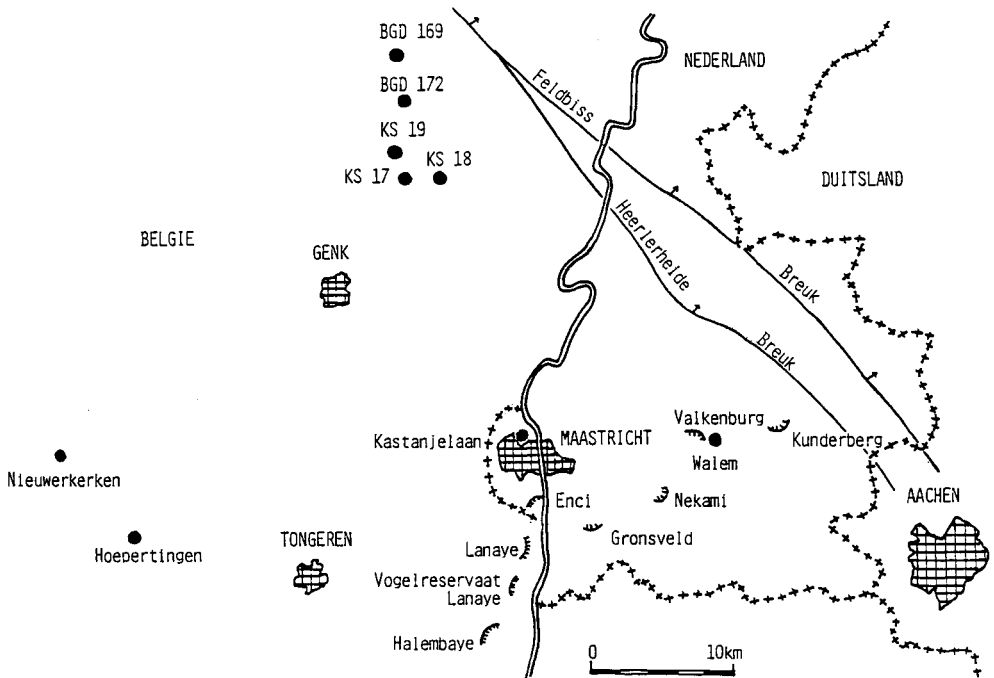


Fig. 4: Lokatie van de onderzochte profielen. De boringen zijn met een zwarte stip aangeduid, de ontsluitingen met een gekartelde boog.

Korrelatie Dolekamer-ENCI

Van deze ontsluitingen is het interval tussen de horizons van Lichtenberg en Laumont bestudeerd. De lithostratigrafie van beide profielen is in 1978 door W.M. FELDER gepubliceerd (figuur 5). De afstand tussen de Dolekamer en de ENCI bedraagt ongeveer 5 km. Hoewel de dikte van het interval Lichtenberg-Laumont in beide groeven vergelijkbaar is (22 à 23 m), toont de lithostratigrafische interpretatie grote verschillen in de dikte van de afzonderlijke laagpakketten. De Dolekamer ligt vlakbij de typelocaties van de Gronsveld Kalk, die begrensd wordt door de horizons van St. Pieter en Schiepersberg. De ENCI ligt in het typegebied van de gehele Maastricht Formatie, waarvan de basis in de ENCI is gedefinieerd door de Lichtenberg Horizon (W.M. FELDER 1975). Een oppervlakkige vergelijking van de profielen van de Dolekamer en de ENCI roept onwillekeurig de vraag op, of de op veldwaarnemingen berustende korrelatie wel de meest voor de hand liggende is. Immers, de afstand Laumont-Romontbos in de Dolekamer is vrijwel identiek aan de afstand Laumont-Lava in

de ENCI, terwijl in beide gevallen de vuurstenen beperkt zijn tot het onderste deel van het laagpakket. Op dezelfde wijze zou men kanttekeningen kunnen maken bij de positie van de andere horizons in beide profielen.

Om dit probleem op te lossen zijn de percentage-curven vergeleken van de bryozoa, de crinoiden, de restgroep (bestaande uit arthropoden en serpuliden) en de geornamenteerde ostracoden.

De bryozoa (figuur 6) vertonen in beide profielen een duidelijk maximum, waarbinnen ze meer dan 25% van het totale aantal bioklasten uitmaken. In de Dolekamer is dit maximum gesitueerd rond de Schiepersberg Horizon, in de ENCI ligt dit (hier weliswaar uit twee pieken bestaande) maximum rond de Romontbos Horizon. De afstand van deze maxima ten opzichte van Laumont en Lichtenberg is in beide ontsluitingen dezelfde. Indien geen andere criteria voorhanden zouden zijn, lijkt het voor de hand te liggen om aan te nemen, dat Schiepersberg van de Dolekamer overeenkomt met Romontbos in de ENCI.

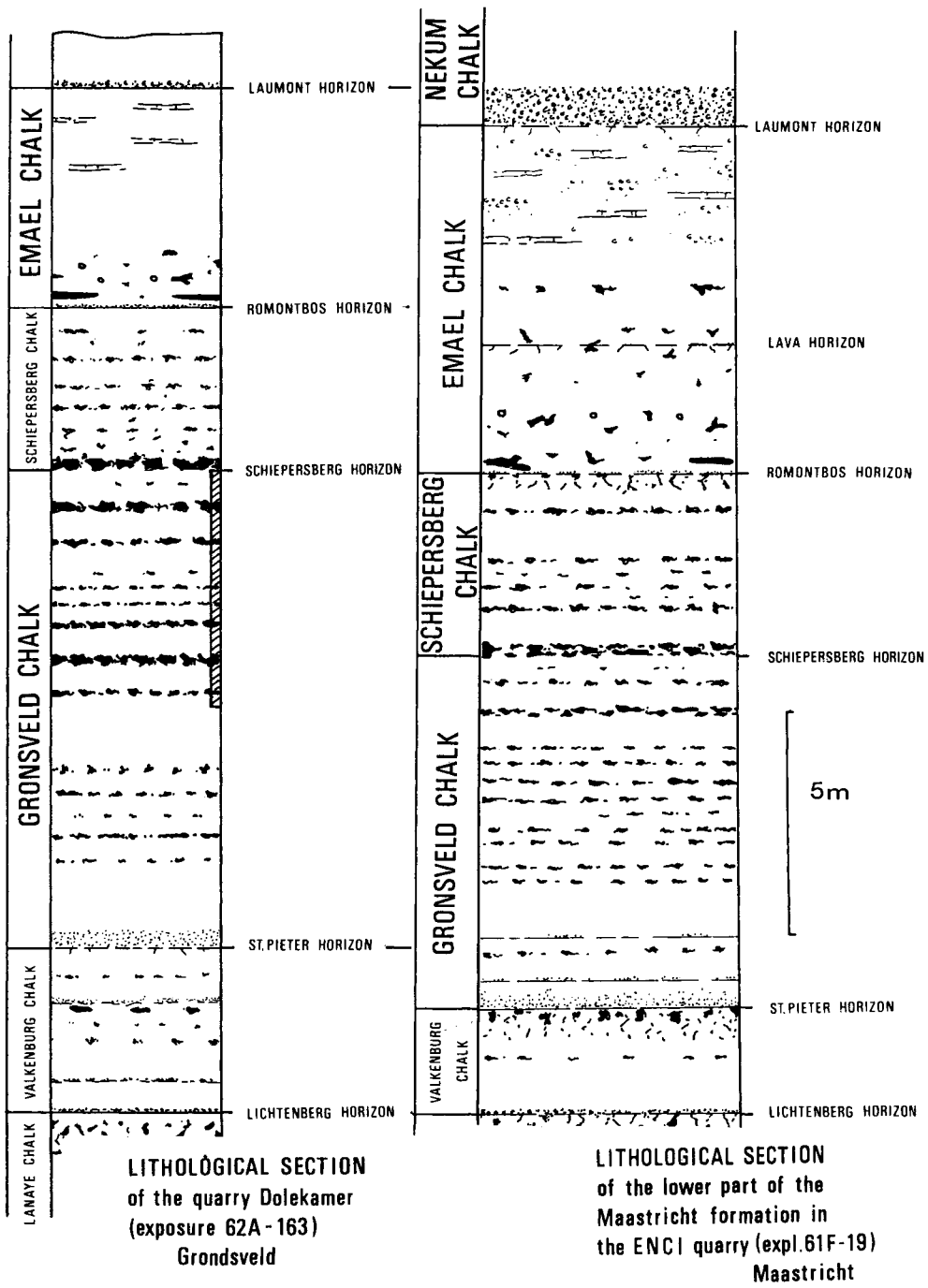


Fig. 5: Vergelijking van de lithologische profielen tussen de horizons van Lichtenberg en Laumont in de Dolekamer en in de ENCI en de lithostratigrafische indeling van deze afzettingen volgens W.M. FELDER (1978).

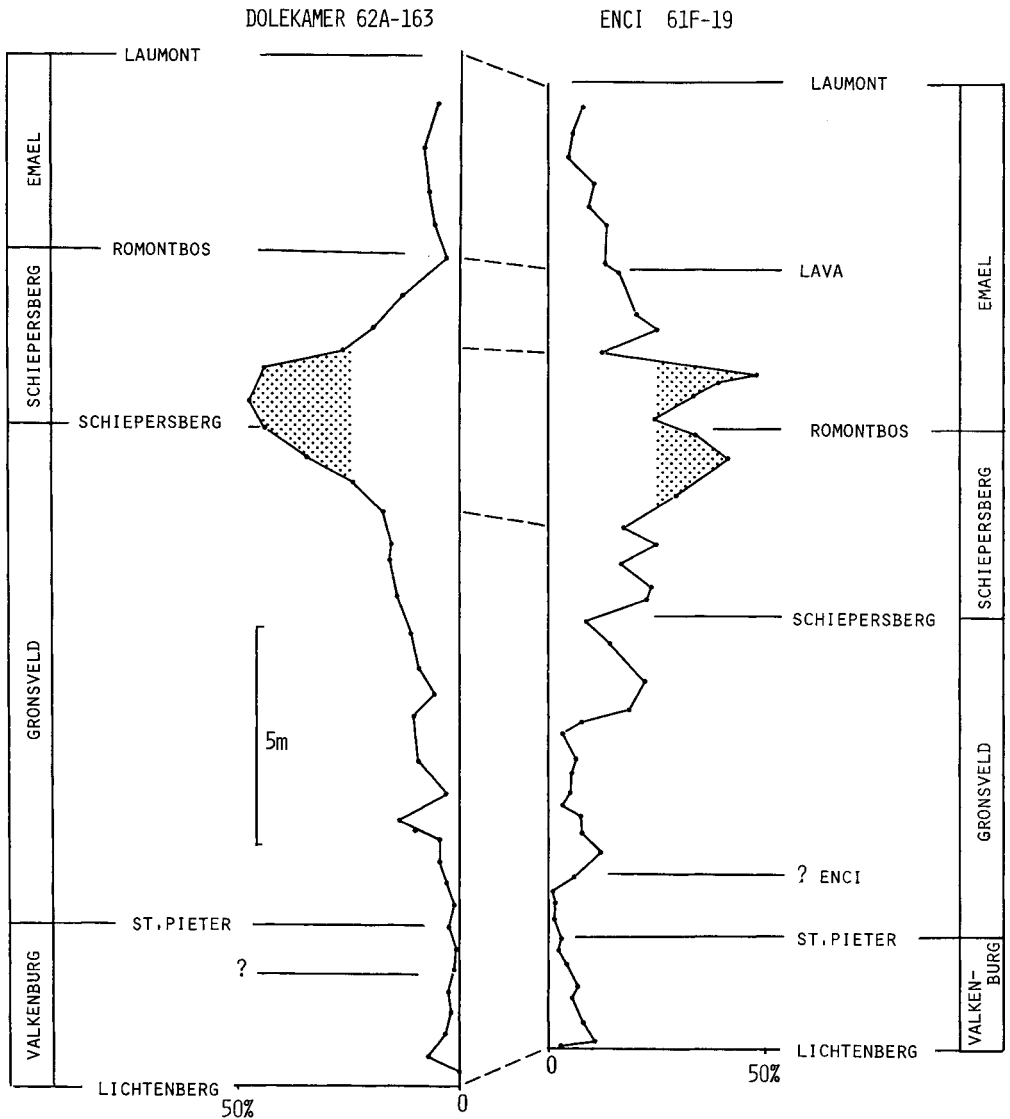


Fig. 6: Percentage-curven van de bryozoa in de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm tussen de horizons van Lichtenberg en Laumont in de Dolekamer en de ENCI. Het gestippelde gedeelte geeft aan, waar het aantal bryozoa boven de 25% stijgt. De benaming van de kalkpakketten en horizons is volgens W.M. FELDER (1978). De curven zijn spiegelbeeldig ten opzichte van elkaar uitgezet. Het diagram van de Dolekamer is ontleend aan HOUBEN (1985).

De crinoïden (figuur 7) komen in beide profielen in kleine percentages voor tot ongeveer 5 m boven Lichtenberg. Hogerop daalt hun aantal tot minder dan 1% en is niet verder aangegeven. Het feit, dat de dikte van het interval, waarin crinoïden een rol spelen, in beide groeven vergelijkbaar is, suggereert, dat de sedimenten in dit interval ook vergelijkbaar zijn. De vraag doet zich dan

ook voor, of St. Pieter in de Dolekamer wel vergeleken mag worden met St. Pieter in de ENCI.

Ook de restgroep (arthropoden en met name serpuliden; figuur 7) laat in beide profielen zeer vergelijkbare percentage-curven zien. De hoogste waarden liggen in beide vlak onder Laumont (R3). Op een vergelijkbare afstand onder Lau-

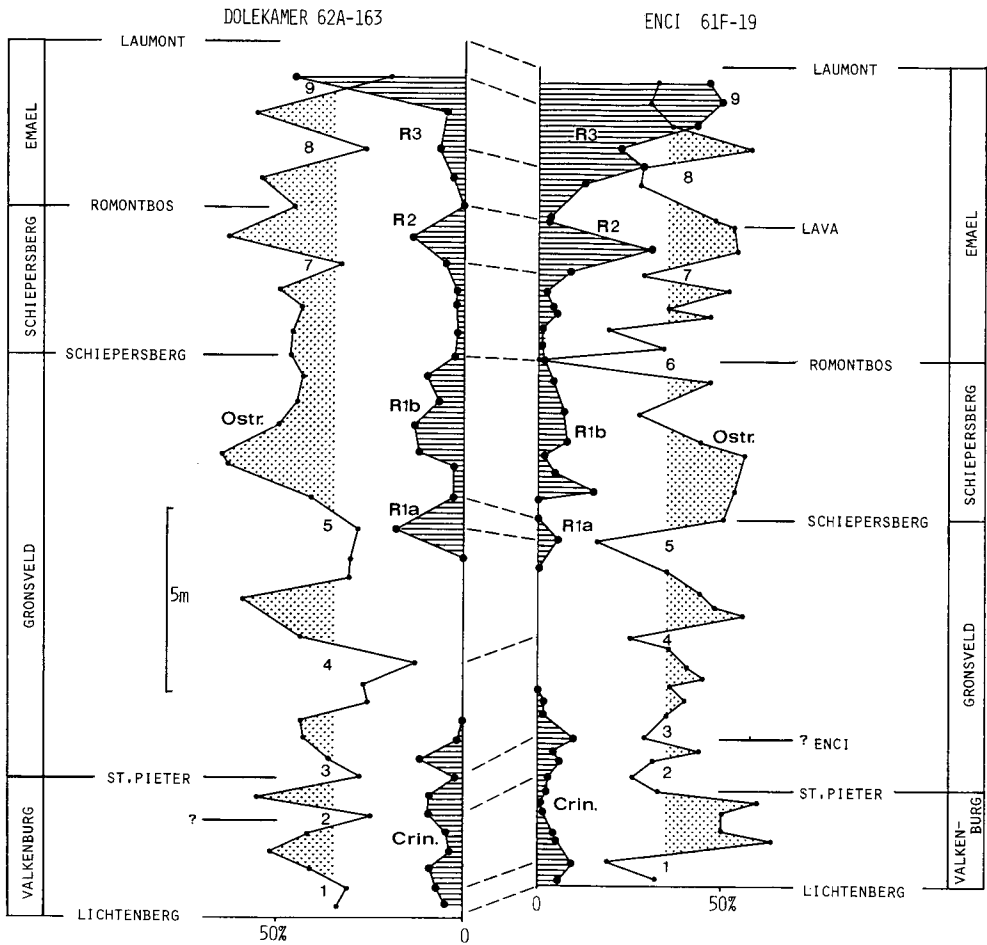


Fig. 7: Percentage-curven van de crinoïden (Crin.) en de restgroep arthropoden en serpuliden (R1, R2 en R3) in de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm, en van de geornamenteerde ostracoden (Ostr.) in de ostracoden-associaties tussen de horizons van Lichtenberg en Laumont in de Dolekamer en de ENCI. Het gestippelde gedeelte geeft aan, waar het aantal geornamenteerde ostracoden boven de 35% stijgt. De benamingen van de kalkpakketten en de horizons is volgens W.M. FELDER (1978). De curven zijn spiegelbeeldig ten opzichte van elkaar uitgezet. De bioklasten-diagrammen van de Dolekamer (crinoïden en restgroep) zijn ontleend aan HOUBEN (1985).

mont (ongeveer 5 m) komt in beide profielen een duidelijke piek voor (R2), die in de Dolekamer net onder Romontbos ligt, en in de ENCI onder Lava. Ongeveer 8 à 9 m onder Laumont ligt in beide profielen de scheiding tussen de aanloop naar de R2-piek en een samengestelde R1-piek. In Dolekamer komt deze scheiding overeen met Schiepersberg, in de ENCI met Romontbos. Op grond van deze overeenkomsten in de procentuele verbreiding van arthropoden en serpuliden ligt het voor de hand om aan te nemen dat Romontbos in de Dolekamer gekorreleerd moet worden met Lava in de ENCI, en evenzo Schiepersberg in de Dolekamer met Romontbos in de ENCI.

Het percentage geornamenteerde ostracoden is regelmatig hoog (vaak boven de 35%; figuur 7). Maar de diagrammen laten regelmatig optredende minima zien, die hier genummerd zijn van 1 tot en met 9. Een vergelijking tussen beide profielen toont aan, dat de relatieve afstand van de minima 1-5 ten opzichte van Lichtenberg in beide groeven vergelijkbaar is. Hetzelfde geldt voor 7-9 ten opzichte van Laumont. Alleen het interval tussen de minima 5 en 7 is in beide ontsluitingen geheel anders ontwikkeld. De percentage-curven van de geornamenteerde ostracoden suggereren dat St. Pieter in de Dolekamer waarschijnlijk overeenkomt met de ?ENCI Hori-

zon in de ENCI, en dat St. Pieter in de ENCI gekorreleerd moet worden met een onbenaamde horizon tussen Lichtenberg en St. Pieter in de Dolekamer. Ook lijkt er weinig twijfel te bestaan aan de korrelatie Romontbos in de Dolekamer met Lava in de ENCI (beiden gelegen tussen de minima 7 en 8).

Samenvattend moet gekonkludeerd worden, dat de lithostratigrafische korrelatie tussen de

Dolekamer en de ENCI binnen het interval Lichtenberg en Laumont op geen enkele wijze ondersteund wordt door de resultaten van het bioklasten- en ostracoden-onderzoek. Integendeel, hierdoor wordt gesuggereerd dat er geen noemenswaardige dikte-verschillen in de individuele sedimentpakketten zouden optreden, en dat de horizons van Romontbos, Schiepersberg en St. Pieter in de Dolekamer overeenkomen met de horizons van, respectievelijk, Lava, Romontbos en ?ENCI in de ENCI.

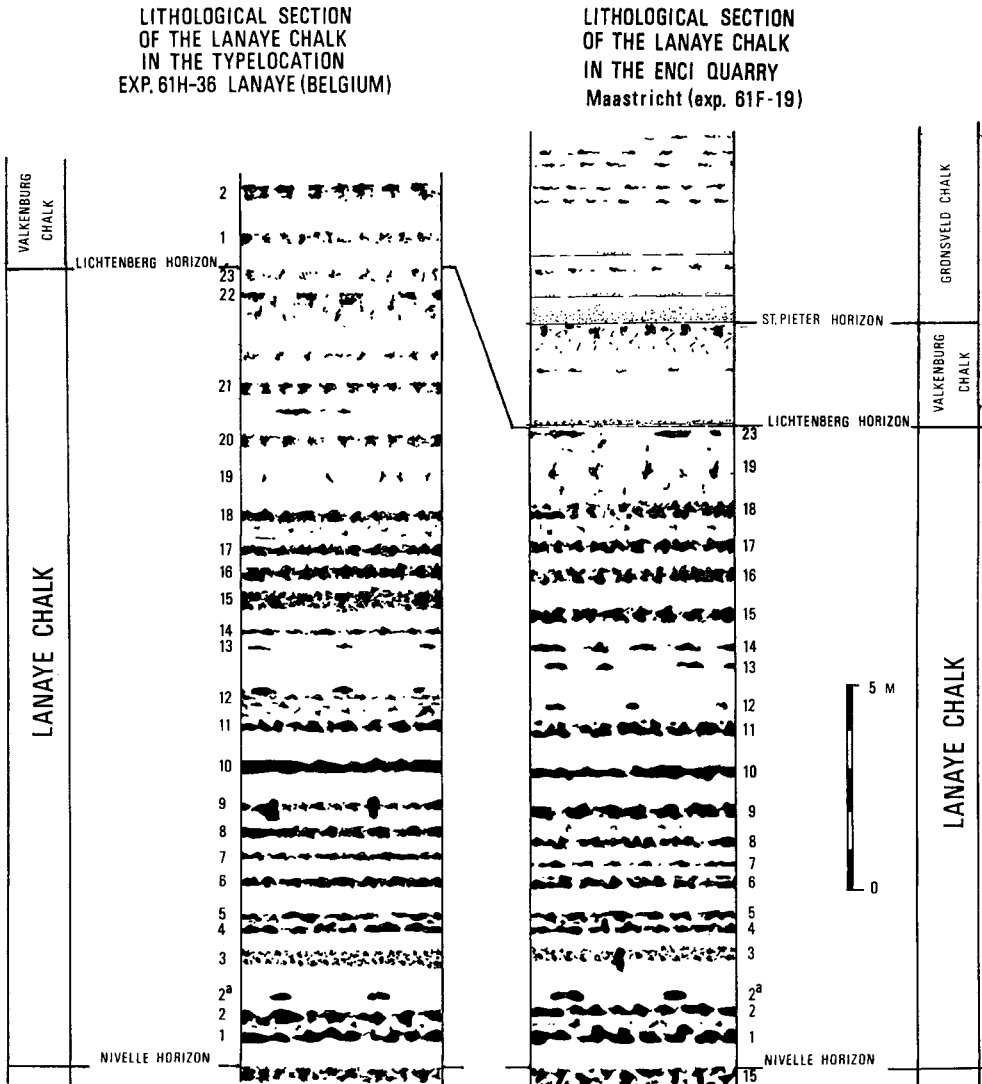


Fig. 8: Vergelijking van het lithologische profiel tussen de horizons van Nivelles en Lichtenberg in Lanaye met dat van de ENCI tussen de horizons van Nivelles en St. Pieter. De lithostratigrafische indeling van deze afzettingen is volgens W.M. FELDER (1978).

Korrelatie Lanaye-ENCI

Van deze ontsluitingen is het interval boven de Nivelle Horizon tot enkele meters boven de Lichtenberg Horizon bestudeerd. De lithostratigrafie van beide profielen is in 1978 door W.M. FELDER gepubliceerd (figuur 8). De afstand tussen Lanaye en de ENCI bedraagt ongeveer 3.5 km. Lanaye is de type-lokaliteit van de Lanaye Kalk, het bovenste laagpakket van de Gulpen Formatie, terwijl de basis van de Maastricht Formatie, de Lichtenberg Horizon in de ENCI is gedefinieerd. Volgens de lithostratigrafische interpretatie zou het hoogste deel van de Lanaye Kalk (het interval tussen de vuursteenlagen 20 en 23) van Lanaye in de ENCI ontbreken of extreem gekondenseerd zijn.

Een oppervlakkige vergelijking van de profielen van Lanaye en de ENCI toont aan, dat deze tussen de Nivelle Horizon (de basis van de Lanaye Kalk) en vuursteenlaag 19 een grote mate van overeenkomst vertonen in de onderlinge afstand en in de ontwikkeling van de vuurstenen. Het bovenste deel van beide profielen (boven vuursteenlaag 19) vertoont op het eerste gezicht weinig overeenkomsten. Dit geldt zowel voor de positie van de horizons, als voor de aard van de vuursteenlagen. Deze bestaan in de hier tot de Lanaye Kalk gerekende afzettingen uit donkergrijze tot zwarte vuurstenen, en in de Maastricht Formatie uit lichtgrijze tot bruingrijze vuurstenen.

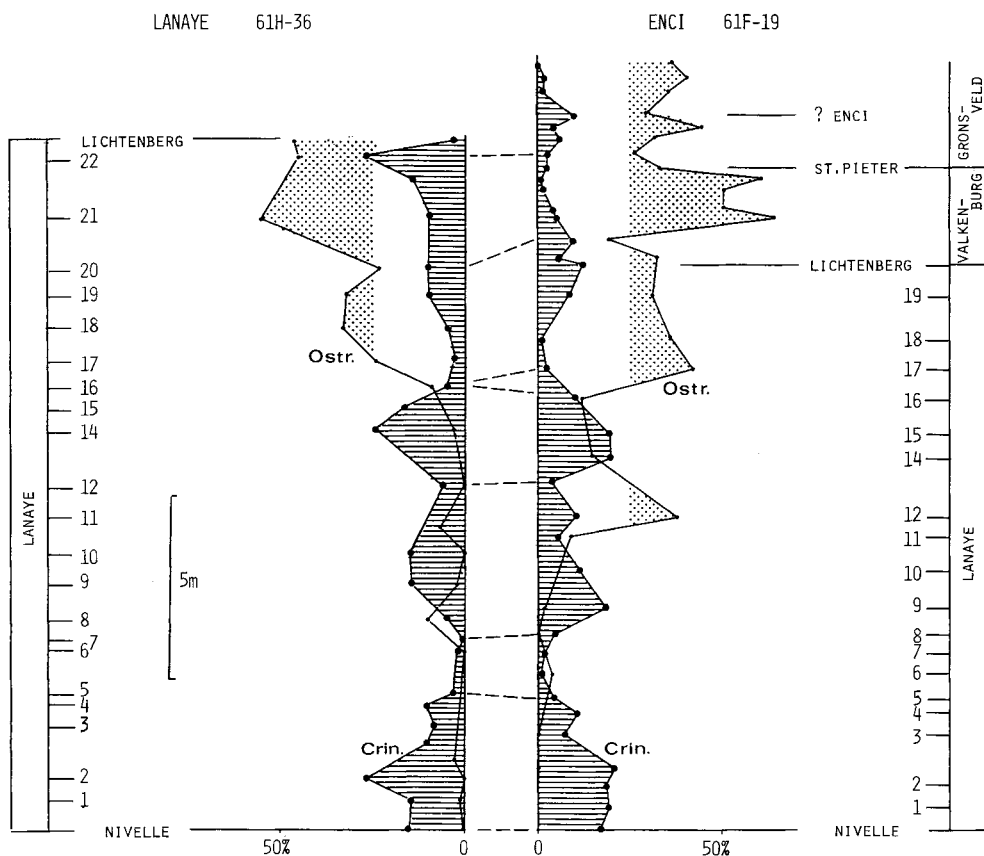


Fig. 9: Percentage-curven van de crinoïden (horizontaal gearceerd) in de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm, en van de geornamenteerde ostracoden in de ostracoden-associaties in Lanaye (tussen de horizons van Nivelle en Lichtenberg) en in de ENCI (tussen Nivelle en St. Pieter). Het gestippelde gedeelte geeft aan, waar het aantal geornamenteerde ostracoden boven de 25% stijgt. De benamingen van de kalkpakketten en de horizons is volgens W.M. FELDER (1978). De curven zijn spiegelbeeldig ten opzichte van elkaar uitgezet.

Indien de in figuur 8 gesuggereerde lithostratigrafische korrelatie korrekt zou zijn, zou men in principe mogen verwachten, dat de percentage-curven van bioklasten en geornamenteerde ostracoden vergelijkbaar zijn in het interval tussen Nivelles en vuursteenlaag 19, en duidelijk van elkaar afwijken in het gedeelte daarboven. Om dit te controleren zijn de percentage-curven vergeleken van de crinoïden en de geornamenteerde ostracoden.

De crinoïden (figuur 9) komen in beide profielen in wisselende percentages voor. Daarbij kunnen vier intervallen onderscheiden worden, die onderling op elkaar lijken. Allereerst is er een maximum waarneembaar tussen Nivelles en vuursteenlaag 5 in beide profielen. Een tweede, minder fraai met elkaar te vergelijken maximum komt voor tussen vuursteenlaag 7 en 12 in Lanaye en tussen vuursteenlaag 8 en 13 in de ENCI. Het derde maximum bevindt zich in beide profielen tussen de vuursteenlagen 13 en 16, alhoewel een korrelatie tussen vuursteenlaag 16 in Lanaye en laag 17 in de ENCI op grond van deze curven ook mogelijk zou zijn. De percentages in het traject boven de vuursteenlagen 16/17 zijn duidelijk verschillend zoals op grond van de lithostratigrafische korrelatie te verwachten was.

De percentage-curve van de geornamenteerde ostracoden (figuur 9) wordt gekarakteriseerd door lage waarden tot ongeveer 12 m boven Nivelles in beide profielen. Alleen in de ENCI is een duidelijke piek rond vuursteenlaag 12, welke echter in Lanaye niet is teruggevonden. Vanaf ongeveer 12 m boven Nivelles (overeenkomend met vuursteenlaag 16 in beide profielen) stijgt het percentage geornamenteerde ostracoden vrijwel konstant boven de 15%. Een duidelijke terugval in de curven bevindt zich bij vuursteenlaag 20 in Lanaye en net boven Lichtenberg in de ENCI. Indien geen andere criteria ter beschikking zouden staan, zou een korrelatie van deze minima (op vergelijkbare afstand boven Nivelles) voor de hand liggen. De zeer hoge piek van vuursteenlaag 21 in Lanaye zou dan te korreleren zijn met eenzelfde hoge piek in de Valkenburg Kalk van de ENCI (percentage geornamenteerde ostracoden respectievelijk 55% en 65%). Doorredenerend zou de Lichtenberg Horizon van Lanaye dan mogelijk het equivalent kunnen zijn van de St. Pieter Horizon in de ENCI.

Om dit probleem op te lossen is gekeken naar de verbreiding van de benthonische foraminiferen in beide profielen. De Lanaye Kalk in de ENCI wordt volgens HOFKER (1966) gekenmerkt door de foraminiferen-zone F. De basis

hiervan komt overeen met de Nivelles Horizon. Hoewel Hofker de top van deze zone overeen liet komen met de Lichtenberg Horizon in de ENCI, vermeldt hij het voorkomen van enkele typische vertegenwoordigers van zone F in het onderste gedeelte van de Valkenburg Kalk *boven* Lichtenberg aan de basis van zijn zone H. De stratigrafische verbreiding van deze soorten in de Lanaye Kalk van Lanaye is zeer onregelmatig. De karakteristieke soort *Bolivinoïdes gigantea* (in de ENCI gevonden onderin de Valkenburg Kalk) verdwijnt in Lanaye boven vuursteenlaag 9! Een andere karakteristieke vorm, *Eponides frankei*, komt in Lanaye voor tot aan vuursteenlaag 21. De foraminiferen-associatie tussen vuursteenlaag 21 en de Lichtenberg Horizon in Lanaye kan niet meer als karakteristiek beschouwd worden voor de zone F van HOFKER (1966). Dit betekent, dat de korrelatie van vuursteenlaag 21 met een hoge piek in de curve van de geornamenteerde ostracoden in de Valkenburg Kalk van de ENCI niet wordt tegengesproken door de resultaten van het foraminiferen-onderzoek!

Korrelatie Lanaye/Vogelreservaat-ENCI

In de vergelijking tussen Lanaye en de ENCI zijn er twijfels naar voren gekomen, in hoeverre de Lichtenberg Horizon van Lanaye gekorreleerd zou mogen worden met de Lichtenberg Horizon van de ENCI. In ieder geval zijn er argumenten aangevoerd (geornamenteerde ostracoden, foraminiferen) om Lichtenberg van Lanaye te vergelijken met St. Pieter van de ENCI. Om dit probleem beter te kunnen beoordelen is het profiel van de ENCI ook vergeleken met dat van Lanaye/Vogelreservaat. Dit laatste ligt ongeveer 1.5 km ten zuiden van Lanaye en 5 km ten zuiden van de ENCI. De afzettingen in Lanaye/Vogelreservaat lopen volgens de lithostratigrafische interpretatie van W.M. FELDER (1978) van vuursteenlaag 21 (in het profiel van Lanaye volgens geornamenteerde ostracoden en foraminiferen te korreleren met het onderste deel van de Valkenburg Kalk in de ENCI) tot aan de Romontbos Horizon. Dit laatste niveau zou volgens het bioklasten- en ostracodenonderzoek op verschillende wijze geïnterpreteerd zijn in de Dolekamer en in de ENCI. Op grond van de lithostratigrafische interpretatie (figuur 10) zou het interval tussen Lichtenberg en Romontbos in Lanaye/Vogelreservaat sterk gekondenseerd zijn vergeleken met de in de ENCI.

Een oppervlakkige vergelijking van de lithologische profielen van deze twee ontsluitingen toont aan, dat er grote verschillen bestaan in de ontwikkeling van de vuursteenlagen. Ook is er geen eenduidige korrelatie mogelijk tussen de

verschillende horizons in beide profielen op grond van hun relatieve onderlinge afstand. Met behulp van bioklasten (bryozoa, crinoïden, en de

restgroep bestaande uit arthropoden en serpuliden) en geornamenteerde ostracoden is geprobeerd om deze afzettingen met elkaar te vergelijken.

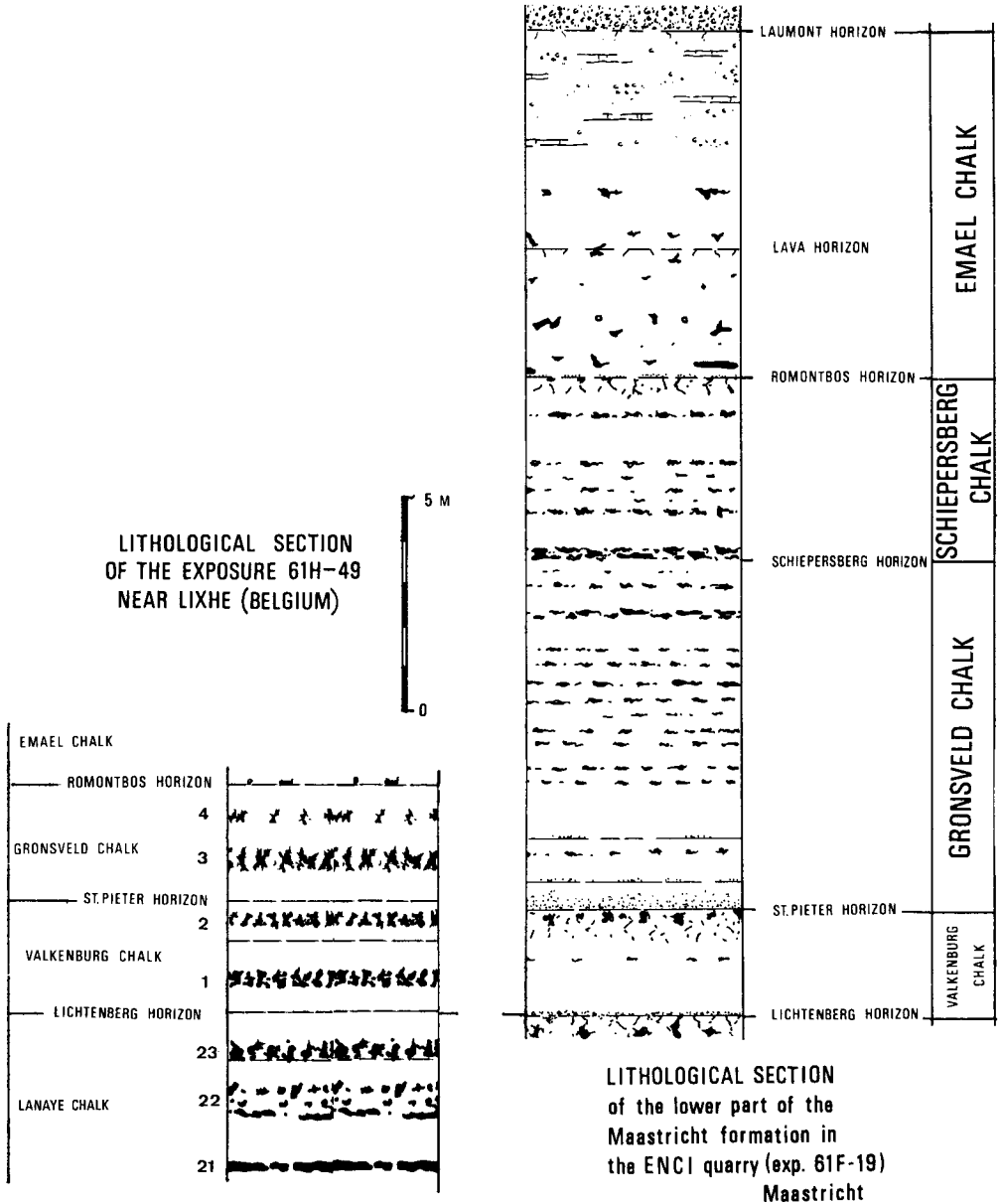


Fig. 10: Vergelijking van het lithologische profiel van Lanaye/Vogelreservaat (61H-49) tussen vuursteenlaag 21 en de Romontbos Horizon met het profiel van de ENCI tussen de horizon van Lichtenberg en Laumont. De lithostratigrafische indeling van deze afzettingen is volgens W.M. FELDER (1978).

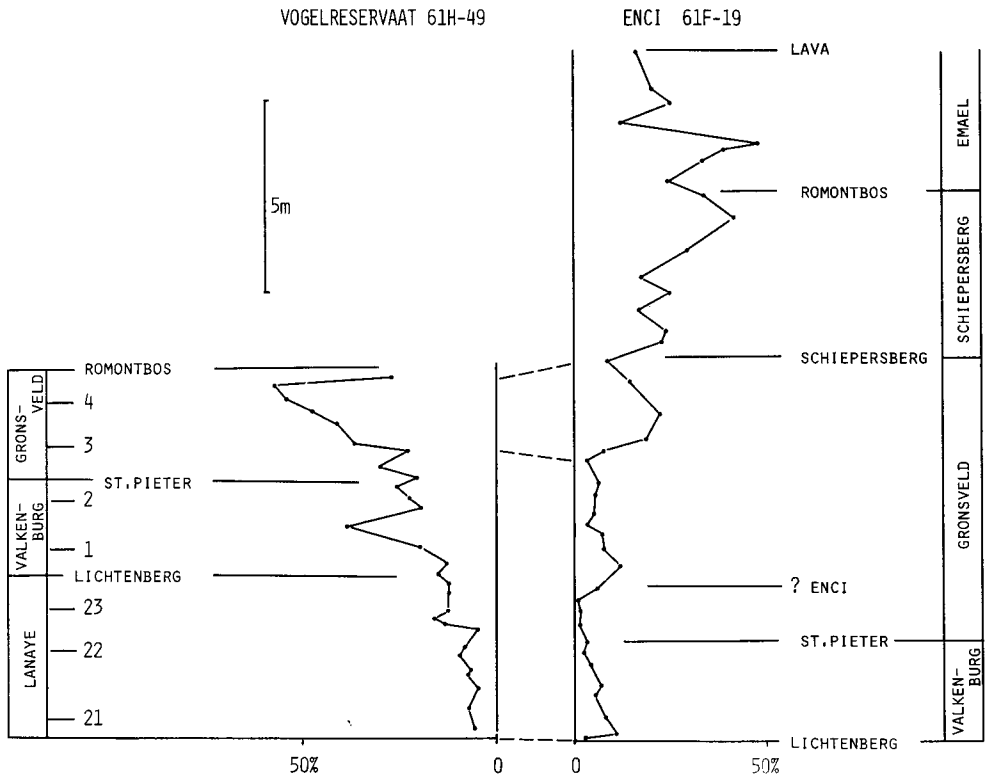


Fig. 11: Percentage-curven van de bryozoa in de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm in de profielen van Lanaye/Vogelreservaat (tussen vuursteenlaag 21 en de Romontbos Horizon) en de ENCI (tussen de horizons van Lichtenberg en Lava). De benamingen van de kalkpakketten en horizons zijn volgens W.M. FELDER (1978). De curven zijn spiegelbeeldig ten opzichte van elkaar uitgezet.

De bryozoa (figuur 11) vertonen in het profiel Lanaye/Vogelreservaat twee duidelijke maxima, één tussen Lichtenberg en St. Pieter en één vlak onder Romontbos. Beneden Lichtenberg komen in dit profiel alleen maar lagen waarden voor (minder dan 20%). De hoge piek onder Romontbos kan vergeleken worden met eenzelfde hoge piek onder Romontbos in de ENCI, maar de piek tussen Lichtenberg en St. Pieter heeft in de ENCI geen duidelijke tegenhanger. Indien men echter in het achterhoofd houdt, dat de vuursteenlaag 21 in dit profiel in het geval van Lanaye vlak boven Lichtenberg werd gesitueerd in de ENCI, zou de Romontbos Horizon in Lanaye/Vogelreservaat op een vergelijkbare afstand voorkomen boven vuursteenlaag 21 als de Schiepersberg Horizon voorkomt boven Lichtenberg in de ENCI. De bryozoa-piek onder Romontbos in Lanaye/Vogelreservaat zou dan mogelijk vergeleken kunnen worden met eenzelfde, maar lagere piek onder Schiepersberg in de ENCI.

Indien men ervan uitgaat, dat deze laatste correlatie korrekt is, blijkt er een vrijwel perfecte vergelijking mogelijk van de diagrammen voor de crinoïden, de restgroep en de geornamenteerde ostracoden (figuur 12). De crinoïden verdwijnen ongeveer 3 m boven vuursteenlaag 21 in Lanaye/Vogelreservaat en ongeveer 5 m boven Lichtenberg in de ENCI. Het crinoïden-maximum op 1.5 m boven vuursteenlaag 21 in Lanaye/Vogelreservaat zou vergeleken kunnen worden met eenzelfde maximum op 1.5 m boven vuursteenlaag 21 in Lanaye. Opmerkelijk is dan wel, dat de positie van Lichtenberg in beide profielen anders is ten opzichte van vuursteenlaag 21.

De restgroep begint in Lanaye/Vogelreservaat op ongeveer 7.5 m boven vuursteenlaag 21 boven de 1% uit te komen. In de ENCI is dit op 8.5 m boven Lichtenberg. Tussen het verdwijnen van de crinoïden en het optreden van de restgroep ligt in beide profielen ongeveer 4 m. In beide profielen liggen de percentages van dit

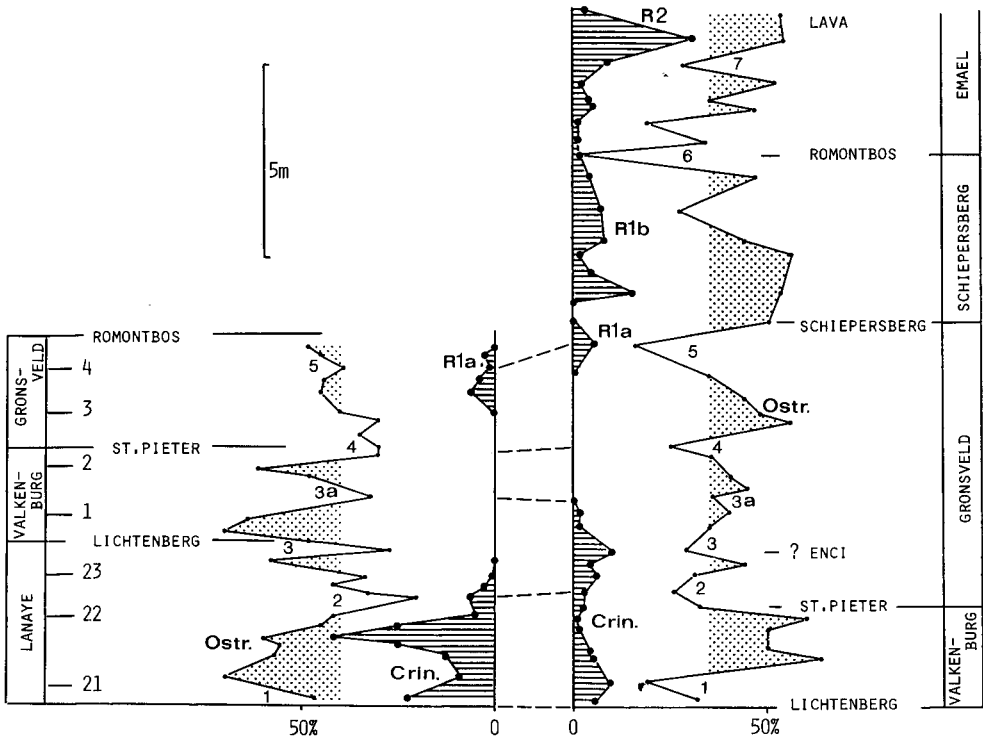


Fig. 12: Percentage-curven van de crinoïden (Crin.) en de restgroep arthropoden en serpuliden (R1a) in de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm, en van de geornamenteerde ostracoden (Ostr.) in de ostracoden-associaties van de profielen van Lanaye/Vogelreservaat (tussen vuursteenlaag 21 en de Romontbos Horizon) en de ENCI (tussen de horizons van Lichtenberg en Lava). De benamingen van de kalkpakketten en horizons zijn volgens W.M. FELDER (1978). De curven zijn spiegelbeeldig ten opzichte van elkaar uitgezet.

eerste optreden van de restgroep rond de 7%.

De percentage-curve van de geornamenteerde ostracoden komt in Lanaye/Vogelreservaat regelmatig boven de 35%, net zoals in de ENCI. Een vergelijking van de genummerde minima in deze curven (1 tot en met 5) suggereert, dat deze steeds op vergelijkbare afstand voorkomen van respectievelijk vuursteenlaag 21 in Lanaye/Vogelreservaat en Lichtenberg in de ENCI. De plaats van het derde minimum komt in het eerste profiel overeen met de Lichtenberg Horizon en in het tweede met de ?ENCI Horizon.

Ondanks de verschillen in de bioklasten- en ostracodendiagrammen lijken er voldoende argumenten beschikbaar om aan te nemen, dat er geen noemenswaardige veranderingen optreden in de dikte van de individuele sediment-pakketten tussen Lanaye/Vogelreservaat, Lanaye en ENCI. Er zijn voldoende aanwijzingen om de

volgende correlaties voor te stellen. Romontbos in Lanaye/Vogelreservaat is gelijk aan Schiepersberg in de ENCI. Lichtenberg in Lanaye/Vogelreservaat is gelijk aan ?ENCI in de ENCI en komt *niet* overeen met Lichtenberg in Lanaye. Lichtenberg in Lanaye is gelijk aan St. Pieter in de ENCI. En tenslotte is Lichtenberg van de ENCI te korreleren met een positie net onder vuursteenlaag 21 in Lanaye/Vogelreservaat, en net onder vuursteenlaag 20 in Lanaye.

Indien we de bioklasten- en ostracoden-diagrammen van Lanaye en Lanaye/Vogelreservaat combineren tot één profiel, en wel zodanig dat het crinoïden-maximum boven vuursteenlaag 21 in beide profielen dekkend wordt gelegd, dan is een vergelijking mogelijk tussen dit profiel en dat van de ENCI voor de afzettingen boven de Nivelle Horizon (figuur 13). Daaruit blijkt, dat de afstand tussen Nivelle en Romontbos in Lanaye en Lanaye/Vogelreservaat exakt gelijk is

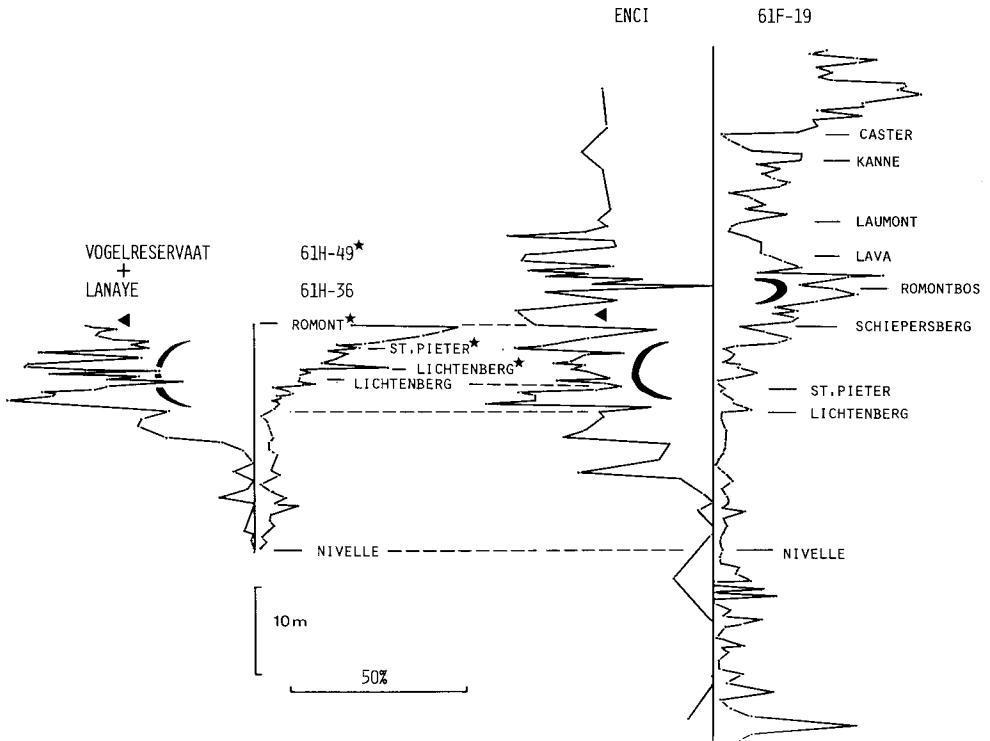


Fig. 13: Vergelijking van de percentage-curven van geornamenteerde ostracoden in de ostracoden-associaties (links van de as uitgezet) en van de bryozoa in de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm (rechts van de as uitgezet) in de profielen van Lanaye/Vogelreservaat en Lanaye enerzijds en van de ENCI anderzijds. De aangeduide benamingen van de horizons zijn volgens W.M. FELDER (1978). Met behulp van symbolen (zwarte driehoek en zwarte maansikkels) zijn vergelijkbare delen in de curven aangeduid. 'Romont' in Lanaye/Vogelreservaat staat voor de Romontbos Horizon in dat profiel volgens W.M. FELDER (1978). De gegevens van de bioklasten in de ENCI boven Caster zijn van FRINGS (1978), en tussen Laumont en Caster van MULDER (1979).

aan die tussen Nivelles en Schiepersberg in de ENCI, en dat de diagrammen van de verschillende bioklasten (in figuur 13 is bij wijze van voorbeeld de bryozoa-curve genomen) en geornamenteerde ostracoden in grote lijnen met elkaar overeenkomen, in ieder geval in grotere mate dan de variatie in de vuursteen-ontwikkeling en de plaatsing van de onderscheiden horizons binnen dit interval doen vermoeden.

Als we nu aannemen, dat de hier voorgestelde korrelaties tussen de ENCI, Lanaye en Lanaye/Vogelreservaat korrekt zijn heeft dit uiteraard grote konsekwenties. De Lichtenberg Horizon, de scheiding tussen de Gulpen en Maastricht formaties, zou dan niet langer een in het veld herkenbare, dus karteerbare, horizon zijn. Het hoogste deel van de Gulpen Formatie, oftewel het hoogste deel van de Lanaye Kalk, zou in de type-lokaliteit (61H-36) overeenkomen met het

onderste deel van de Maastricht Formatie in het type-profiel onder de Hoeve Lichtenberg in de ENCI (61F-19). Met andere woorden, de benamingen Gulpen Formatie en Maastricht Formatie zouden voor een deel equivalent zijn.

Volgens dezelfde redenering zou men op grond van veldkenmerken ook geen afzonderlijke lithologische eenheden, noch de horizons ertussen kunnen onderscheiden. Dit zou betekenen, dat de huidige lithostratigrafische indeling van dit deel van de Boven-Krijt-afzettingen onbruikbaar is voor de geologische kartering!

Aangezien de thans door de Rijks Geologische Dienst gehanteerde lithostratigrafische indeling van het Boven-krijt niet het produkt is van één persoon (W.M. FELDER, 1975), maar veeleer een uitgebalanceerde combinatie van alle tot dan toe verkregen onderzoeksresultaten, lag het voor de hand om te denken aan een merkwaardig toeval, waardoor de bioklasten- en ostracoden-diagram-

men van de vier hierboven beschreven ontsluitingen op elkaar lijken. Om deze mogelijkheid met enige mate van zekerheid te kunnen uitsluiten leek het gewenst om andere profielen uit een vergelijkbaar stratigrafisch interval met de thans onderzochte, en met name met dat van de ENCI te vergelijken.

Korrelatie ENCI-Nekami

Daarbij is de keuze allereerst gevallen op de Nekami, een grote kalksteengroeve op ongeveer 9 km ten Oosten van de ENCI. Deze ontsluiting is mede uitgekozen omdat deze ligt op de overgang van de zogenaamde Maastricht facies en Kunrader facies volgens het foraminiferen-onderzoek. In plaats van de foraminiferen-associ-

ties, die de zones G, H en I kenmerken in het gebied rond Maastricht, komt hier een associatie voor, welke de zone J. VAN HOFKER (1966) in de Kunrader facies karakteriseert. Hogerop in het profiel duidt de aanwezigheid van de foraminiferen-zones K en L erop, dat deze sedimenten in de Maastricht facies zijn afgezet. In hoeverre de grenzen tussen de zones F en J en tussen J en K overeenkomen met de grenzen tussen de zones F en G (of F en H) en tussen I en K is niet helemaal zeker. Een vergelijking tussen de ENCI en de Nekami is ook interessant omdat volgens de lithostratigrafische interpretatie van W.M. FELDER (1978) de Gronsveld Kalk in de laatste ontsluiting aanmerkelijk dunner zou zijn dan in de ENCI, terwijl de Valkenburg Kalk hier juist veel dikker zou zijn.

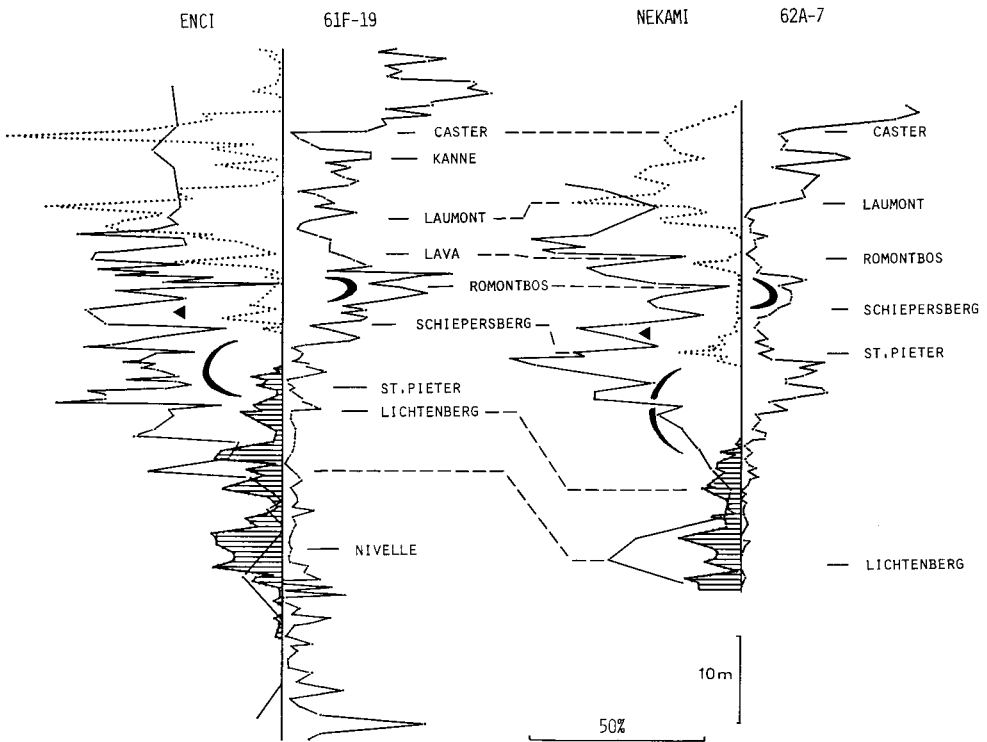


Fig. 14: Vergelijking van de profielen van de ENCI en de Nekami met behulp van enkele componenten uit de bioklasten-fraktie 1.0-2.4 mm en van de geornamenteerde ostracoden uit de ostracoden-associaties. De curve van de geornamenteerde ostracoden is de getrokken lijn links van de as. De stippellijn links van de as is de percentage-curve van de restgroep (arthropoden en serpuliden). De met een horizontale arcering aangeduide percentage-curve van de crinoïden is eveneens links van de as uitgezet. Rechts van de as staat de percentage-curve voor de bryozoa. Met behulp van symbolen (zwarte driehoek en zwarte maansikkels) zijn vergelijkbare delen in de curven aangeduid. Deze symbolen zijn ook toegepast in de figuren 13 en 16. De benamingen van de horizons zijn volgens W.M. FELDER (1978). De gegevens van de bioklasten in de ENCI boven Caster zijn van FRINGS (1978), en tussen Laumont en Caster van MULDER (1979). De gegevens van de bioklasten in de Nekami zijn van SCHENK (1971), REUBSAET & SKRABANJA (1980) en BRAAT (1983).

Voor de korrelatie tussen beide ontsluitingen is weer gebruik gemaakt van de percentage-curven van de bryozoa, de crinoïden, de restgroep (bestaande uit arthropoden en serpuliden) en de geornamenteerde ostracoden (figuur 14).

De bryozoa vertonen in beide profielen een uitgesproken maximum (tot ruim 50%) net boven de Caster Horizon. Tussen Laumont en Caster komen in beide profielen enkele samengestelde pieken voor met waarden tussen de 20 en 30%, die in de Nekami iets meer geprononceerd zijn. Het in de ENCI aanwezige maximum tussen Schiepersberg en Lava (maxima ruim 40%) is in de Nekami minder sterk ontwikkeld (maxima rond de 15%) en gelegen tussen Schiepersberg en Romontbos. Op grond van dit gegeven zou een korrelatie tussen de Lava Horizon in de ENCI en de Romontbos Horizon van de Nekami voor de hand liggen. De samengestelde piek onmiddellijk beneden St. Pieter in de Nekami (maxima rond 20%) is op grond van dit gegeven alléén niet te vergelijken met het bryozoa-diagram van de ENCI. In combinatie met de gegevens van de restgroep en de ostracoda kan deze echter vergeleken worden met een kleine piek (maximum ruim 20%) onmiddellijk onder Schiepersberg in de ENCI.

De restgroep bestaande uit arthropoden en serpuliden komt in de ENCI in grote aantallen voor in het bovenste deel van het profiel. Zeer duidelijke maxima bevinden zich rond Caster (80%!) en Laumont (50-70%). Kleinere pieken komen overeen met Lava (30%) en Schiepersberg (18%), en ook met Kanne (20%). In de Nekami vinden we een vergelijkbaar beeld. Uitgesproken maxima zijn hier te vinden bij Caster (ruim 20%) en Laumont (50%), terwijl de piek daartussen mogelijk de plaats aangeeft, waar Kanne zou kunnen liggen. Twee kleinere pieken komen overeen met Romontbos (ruim 10%) en St. Pieter (18%). Deze laatste twee suggereren dat Romontbos van de Nekami overeenkomt met Lava van de ENCI, terwijl St. Pieter van de Nekami het equivalent zou kunnen zijn van Schiepersberg in de ENCI.

De crinoïden zijn in beide profielen alleen van betekenis in het interval onder dat, waar de bryozoa regelmatig waarden van 20% en meer bereiken en onder het interval, waarin de restgroep regelmatig boven de 10% uitstijgt. De top van het voorkomen van de crinoïden (althans waar deze regelmatig boven de 1% uitkomen) ligt in de ENCI ongeveer 1 m onder de bryozoa-piek onmiddellijk onder Schiepersberg en in de Nekami ongeveer 2 m onder de daarmee gekorreleerde (samengestelde) piek onmiddellijk onder St. Pie-

ter. De verdeling van de verscheidene kleinere maxima in de crinoïden-curve vertoont in beide profielen een opmerkelijke overeenkomst. Op grond daarvan lijkt het voor de hand te liggen om de positie van St. Pieter en Lichtenberg in de ENCI te plaatsen in de bovenste 5-8 m van de crinoïden-curve in de Nekami. De Lichtenberg Horizon in de Nekami zou op grond van dezelfde overwegingen gekorreleerd moeten worden met een minimum in de crinoïden-curve halverwege de Lanaye Kalk in de ENCI.

De percentage-curve van de geornamenteerde ostracoden wordt in beide ontsluitingen gekenmerkt door een afwisseling van maxima en minima. Een uitgesproken minimum in de ENCI ter hoogte van de Romontbos Horizon (gelegen tussen twee kleine restgroep-pieken en overeenkomend met een bryozoa-maximum) kan met redelijke zekerheid gekorreleerd worden met een vergelijkbaar minimum (in een vergelijkbare context) in de Nekami tussen de horizons van Schiepersberg en Romontbos. Een aantal duidelijke maxima rond St. Pieter en Lichtenberg in de ENCI kon niet teruggevonden worden in de Nekami. Maar een duidelijke piek halverwege de Lanaye Kalk in de ENCI komt waarschijnlijk overeen met een uitgesproken maximum rond Lichtenberg in de Nekami.

De diagrammen van de bioklasten en de geornamenteerde ostracoden bevestigen dus de korrelatie tussen de horizons van Caster en Laumont in de ENCI en Nekami. Voor de afzettingen onder Laumont wijkt de hier voorgestelde korrelatie echter af van de lithostratigrafische interpretatie. Juist in dit gedeelte van de profielen treedt een verandering op in de samenstelling van de foraminiferen-associaties. Daarom is een korrelatie op basis van grenzen tussen niet vergelijkbare associaties (in de ENCI de grenzen tussen F, G en H; in de Nekami tussen F en J) niet zonder verdere aanwijzingen mogelijk. De top van zone F behoeft namelijk niet dezelfde te zijn in beide profielen! Een vergelijking van de verticale verbreiding van individuele soorten leert wel, dat de korrelatie van Schiepersberg in de ENCI met St. Pieter in de Nekami waarschijnlijk korrekt is. Daaronder verdwijnen namelijk in beide profielen de foraminiferen *Gaudryina supracretacea* en *Praeulimina quadrata* (figuur 15). Opmerkelijk is overigens ook, dat *Bolivinoidea gigantea* in het Nekami-profiel beperkt is tot de onderste crinoïden-piek onmiddellijk onder Lichtenberg. Deze piek is hier gekorreleerd met een soortgelijk maximum rond de vuursteenlagen 9 en 10 in de ENCI en in Lanaye (figuur 14 en figuur 9). In Lanaye is het hoogste voorkomen van *B. gigantea* bij vuursteenlaag 9!

NEKAMI 62A-7

DOLEKAMER 62A-163

ENCI 61F-19

— ST. PIETER —

— BASIS GROT —

— SCHIEPERSBERG —

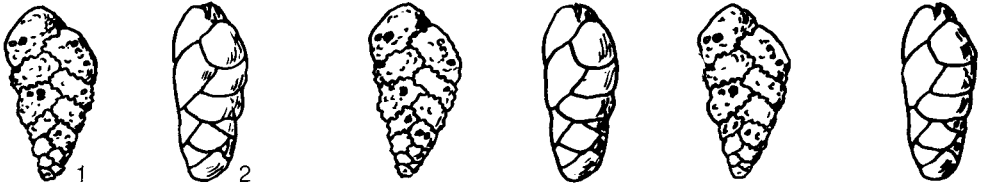
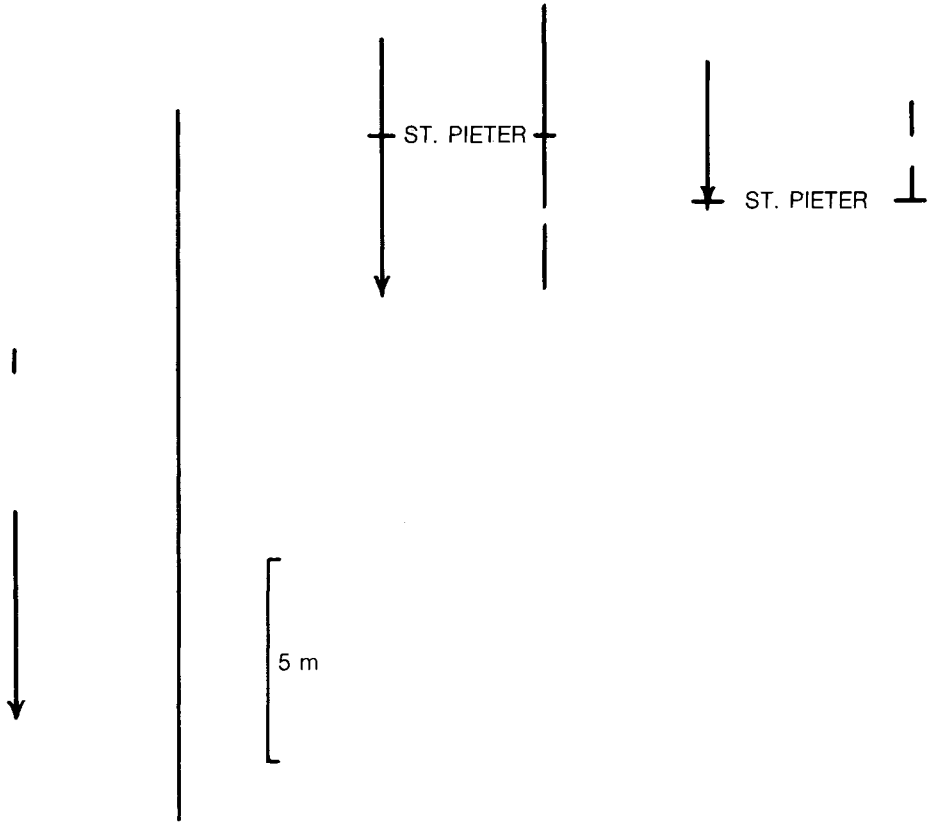


Fig. 15: Vergelijking van de stratigrafische verbreiding van de foraminiferen *Gaudryina supracretacea* en *Praebulimina quadrata* in de ENCI, de Dolekamer en de Nekami. Deze soorten verdwijnen in deze profielen onder Schiepersberg in de ENCI, onder de basis van de gangen of grotten in de Dolekamer, en onder St. Pieter in de Nekami. Vergelijk deze gegevens met de korrelaties in figuur 5-7 en in figuur 14. 1: *Gaudryina supracretacea*, 2: *Praebulimina quadrata*.

Indien de korrelatie tussen de ENCI en de Nekami met behulp van bioklasten en ostracoden korrekt is, blijkt de dikte van de individuele laagpakketten vrijwel gelijk te blijven tussen deze ontsluitingen. De grootste verandering is de toename van de dikte van het bovenste deel van de Gronsveld Kalk in de ENCI in de richting van de Nekami. Deze is gedocumenteerd door de bryozoa-piek onder respectievelijk Schiepersberg in de ENCI en St. Pieter in de Nekami.

De vergelijking tussen de ENCI en de Nekami leert ook, dat er - zoals te verwachten was - laterale veranderingen kunnen optreden in de samenstelling van de bioklasten-, ostracoden- en foraminiferen-associaties, en dus in de aard van de sedimenten, waarvan deze (een belangrijk) deel uitmaken. Maar door een gekombineerd toepassen van verschillende criteria lijkt een gedetailleerde korrelatie zeer wel mogelijk te zijn.

Korrelatie Nekami-Kunderberg

Ongeveer 10 km ten Noord-Oosten van de Nekami ligt de oude groeve Kunderberg bij Kunrade. Hier zijn de kalkstenen van het Maastrichtien geheel ontwikkeld in de zogenaamde Kunrader facies. Deze vertonen een cyclische afwisseling van harde en zachte kalksteenbanken.

Bovenin het profiel van de Kunderberg komt de 'Koraalkalk van Kunraad' voor, zo genoemd door STARING (1860). Deze laag is dezelfde als de Bryozoënlager van Kunraad (XVIII) van UBAGHS (1887). Volgens W.M. FELDER (1977) is de Koraalkalk van Kunraad het equivalent van de Romontbos Horizon. Deze korrelatie kan niet bevestigd worden met behulp van foraminiferen, omdat de associaties van de Kunderberg grotendeels behoren tot zone O van HOFKER (1966).

De percentage-curve van de bryozoa (figuur 16) wordt in de Kunderberg gekarakteriseerd door twee duidelijke pieken, waarvan de bovenste (uiteraard) samenvalt met de Koraalkalk (oftewel de Bryozoënlager) van Kunraad. Crinoiden komen in dit profiel vrijwel niet voor, zoals al te verwachten was. De restgroep, bestaande uit arthropoden en met name serpuliden, komt in lage percentages in alle monsters voor. Alleen aan de basis van het profiel is een duidelijke piek (20%) waar te nemen. De combinatie van lage waarden voor de restgroep met de grote bryozoa-piek van de Koraalkalk van Kunraad is in de Nekami gevonden tussen de horizons van Schiepersberg en Romontbos, en in de ENCI tussen de horizons van Schiepersberg en Lava. In de EN-

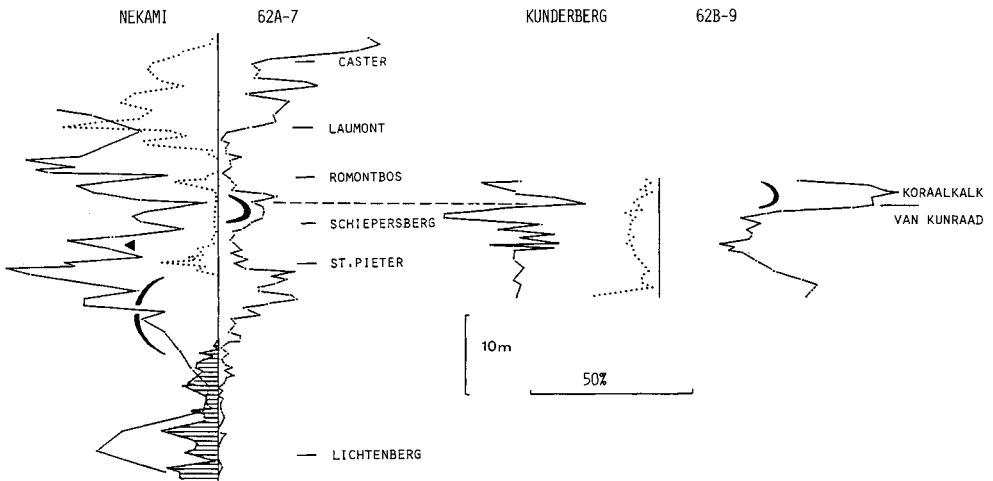


Fig. 16: Vergelijking van de profielen van de Nekami en de Kunderberg met behulp van enkele componenten uit de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm en van de geornamenteerde ostracoden uit de ostracoden-associaties. De curve van de geornamenteerde ostracoden is de getrokken lijn links van de as. De stippellijn links van de as is de percentage-curve van de restgroep (arthropoden en serpuliden). Rechts van de as staat de percentage-curve voor de bryozoa. Met gehulp van symbolen (zwarte driehoek, zwarte maansikkels) zijn vergelijkbare delen in de curven aangeduid in deze figuur, alsook in de figuren 13, 14 en 17. De benamingen van de horizons in de Nekami zijn volgens W.M. FELDER (1978). De naam Koraalkalk van Kunraad is van STARING (1860). De gegevens van de bioklasten in de Kunderberg zijn ontleend aan WEYS (1967), die van de Nekami aan SCHENK (1971), REUBSAET & SKRABANJA (1980) en BRAAT (1983).

CI komt de bryozoa piek overeen met de Romontbos Horizon. Dit bevestigt dus de lithostratigrafische korrelatie van W.M. FELDER (1977).

De percentage-curve van de geornamenteerde ostracoden wordt gekenmerkt door regelmatig hoge waarden rond 40%. Een uitgesproken minimum in het bovenste deel van het diagram zou gekorreleerd kunnen worden met een soortgelijk minimum in de Nekami en in de ENCI. In de laatste ontsluiting valt dit minimum samen met de Romontbos Horizon. Ook het ostracoden-diagram ondersteunt dus de korrelatie van W.M. FELDER (1977).

Volgens de hier gesuggereerde korrelatie treedt geen noemenswaardige verandering op in de dikte van de laagpakketten tussen de Nekami en de Kunderberg.

Korrelatie Nieuwerkerken-Hoepertingen

De sedimenten van het Maastrichtien zijn in de buurt van St. Truiden onderzocht in twee

boringen, Nieuwerkerken en Hoepertingen, die op een afstand van respectievelijk 30 en 25 km ten Westen van de ENCI liggen. In beide boringen zijn de bioklasten-, ostracoden- en foraminiferen-associaties onderzocht (figuur 17).

De percentage-curven van de bryozoa vertonen in Nieuwerkerken en Hoepertingen eenzelfde beeld. Daarbij valt een duidelijk maximum op, in Nieuwerkerken tussen 107 en 112 m, in Hoepertingen tussen 44 en 50 m. Daaronder en ook daarboven komen enkele kleinere pieken voor. Volgens het foraminiferen-onderzoek zijn de grote bryozoa-maxima te plaatsen in de zone K van HOFKER (1966). Karakteristieke soorten zijn *Pseudoparrella alata*, *Pararotalia tuberculifera* en *Daviesina fleuriausi*. De foraminiferen-zone K kenmerkt de kalklagen tussen Lava en Caster in de ENCI. Op grond hiervan moeten deze maxima vergeleken worden met de pieken in het bryozoa-diagram tussen Laumont en Caster in de ENCI en in de Nekami. De kleinere piek

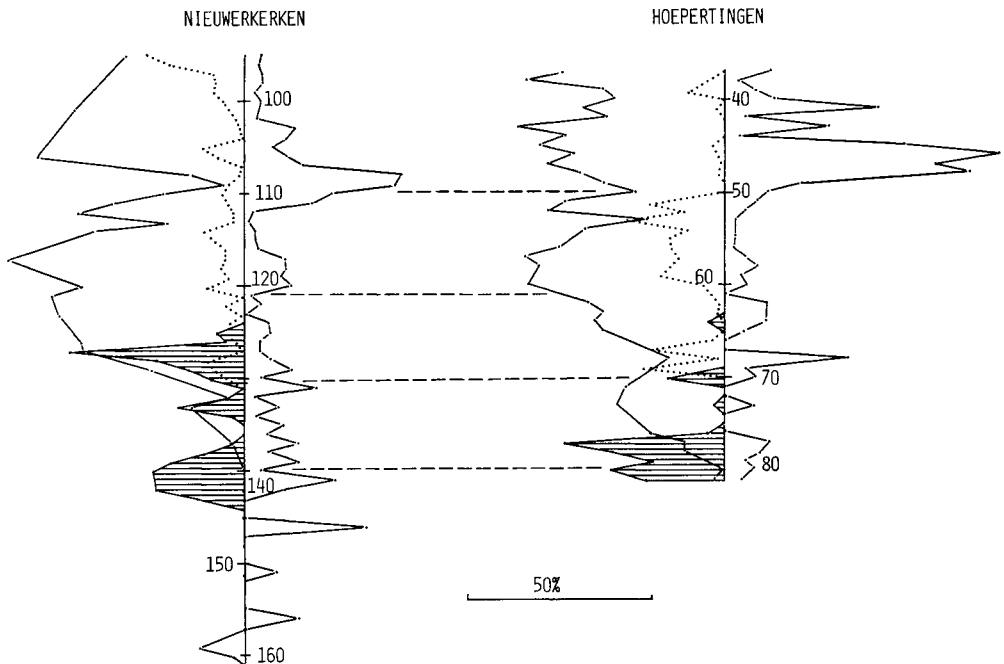


Fig. 17: Vergelijking van de profielen van de boringen Nieuwerkerken en Hoepertingen met behulp van enkele componenten uit de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm en van de geornamenteerde ostracoden uit de ostracoden-associaties. De curve van de geornamenteerde ostracoden is de getrokken lijn links van de as. De stippellijn links van de as is de percentage-curve van de restgroep (arthropoden en serpuliden). De met een horizontale arcering aangeduide percentage-curve van de crinoïden is eveneens links van de as uitgezet. Rechts van de as staat het bryozoa-diagram. De zwarte maansikkel in het bryozoa-diagram geeft vergelijkbare delen in de curve aan, die te korreleren zijn met eenzelfde piek in de ENCI en Nekami (figuur 14) en in de Kunderberg (figuur 16).

onder deze maxima (in Nieuwerkerken tussen 116 en 121 m en in Hoepertingen tussen 56 en 61 m) wordt gekenmerkt door foraminiferen (*Gavelinopsis involuta*, *Nonionella troostae*, *Sigmomorphina soluta*, *Allomorphina halli*) van zone J. Op grond hiervan lijkt een korrelatie met een soortgelijke piek tussen Schiepersberg en Romontbos in de Nekami, en tussen Schiepersberg en Lava in de ENCI waarschijnlijk.

De restgroep (arthropoden en vooral serpuliden) komt in Nieuwerkerken hoofdzakelijk voor in het bovenste deel van het profiel (tussen 95 en 130 m). De percentage-curve vertoont verschillende kleinere pieken van ongeveer 10%. Alleen aan de top van het profiel (95-96 m) komt een duidelijk maximum (20-26%) voor. Volgens de gevonden foraminiferen (*Rotalia trochidiformis*, *Tremastegina roestae*, *Rotorbinella mariei*, *Daviesina fleuriausi*, *Nummofallotia cretacea*) behoort deze piek in zone L geplaatst te worden. Daarom ligt een korrelatie van deze piek met een soortgelijke piek rond Caster in de ENCI en in de Nekami voor de hand. Twee kleinere pieken bij 114 en 120 m, respectievelijk aan de top en aan de basis van een kleine bryozoa-piek, zouden overeen kunnen komen met vergelijkbare pieken bij Lava en bij Schiepersberg in de ENCI, en bij Romontbos en St. Pieter in de Nekami.

De percentage-curve van de restgroep in Hoepertingen is in het hoogste deel van het profiel minder geprononceerd dan in Nieuwerkerken. Een kleine piek (10%) bij 39 m zou mogelijk een equivalent kunnen zijn van de kleine piek bij 99 m in Nieuwerkerken, en bij Kanne in de ENCI (en in de Nekami?). De samengestelde piek tussen 50 en 60 m komt (misschien met uitzondering van het hoogste maximum bij 51 m) overeen met de pieken tussen 113 en 121 m in Nieuwerkerken, en met de samengestelde lage piek in de Kunderberg. Tenslotte is de afstand tussen de onderzijde van het bryozoa-maximum en het begin van de restgroep-curve in Hoepertingen ongeveer gelijk aan dat in Nieuwerkerken (ongeveer 20 m).

De crinoïden-curve is in Nieuwerkerken beperkt tot het interval 124-144 m. Volgens het foraminiferen-onderzoek komt dit overeen met de basis van zone J, met zone F en met de bovenste helft van zone E. Het aantal pustulae op de laatste kamer van *Bolivinoides australis* bedraagt bij 144 m gemiddeld 6.6. Dit aantal varieert volgens HOFKER (1966) van 6.0 aan de basis tot 7.0 aan de top van zone E. Het ligt voor de hand om dit interval met duidelijke pieken in het crinoïden-diagram te vergelijken met een-

zelfde interval in de ENCI, waarvan de top daar vlak boven St. Pieter ligt, en de basis ongeveer 10 m onder Nivelles. De geringe dikte van dit interval in Nieuwerkerken (20 m tegenover ongeveer 30 m in de ENCI) kan waarschijnlijk verklaard worden door de geringe dikte van zone F (6 m in Nieuwerkerken tussen 127 en 133 m, tegenover bijna 16 m in de ENCI tussen Nivelles en Lichtenberg).

Ook in Hoepertingen komen de crinoïden alleen in het diepere deel van het profiel voor, namelijk tussen 63 en 81 m. Het gemiddelde aantal pustulae op de laatste kamer van *Bolivinoides australis* bedraagt bij 81 m 6.2. Hoewel dit iets lager is dan het gemiddelde bij 144 m in Nieuwerkerken lijkt een korrelatie tussen deze punten toch voor de hand te liggen op grond van de overkomst in crinoïden-maxima (beide ruim boven 20%). De kleine crinoïden-piek bij 69 m in Hoepertingen lijkt het equivalent te zijn van de piek bij 133 m in Nieuwerkerken. Beide liggen 2 m onder een klein bryozoa-maximum.

Opvallend is het gegeven, dat het bovenste deel van de crinoïden-curve in beide boringen samenvalt met het onderste deel van de restgroep-curve. Misschien komt dit door de sterke condensatie van de profielen. De totale dikte van de foraminiferen-zones F en J bedraagt hier ongeveer 24 m tegenover meer dan 40 m in de Nekami.

Het aantal geornamenteerde ostracoden in de ostracoden-associaties (figuur 17) is relatief hoog in het bovenste deel van de onderzochte profielen (regelmatig uitstijgend boven de 40-50%). Naar beneden toe nemen de percentages duidelijk af tot vrijwel 0% bij 140 m in Nieuwerkerken en bij 80 m in Hoepertingen. De verticale afstand tussen dit 'nulpunt' in het ostracoden-diagram en de basis van het bryozoa-maximum is in beide profielen vrijwel dezelfde (respectievelijk 28 m en 30 m). Op ongeveer 27 m en 30 tot 31 m boven deze nulpunten treden in beide profielen twee kleine minima op in de ostracoden-curven (bij 109 en 113 m in Nieuwerkerken en bij 50 en 53 m in Hoepertingen).

Het lijkt aannemelijk om dit nulpunt te vergelijken met een soortgelijk nulpunt ongeveer 9 m onder Nivelles in de ENCI.

Samenvattend kan gesteld worden, dat de bioklasten- en ostracoden-diagrammen in Nieuwerkerken en Hoepertingen in vele opzichten met elkaar te vergelijken zijn, een vergelijking die door het foraminiferen-onderzoek ondersteund wordt. Een korrelatie van deze profielen met die van de ENCI en de Nekami lijkt in grote lijnen

eveneens mogelijk, alhoewel een aantal veranderingen optreedt in de samenstelling van de sedimenten en de dikte van de individuele laagpakketten. Deze veranderingen in samenstelling en dikte kunnen echter gering genoemd worden, indien we bedenken, dat er tussen Nieuwerkerken in het Westen en de Kunderberg in het Oosten een afstand van ruim 50 km ligt! De hier onderzochte voorbeelden maken ook duidelijk, dat de gevonden overeenkomsten tussen de bioklasten- en ostracoden-diagrammen niet op een merkwaardig toeval berusten, maar veeleer het resultaat zijn van (ondanks alle verschillen) zeer uniforme omstandigheden waaronder deze sedimenten zijn afgezet.

Voorzover er tussen de hierboven beschreven profielen ecostratigrafische korrelatielijnen zijn getrokken of aangeduid, blijken deze vrijwel parallel te lopen aan de horizons van Laumont (top van de Emael Kalk) en/of Nivelles (basis van de Lanaye Kalk). Afwijkingen tussen de ecostratigrafische en lithostratigrafische interpretaties kunnen dus in grote lijnen gelokaliseerd worden tussen twee lithostratigrafisch en ecostratigrafisch goed herkenbare horizons (figuur 18). De verschillen tussen de ecostratigrafische en lithostratigrafische indeling van het interval Nivelles-Laumont lijken daarom niet verklaard te kunnen worden door de aanname dat de ene set van korrelatielijnen diachroon zou lopen ten opzichte

LANAYE/ VOGEL- RESERVAAT	LANAYE	ENCI	DOLEKAMER	NEKAMI
		Caster		Caster
		Laumont	Laumont	Laumont
		Lava	Romontbos	Romontbos
		Romontbos	Schiepersberg	—
Romontbos		—	—	Schiepersberg
St. Pieter		Schiepersberg	—	St. Pieter
Lichtenberg		—	—	—
	Lichtenberg	?ENCI	St. Pieter	—
	Vuursteen 20	St. Pieter	—	—
	Vuursteen 9	Lichtenberg	Lichtenberg	—
	Nivelles	Vuursteen 9		Lichtenberg
		Nivelles		

LANAYE/ VOGEL- RESERVAAT	LANAYE	ENCI	DOLEKAMER	NEKAMI
		Nekum		Nekum
		Emael	Emael	Emael
		Schiepersberg	Schiepersberg	Schiepersberg
Schiepersberg		Schiepersberg	Gronsveld	Gronsveld
Gronsveld		Gronsveld		Valkenburg
Valkenburg		Valkenburg	Valkenburg	
Lanaye	Lanaye	Valkenburg		Lanaye
		Lanaye		

Fig. 18: Korrelatie van horizons (bovenste deel) en laagpakketten (onderste deel) tussen de Nivelles Horizon aan de basis van de Lanaye Kalk (Gulpen Formatie) en de Caster Horizon aan de basis van de Meeressen Kalk (Maastricht Formatie) in enkele profielen van Zuid-Limburg en Noord-Oost België met behulp van bioklasten en ostracoden.

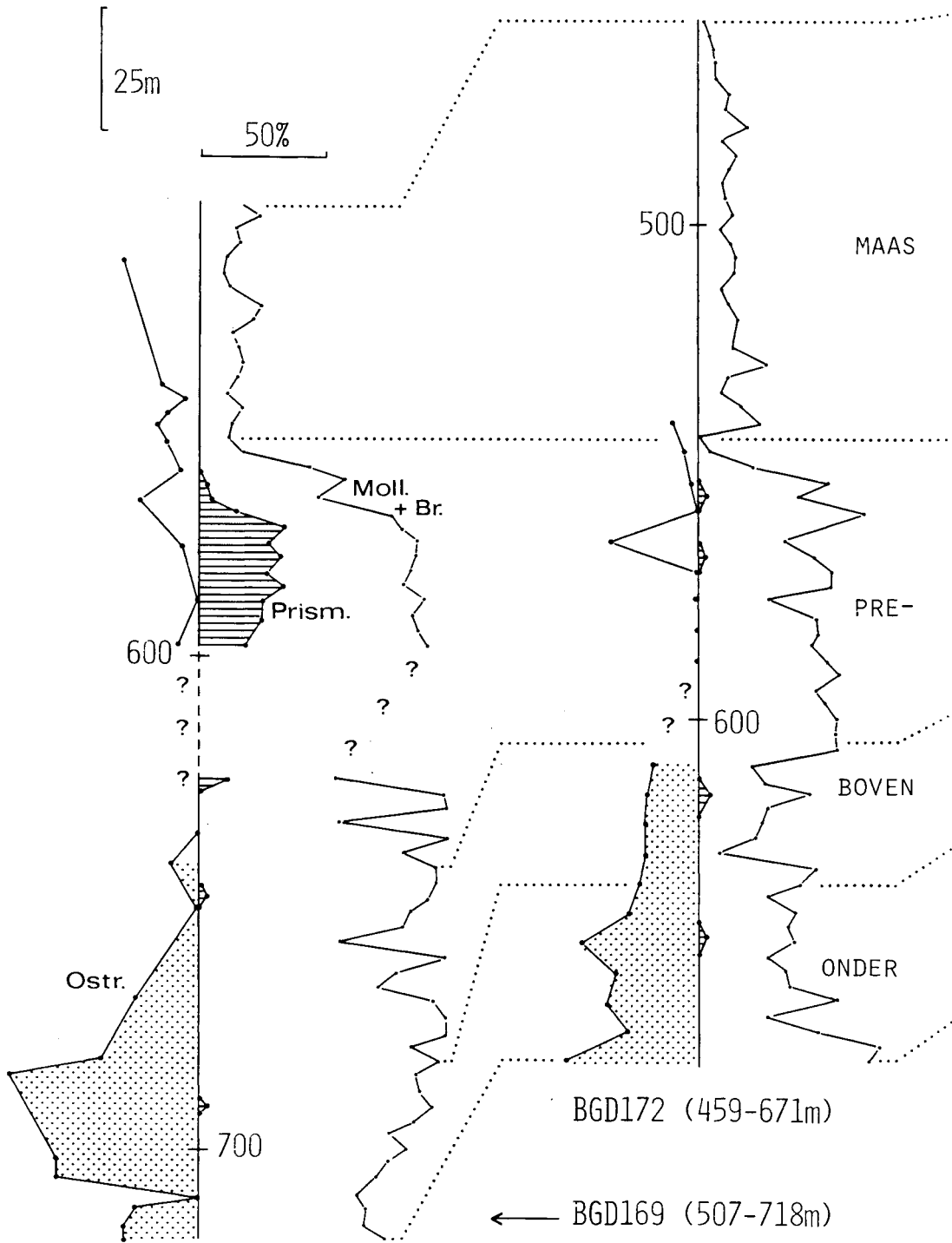
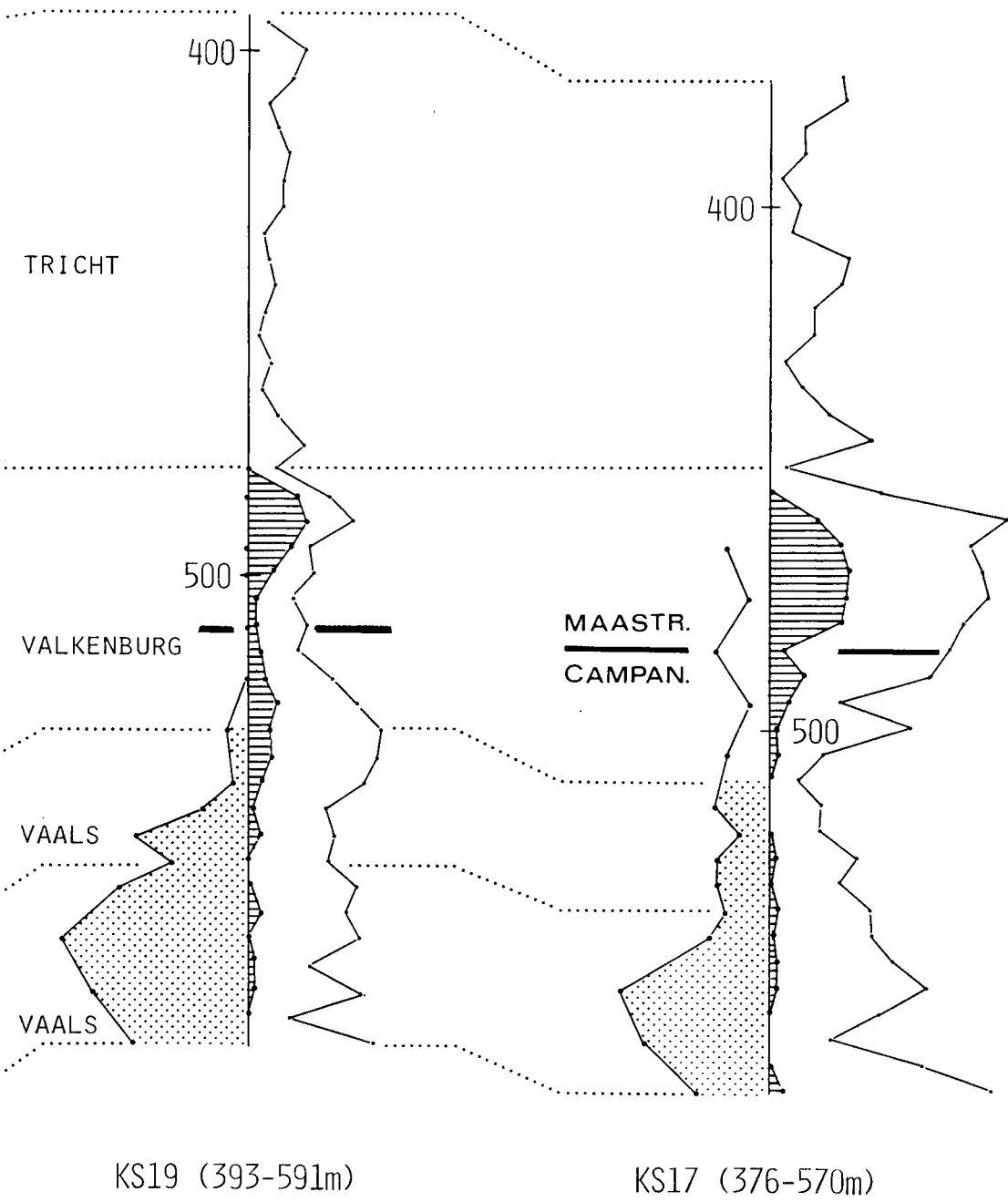


Fig. 19: Vergelijking van bioklasten- en ostracoden-diagrammen in de boringen BGD169, BGD172, KS19 en KS17. Links van de as is de percentage-curve uitgezet van de geornamenteerde ostracoden. Het deel van de profielen, waarin de geslachten *Cythereis*, *Pterygocythere* en *Venia* regelmatig optreden, is gestippeld aangegeven. Rechts van de as staat de percentage-curve van de mollusken plus brachiopoden (Moll. + Br.). Het diagram van de prismatische pelecypoden (Prism.) is gearceerd. De term Maastricht is hier gehanteerd in de



betekenis van de Nekami en dient als facies-begrip te worden beschouwd. De Pre-Valkenburg afzettingen zijn waarschijnlijk equivalent aan een deel van de Gulpen Formatie. De Vaals Formatie is met behulp van petrofysische boorgatmetingen opgesplitst in een Onder-Vaals en Boven-Vaals. De horizontale balk geeft de met behulp van foraminiferen bepaalde grens Campanien-Maastrichtien aan.

van de andere. Deze verschillen schijnen geheel veroorzaakt te worden door verschillen in de kwaliteit van de criteria die gebruikt zijn om bepaalde laagpakketten of horizons te herkennen.

Uiteraard mag men op grond van de resultaten van het bioklasten- en ostracoden-onderzoek van de hierboven beschreven acht profielen niet tot de konklusie komen, dat de lithostratigrafische indeling in Zuid-Limburg (althans binnen het interval Nivelles-Laumont) dus niet klopt en overboord gezet zou moeten worden. Maar de hier en ook elders (P.J. FELDER, 1984, VAN DER ELSEN, 1985, P.J. FELDER et al., 1985) aangedragen argumenten lijken sterk genoeg om aan te dringen op een kritische herziening van de in deze regio gehanteerde lithostratigrafische indeling van de afzettingen van het Maastrichtien boven de Nivelles Horizon.

De Formatie van Vaals en Gulpen

Een oppervlakkige bestudering van de gepubliceerde gegevens over de formaties van Vaals en Gulpen leert, dat de eerste (in de Kempen en vroeger ook in Zuid-Limburg aangeduid als 'Hervens Krijt' of 'Hervens Groenzand') naar het Noord-Oosten toe (in de richting van de Roerdal Slenk) aanzienlijk dikker wordt, terwijl de Gulpen Formatie in dezelfde richting geheel uitwigt. De grens tussen het Campanien en het Maastrichtien is op grond van belemnieten en foraminiferen bepaald in de Gulpen Formatie aan de basis van de Beutenaken Kalk (ROBASYNSKI et al., 1985). Zowel in Zuid-limburg (JELETZKY, 1951) als in de Kempen (waar men het hoogste deel van de Vaals Formatie regelmatig als 'Craie de Spiennes' of 'Cr3' omschreef; cf. P.J. FELDER et al., 1985, figuren 4 en 5) zijn er in het verleden aanwijzingen gevonden, die erop wijzen, dat het hoogste deel van de Vaals Formatie mogelijk een Maastrichtien-ouderdom heeft. Deze argumenten zijn echter steeds onderuit gehaald door latere auteurs (cf. SCHMID, 1956, HOFKER, 1957). Daarnaast valt het op, dat er tot op heden geen enkel profiel is gevonden, waar het bovenste deel van HOFKER'S (1966) foraminiferen-zone A' (beperkt tot de Vaals Formatie) samen voorkomt met zijn zone A (beperkt tot de Zeven Wegen Kalk aan de basis van de Gulpen Formatie). Dit is vooral merkwaardig omdat de foraminiferen, die het Boven-A' kenmerken (met name *Globorotalites micheliniana*, *Gavelinella clementiana*) óók in de zone A voorkomen. Daarnaast is de belemniet *Belemnitella mucronata* (kenmerkend voor de Zeven Wegen Kalk in de groeve Halembe) ook op een aantal plaatsen gevonden in het hogere deel van de Vaals Forma-

tie, met name in een aantal oude kernboringen in de Kempen.

Op grond van deze opmerkingen leek het de moeite waard om na te gaan, in hoeverre het hogere deel van de Vaals Formatie mogelijk het stratigrafisch equivalent zou kunnen zijn van althans het diepere deel van de Gulpen Formatie. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn acht (deels samengestelde) profielen onderzocht met behulp van bioklasten-, ostracoden- en foraminiferen-associaties (figuren 19 en 20).

De afzettingen van de Vaals en Gulpen Formaties worden gekarakteriseerd door de zeer grote rijkdom aan mollusken plus brachiopoden, die soms 90-100% van de bioklasten-fractie 1.0-2.4 mm uitmaken. Deze waarden lopen sterk terug in de Lixhe Kalk van de groeve Halembe. De top van de Lixhe Kalk echter en de basis van de Lanaye Kalk in Lanaye vertonen een kortstondige toename van het aantal mollusken plus brachiopoden (met pieken van ruim 25%). Deze terugval in het aantal mollusken plus brachiopoden gaat ten gunste van een explosieve toename van de echinodermaten en (met name hogerop in de profielen) de bryozoa. Deze omslag in de bioklasten-diagrammen schijnt vrijwel parallel te lopen met een merkbare toename van het aantal geornamenteerde ostracoden in de ostracoden-associaties, waarin veel geslachten verschijnen, die in het mediterrane gebied (Frankrijk, Spanje) veelal in het Cenomanien voorkomen (BABINOT et al., 1985). Deze dus zowel kwantitatief als kwalitatief belangrijke wijzigingen zijn vermoedelijk te danken aan veranderingen in de paleogeografische situatie, waarbij Zuid-Limburg en Noord-Oost België binnen de invloedssfeer komen van de (warme) Tethys.

Voor lokale korrelaties kan in sommige gevallen ook gebruik gemaakt worden van pieken in de curven van de prismatische pelecypoden. Een duidelijk voorbeeld levert het maximum op in de boringen BGD169 (560-600 m), KS19 (480-500 m) en KS17 (455-485 m).

De ostracoden-associaties worden gekenmerkt door vrij grote aantallen geornamenteerde exemplaren in het onderste deel van de afzettingen. Deze maxima worden bovendien gekarakteriseerd door het zeer frekwente optreden van de geslachten '*Cythereis*', *Pterygocythere* (*P. latricristata*) en *Veenia* (*V. foersteriana*). Deze kunnen weliswaar ook hogerop voorkomen, maar dan duidelijk minder regelmatig en praktisch altijd in zeer kleine aantallen. De top van het regelmatige optreden van deze drie geslachten

(vrijwel steeds overeenkomend met de top van de maxima in de geornamenteerde ostracoden-curve) lijkt in de hier onderzochte profielen een redelijk betrouwbare korrelatie-lijn op te leveren. Deze lijn is in de boringen van de Kempen en in de boring Kastanjelaan bovendien bevestigd door petrofysische boorgatmetingen (P.J. FELDER et al., 1985). In Halembaye en in Kastanjelaan komt deze grens overeen met de scheiding tussen de Vaals Formatie en de Zeven Wegen Kalk van de Gulpen Formatie. Op grond hiervan is het 'Hervens Krijt' van de Kempen onderverdeeld in een Vaals Formatie (sensu Halembaye en Kastanjelaan) en in de zogenaamde 'Pre-Valkenburg' afzettingen (P.J. FELDER et al., 1985).

Merkwaardigerwijze is de top van het regelmatige optreden van deze geornamenteerde ostracoden in de boring Walem gevonden in het hoogste deel van de Vaals Formatie. 'Per definitie' is dit deel van de Vaals Formatie in het Boven-A' van HOFKER (1966) geplaatst. Hierin komt onder andere de foraminifeer *Globorotalites micheliniana* regelmatig voor. Maar een revisie van de foraminiferen heeft nu aangetoond, dat in één monster tussen 27 en 28 m ook *Bolivinooides decorata* optreedt (met een gemiddeld aantal pustulae van 3.1 op de laatste kamer). *B. decorata* is echter het gidsfossiel voor de zone A van HOFKER, waarin het gemiddeld aantal pustulae op de laatste kamer van *Bolivinooides* dient te vallen binnen 3.0 en 4.0. Hierbij dient te worden vastgesteld, dat deze foraminiferen maar in één monster is aangetroffen.

Kennelijk is de zandige facies van de Vaals Formatie niet het meest geëigende milieu geweest voor *Bolivinooides*. Maar dit zou kunnen betekenen dat de zone A van Hofker in feite het equivalent is van zijn subzone Boven-A'. Beide worden gekenmerkt door dezelfde foraminiferen (met uitzondering van *Bolivinooides* die de kalkige facies van de Gulpen Formatie preferereert). En beide worden gekenmerkt door een opvallende afname van het aantal geornamenteerde ostracoden en door het vrijwel verdwijnen van de geslachten '*Cythereis*', *Pterygocythere* en *Veenia*.

De kalksteen van de Gulpen Formatie wordt in het algemeen gekarakteriseerd door zeer lage percentages geornamenteerde ostracoden. Dit blijkt duidelijk in de profielen van Halembaye en Kastanjelaan. Dezelfde lage percentages overheersen ook in de meer zandige tot mergelige kalken van de Pre-Valkenburg afzettingen in de Kempen. Deze sedimenten bevatten veelal weinig foraminiferen. Alleen niet verder gedetermineerde zandschalige vormen treden regelmatig

op. Deze vinden we ook in de Vaals Formatie van Halembaye, maar vrijwel nooit in de kalkige Gulpen Formatie. Het ligt dan ook voor de hand om de Pre-Valkenburg afzettingen te beschouwen als het stratigrafisch equivalent van de Gulpen Formatie, althans van een deel of delen ervan.

Daarbij speelt het foraminiferen-onderzoek een grote rol. De onderste helft van de Pre-Valkenburg afzettingen in de boringen KS17, KS18, KS19 en BGD172 wordt gekenmerkt door foraminiferen van het Campanien, waaronder de al eerder opgemerkte *Globorotalites micheliniana*. In het bovenste deel neemt de soorten-armoede meestal sterk toe. Maar een sleutelpositie wordt hier ingenomen door de boring KS18, waar bij 450 m een groot aantal exemplaren is gevonden van *Bolivinooides australis* met een gemiddeld aantal pustulae op de laatste kamer van 4.3! Deze vondst bewijst, dat het bovenste deel van de Pre-Valkenburg afzettingen in deze boring tot het Maastrichtien gerekend moet worden. Met behulp van de schaarse foraminiferen en van petrofysische boorgatmetingen kan de grens Campanien-Maastrichtien ook herkend worden in BGD172, KS17 en KS19.

Op grond van de relatief lage percentages van de geornamenteerde ostracoden in de Pre-Valkenburg afzettingen onder de grens Campanien-Maastrichtien in deze boringen ligt een correlatie met de Zeven Wegen Kalk van Halembaye en Kastanjelaan, en met het bovenste deel van de Vaals Formatie in Walem, voor de hand. Dit betekent, dat een deel van het 'Hervens Krijt' in de Kempen en een deel van de Vaals Formatie in Zuid-Limburg het stratigrafisch equivalent zijn van de Zeven Wegen Kalk. Het betekent ook, dat in ieder geval een deel, zo niet de totale Boven-A' subzone van HOFKER (1966) equivalent is aan zijn zone A!

Het gegeven, dat er in het bovenste deel van het 'Hervens Krijt' van de Kempen foraminiferen van het Maastrichtien (zone B, oftewel het Onder-Maastrichtien) zijn aangetroffen, plaatst de vroeger door JELETZKY (1951) vermelde exemplaren van de belemniet *Belemnella lanceolata* (maar door SCHMID in 1956 als foutief gelabeld beschouwd) in een nieuw daglicht. Het heeft er thans alle schijn van, dat het hoogste deel van de Vaals Formatie in het Zuid-Limburgs mijngebied tijdens het Maastrichtien werd afgezet. En op grond van het onderzoek in de Kempen lijkt het niet onmogelijk, dat een ander deel het zandige equivalent vormt van de Zeven Wegen Kalk.

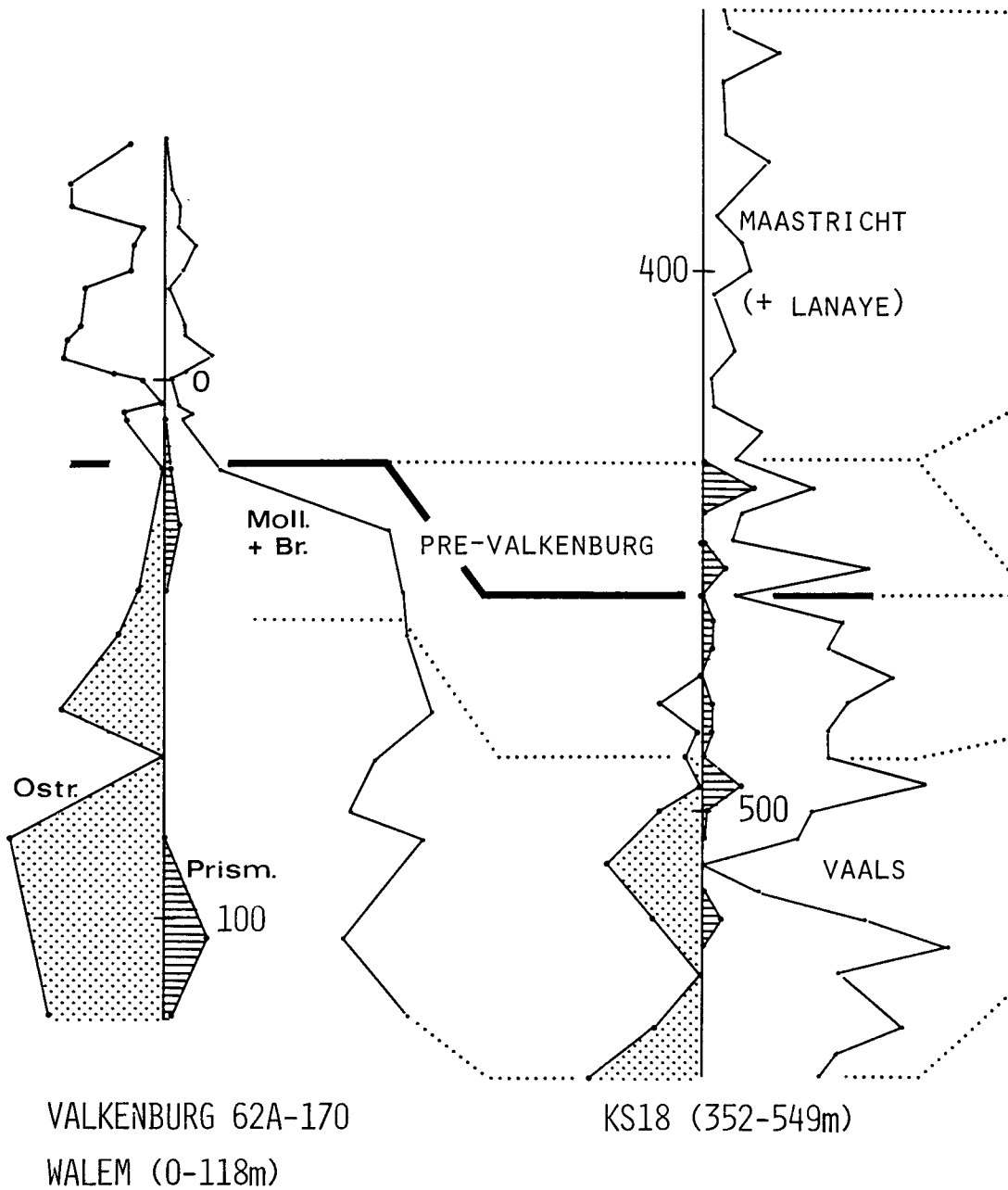
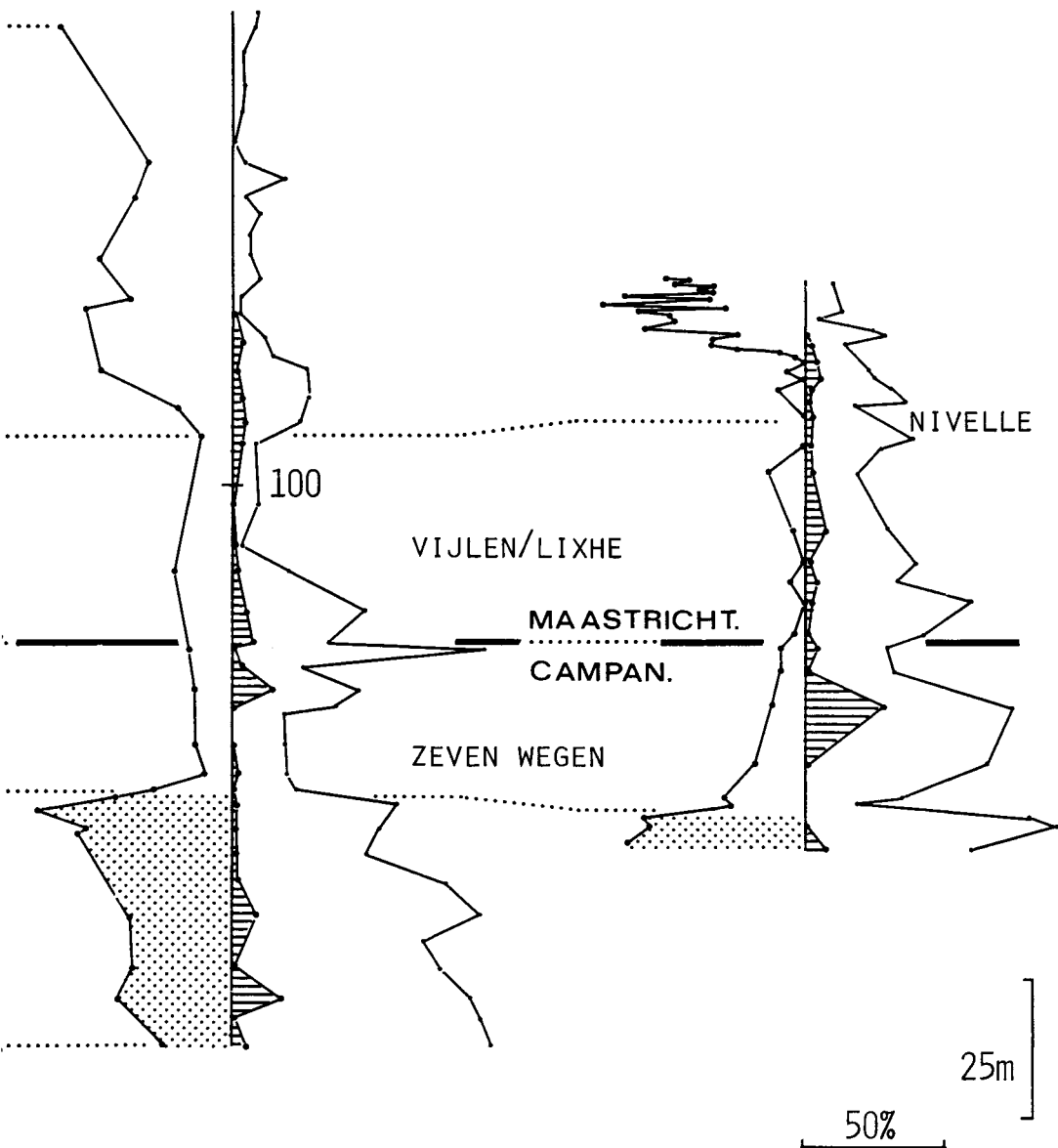


Fig. 20: Vergelijking van bioklasten- en ostracoden-diagrammen in de boring Walem (gecompleteerd met gegevens uit een ontsluiting bij Valkenburg), de boringen KS18 en Kastanjelaan-2, en uit de ontsluitingen Halembaye (beneden Nivelle), Lanaye en Lanaye/Vogelreservaat. links van de as is de percentage-curve uitgezet van de geornamenteerde ostracoden. Het deel van de profielen, waarin de geslachten '*Cythereis*', *Pterygocythere* en *Veenia* veelvuldig optreden is gestippeld aangeduid. Rechts van de as staat de percentage-curve van de mollusken plus brachiopoden (Moll. + Br.). Het diagram van de prismatische pelecypoden (Prism.) is gearceerd.



KASTANJELAAN
(17-198m)

VOGELRESERVAAT 61H-49
LANAYE 61H-36
HALEMBAYE 61H-19

De term Maastricht plus Lanaye is gebruikt als facies-aanduiding zoals deze termen toegepast zijn in de ENCI en in Lanaye. De termen Vijlen/Lixhe zijn op dezelfde wijze gebruikt als in Halembaye. De term Zeven Wegen staat voor de Zeven Wegen Kalk van Halembaye en Kastanjelaan. De term Pre-Valkenburg afzettingen is hier gebruikt voor het bovenste deel van het 'Hervens Krijt' in de Kempen en voor het hoogste deel van de Vaals Formatie in Walem, waar foraminiferen van de subzone Boven-A' (= zone A) voorkomen. De horizontale balk geeft de met behulp van foraminiferen bepaalde grens Campanien-Maastrichtien aan.

KONKLUSIES

De hier geschilderde resultaten van een gecombineerd onderzoek van bioklasten, ostracoden en foraminiferen in de afzettingen van het Campanien en Maastrichtien in Zuid-Limburg en Noord-Oost België maken duidelijk, dat er een complexere relatie bestaat tussen de bio- en lithostratigrafie dan tot nog toe werd aangenomen. Er zijn redelijke argumenten gevonden om aan te nemen, dat de sedimenten van enerzijds de formaties van Vaals en Gulpen en anderzijds de formaties van Gulpen en Maastricht althans gedeeltelijk in dezelfde tijd zijn afgezet. Of dit overal opgaat en in hoeverre, zal moeten worden

uitgezocht in verdere studies. En er zijn ook criteria gevonden, die aanduiden dat de grens tussen de foraminiferen-zones F en G (of F en H) niet dezelfde is als tussen F en J. Het is niet uit te sluiten, dat het onderste deel van zone J het tijdsequivalent is van de top van zone F. Een soortgelijke situatie bestaat er mogelijk rond de grens tussen I en K en tussen J en K. Ook zal er rekening mee moeten worden gehouden, dat zone A het tijdsequivalent is van een deel, zo niet van de gehele subzone Boven-A' (figuur 21). Indien verder onderzoek aantoont, dat de hier getrokken ecostratigrafische korrelatielijnen para-synchroon zijn, dan zijn de grenzen tussen de formaties van Vaals, Gulpen en Maastricht in

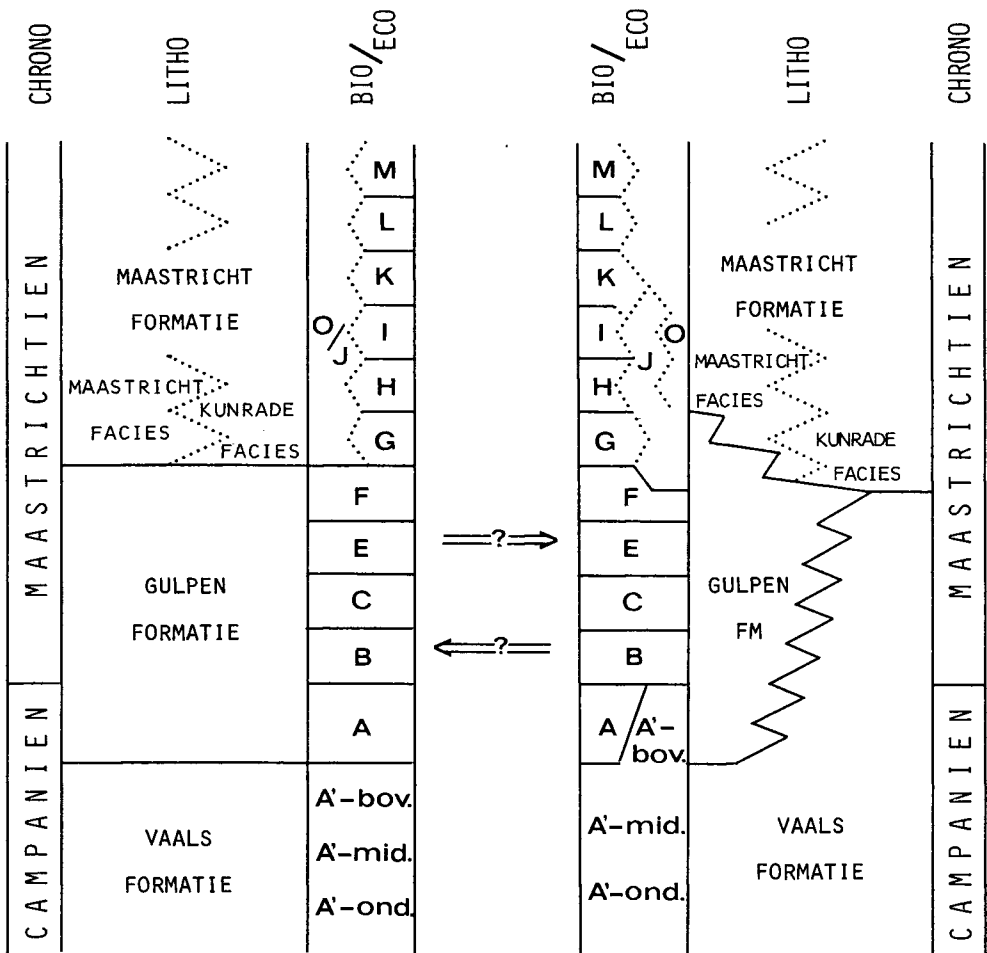


Fig. 21: Vergelijking van de stratigrafische indeling van de mariene Boven-Krijt afzettingen in Zuid-Limburg en omgeving volgens de klassieke opvattingen (links) en volgens de resultaten van het ecostratigrafisch onderzoek met behulp van bioklasten, ostracoden en foraminiferen (rechts).

hoge mate diachroon en in feite de grenzen tussen verschillende lithofacies op dezelfde wijze als dit thans onderkend wordt voor de kalksteen van Maastricht en de kalksteen van Kunrade. Om die konklusie te kunnen trekken of te verwerpen zullen echter aanzienlijk meer profielen opnieuw onderzocht moeten worden. Aangezien de hier beschreven onderzoekmethoden gemakke-

lijk te leren zijn en geen kostbaar instrumentarium vereisen, ligt hier ook voor lezers van dit blad nog voor jaren werk. Indien dit werk in overleg met anderen geschiedt zullen zij er niet alleen plezier aan beleven, maar ook een wezenlijke bijdrage leveren aan de voortgang van dit onderzoek.

SUMMARY

Bioclasts form an important component of the Campanian and Maastrichtian deposits in South-Limburg and Northeastern Belgium. As such, these may be used for characterizing individual layers, such as the 'coprolith bed' and the 'bryozoan bed of Kunrade'. If this principle is applied to continuous sections, a detailed comparison of outcrops and boreholes should be possible. Therefore, a quantitative analysis has been made of two groups of bioclasts; namely those from the sieve fraction 1.0-2.4 mm and the ostracodes from the sieve fraction 0.125-1.0 mm. In this way, it is possible to construct bioclast diagrams which permit a detailed bed-by-bed correlation between different sections. Whenever possible, these correlations have been checked by the vertical distribution of foraminifera.

Comparison between these ecostratigraphic bioclast correlations and the existing lithostratigraphic correlations shows some remarkable differences, notably around the boundary between the Gulpen and Maastricht Formations and around the boundary between the Vaals and Gulpen Formations. If future investigations might confirm the ecostratigraphic correlations based on bioclasts and ostracodes, one has to accept that on the one hand the Vaals and Gulpen Formations and on the other the Gulpen and Maastricht Formations are in part time equivalents. This would also mean, that the foraminifer zonation of HOFKER (1966) should be slightly modified.

Since the quantitative analysis of bioclasts and ostracodes and even the recognition of some key species amongst the foraminifera are easily learned and don't require very expensive equipment, this method may be attractive even for non-professional geologists.

LITERATUUR

- ALBERS, H.J., W.M. FELDER, P.J. FELDER, (et al.), 1978a: Excursion A, Lithology and stratigraphy of Upper Cretaceous of Eastern South-Limburg including adjacent Belgium-German borderland. Joint annual meeting, Paläontologische Gesellschaft and Palaeontological Association, Maastricht 1978: 1-50.
- ALBERS, H.J., W.M. FELDER, P.J. FELDER, (et al.), 1978b: Excursion C, Lithology and stratigraphy of Upper Cretaceous of the Belgian-Dutch borderland west of the river Meuse. Joint annual meeting, Paläontologische Gesellschaft and Palaeontological Association, Maastricht 1978: 51-100.
- Anonymus*, 1903-1913: Coupes des sondages de la Campine. Ann. des mines de Belgique.
- BABINOT, J.F., J.P. COLIN & R. DAMOTTE, 1985: Crétacé supérieur. - in: H.J. Oertli (editor), Atlas des ostracodes de France (Paléozoïque-Actuel). Bull. Centres Rech. Explor. Elf-Aquitaine, Mém. 9, Pau, 211-255.
- BLESS, M.J.M., P.J. FELDER, J.P.M.TH. MEESSEN, 1983: Ostracoden uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg als milieu indicatoren. Natuurhist. Mbl., 72 (9): 158-164.
- BRAAT, P., 1983: Mesofossiel-analyse van een profiel bestaande uit een gedeelte van de Formatie van Gulpen en een gedeelte van de Formatie van Maastricht. Tevens herbewerking van de profielen van W.A. Schenk 1971. Doctoraalscriptie, Sectie biologie, afd. biogeologie, Kath. Universiteit Nijmegen, 1983: 1-50.
- DEROO, G., 1966: Cytheracea (Ostracodes) du Maastricht (Pays-Bas) et des régions voisines; résultats stratigraphiques et paléontologiques de leur étude. Med. Geol. Stichting, C46: 1-197.
- DUMONT, A.H., 1849: Rapport sur la carte géologique du Royaume. Bull. Ac. roy. Sci., Lett., Beaux Arts Belg. 16 (11): 351-373.
- ELSEN VAN DEN J., 1984: Mesofossielanalytisch onderzoek in de kalksteenafzettingen van het Boven Krijt in Zuid-Limburg. Groeve Blom. Afstudeeronderzoek afd. biologie, N.L.O. Mollerinstituut Tilburg, 1984: 1-64, 5 bijlagen.
- ELSEN VAN DEN J.M.H., 1985: Een mesofossielanalyse van de kalkstenen in de groeve Blom. Natuurhist. Mbl., 74 (6/7): 116-118.
- FELDER, P.J., 1981: Mesofossielen in de kalkafzettingen uit het Krijt van Limburg. Publ. Natuurhist. Genootschap in Limburg, 31 (1-2): 1-35.
- FELDER, P.J., 1984: Mesofossielen-onderzoek in de groeve Curfs en de stratigrafische typering van de vindplaats van enkele Hadrosaurierbotten uit deze groeve. Natuurh. Maandbl. 73 (5): 99-104.
- FELDER, P.J., M.J.M. BLESS, R. DEMYTTENAERE (et al.), 1985: Upper Cretaceous to Early Tertiary

- deposits (Santonian-Paleocene) in Northeastern Belgium and South Limburg (The Netherlands), with reference to the Campanian-Maastrichtian. *Min. v. Econ. zaken, Adm. der Mijnen-Geologische Dienst van België, Prof. Paper, 1985/1 Nr.214.*
- FELDER, W.M., 1975a: Lithostratigraphische Gliederung der Oberen Kreide. *Publ. Natuurhist. Genootschap, 24 (3/4): 1-43.*
- FELDER, W.M., 1975b: Lithostratigrafie van het Boven Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. In: *Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland, 1975: 63-72.*
- FELDER, W.M., 1977: De stratigrafische plaats van de 'Kunrader Kalksteen' uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg. *Grondboor en Hamer, 31 (6): 163-172.*
- FELDER, W.M., P.J. FELDER, O.S. KUYL, (et al.). 1978a: Excursion E. Facies changes, lithology and stratigraphy of Maastrichtian between Maastricht and Aix-la-Chapelle. Joint annual meeting, Paläontologische Gesellschaft and Palaeontological Association, Maastricht, 1978: 1-64.
- FELDER, W.M., P.J. FELDER, O.S. KUYL, (et al.). 1978b: Excursion G. Lithology and stratigraphy of the Maastricht Formation between Maastricht and Heerlen. Joint annual meeting. Paläontologische Gesellschaft and Palaeontological Association, Maastricht 1978: 65-94.
- FRINGS, G.H.P.M., 1978: Een fossielanalytisch onderzoek in het Maastrichts Krijt en een stratigrafische beschrijving van enige Grootforaminiferen. *Doctoraalscriptie, Sectie Biologie, Afd. biogeologie, Kath. Universiteit, Nijmegen, 1978: 1-106.*
- HEBERG, H.D. (editor), 1976: *International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure.* - 200 pp., John Wiley and Sons, New York, ISBN 0-471-36743-5.
- HOFKER, J., 1957: Foraminifera of the Dutch Hervian. *Med. Geol. Sticht., N.S. 10: 19-33.*
- HOFKER, J., 1966: Maastrichtian, Danian and Paleocene foraminifera. *Paleontographica, suppl. 10: 1-367.*
- HOUBEN, A.J.H.M., 1985: Mesofossiel-analytisch onderzoek in de kalken behorende tot de Formatie van Maastricht. De groeve Dolekamer en de groeve Marnebel. *Doctoraalscriptie, Sectie Biologie, Afd. biogeologie, Kath. Universiteit Nijmegen 1985: 1-86.*
- JELETZKY, J.A., 1951: Die Stratigraphie und Belemnitenfauna des Ober-Campans und Maastricht Westphalens, Nord-West Deutschland und Dänemarks sowie einige allgemeine Gliederungs-Probleme der jüngeren Oberkreide Eurasiens. *Beiheft Geol. Jhrb. 1, 142 p.*
- KUYL, O.S., 1980: Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000, blad Heerlen 62W, oostelijke helft en 62 O westelijke helft. *Rijks Geologische Dienst Haarlem: 1-206.*
- KUYL, O.S., 1983: The inversion of part of the southern border of the Central Graben in South Limburg during the Late Cretaceous. *Geol. Mijnbouw, 62 (3): 501-408.*
- MULDER, E., 1979: Een bijdrage tot de correlatie mogelijkheden tussen de kalkpakketten van Zuid-Limburg en een onderzoek naar de manifestatie van de Decapoda Crustaceae hierin. *Doctoraalscriptie, Sectie Biologie, Afd. biogeologie, Kath. Universiteit Nijmegen, 1978: 1-103.*
- REUBSAET, F., A. SKRABANJA, 1980: Fossielanalytische vergelijking van de Maastrichtse en Kunrader kalken. *Doctoraalscriptie, Sectie Biologie, Afd. biogeologie, Kath. Universiteit Nijmegen 1980: 1-40.*
- ROBASZYNSKI, F., M.J.M. BLESS, P.J. FELDER, (et al.) 1985: The Campanian-Maastrichtian boundary in the chalky facies close to the type Maastrichtian area. *Bull. Centres Rech. 'Explor. - Prod. Elf-Aquitaine, 9.1., 1-113, 35 fig. 22 pl.*
- SCHENK, W.A., 1971: Onderzoek naar een methode voor een betere karakterisering van de krijten door middel van fossielanalyses uitgevoerd in het Maastrichts Krijt. *Doctoraalscriptie, Sectie Biologie, Afd. biogeologie, Kath. Universiteit Nijmegen, 1971: 1-90.*
- SCHMID, F., 1956: Bericht über den Stand der Belemniten-Untersuchungen. 11-6-1956. *Intern rapport, Geol. Bur. Heerlen.*
- SCHMID, F., 1959: Biostratigraphie du Campanien-Maastrichtien du NE de la Belgique sur la base des Belemnites. *Ann. Soc. géol. Belg., 82: 235-256.*
- SCHMID, F., 1967: Die Oberkreide-Stufen Campan und Maastricht in Limburg (Südniederlande, Nordostbelgiën), bei Aachen und in Norwest Deutschland. *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paleont., 12 (5): 471-478.*
- STARING, W.C.H., 1860: *Natuurlijke historie van Nederland. Deel 2. De Bodem van Nederland II.* Haarlem: 1-480.
- UHLNBROEK, G.D., 1912: Het Krijt van Zuid-Limburg. Toelichting bij eene geologische kaart van het Krijt-gebied van Zuid-Limburg. *Jaarversl. Rijksopsporingsdienst van delfstoffen over 1911: 48-57.*
- VAN VEEN, J.E., 1932: Die Cytherellidae der Maastrichter Tuffkreide und des Kunrader Korallenkalkes von Süd-Limburg. *Verh. Geol. Mijnb. Genoots. Nederland, Kol. Geol. Ser. 9: 317-364.*
- VAN VEEN, J.E., 1934-1937: (Reeks van twee en twintig artikelen over ostracoden uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg). *Natuurh. Maandblad. 23: 88-95, 103-111, 115-122, 128-132. 24: 26-28, 32-36, 48-51, 56-60, 83-88, 95-98, 106-112. 25: 21-24, 32-36, 42-45, 61-64, 69-71, 82-86, 98-101, 108-113, 131-138. 27: 10-12, 15-20.*
- WEYS, H.A.J., 1967: Een fossielen-analytisch onderzoek van de type-localiteit van het Kunrader Krijt. *Doctoraalscriptie, Sectie Biologie, Afd. biogeologie, Kath. Universiteit Nijmegen, 1967: 1-81.*