

Het Vroeg Paleoceen (Danien) van zuidelijk Limburg en aangrenzend gebied - nieuwe fauna's en nieuwe inzichten

John W.M. Jagt¹, Barry W.M. van Bakel², Ger Cremers³, Mart J.M. Deckers⁴, Rudi W. Dortangs⁵, Math van Es⁶, René H.B. Fraaije⁷, Paul J.M. Kisters¹, Paul H.M. van Knippenberg⁸, Hein Lemmens⁹, Eric Nieuwenhuis¹⁰, Jacques Severijns¹¹ en John W. Stroucken¹²

Abstract

The Early Paleocene (Danian) of southern Limburg and neighbouring areas – new faunas and new insights

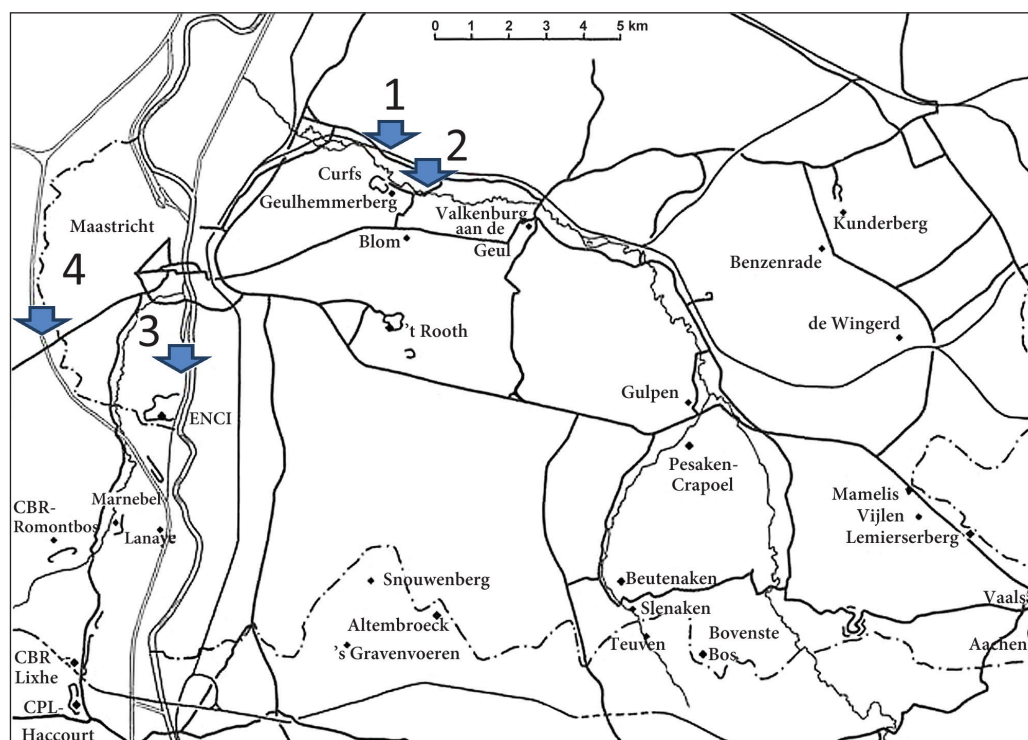
Collecting between 1988 and 2012 from various (temporary) outcrops of the highest part of the Meerssen Member (Maastricht Formation, subunit IVf-7) and the entire Geulhem Member (Houthem Formation, subunits Va-1 to Va-4) of Early to Middle Danian (Early Paleocene) age at the former Curfs quarry (Geulhem), temporary sections along the Albertkanaal near Vroenhoven-Riemst (Limburg, Belgium) and the Geulhemmerberg subterranean galleries has resulted in quite a number of new macrofossil assemblages. These comprise ammonoid, coleoid and nautiloid cephalopods, bivalves, gastropods, teleost fish, neoselachians, chimaeroids and thoracosaurine crocodiles. Special attention was paid to assemblages from subunit IVf-7, between the Berg en Terblijt and Vroenhoven horizons, the former being equated (since 1996) with the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) boundary. Ammonite survivor species, amongst which scaphitids and baculitids, as well as other typically late Maastrichtian molluscs such as trigoniids, neithinine pectinids, the tegulated inoceramid *Tenuipteria argentea* and echinoids (*Leymeriaster maastrichtensis*, *Hemipneustes striatoradiatus*) are known from lower Paleocene (lower Danian) levels. Work underway concentrates on taxonomic, taphonomic and palaeoecological assessments of bivalve and gastropod faunas both from the indurated levels of subunit IVf-7 and from the overlying Geulhem Member. In addition, shark and ray assemblages, as well as chimaeroid faunules, are being written up. Not surprisingly, in view of the palaeogeography of the area, in all biotic groups a clear admixture of elements of Tethyan (southern European/north African) and Boreal (northern European) affinities has been noted.

Inleiding

Een kwart eeuw en een paar maanden geleden verscheen een dubbeldik jubileumnummer van de 'Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie' over het Vroeg Paleoceen van het gebied rond Maastricht (Jagt & Janssen, 1988a). Sinds die tijd is er een hoop gebeurd. Er is veel verzameld, zij het door een relatief kleine groep mensen, en er is behoorlijk wat geschreven over de stratigrafie en fauna's van het kalkige Vroeg Paleoceen in die streek. Uiteraard bracht de min of meer toevallige ontdekking in 1992 van de spectaculaire Krijt-Paleogeen- (K/Pg-) pro-

fielen in de ondergrondse gangenstelsels van de Geulhemmerberg (fig. 1A en 3, pag. 216 en 217), door twee van ons (RWD, JS), de zaak in een stroomversnelling. Met gebundelde krachten werd in 1996 een themanummer van 'Geologie en Mijnbouw' (Brinkhuis & Smit, 1996) uitgebracht, met als eindconclusie dat dit wel eens het meest complete K/Pg-grensprofiel ter wereld zou kunnen zijn. Een artikel in het gerenommeerde 'Nature' of 'Science' lag eigenlijk voor de hand, ware het niet dat er geen iridiumpiek (Ir, een edelmetaal uit de platinumgroep) werd aangetroffen. Kortom: geen directe link met de inslag van de Chicxulub meteoriet aan het eind van het Laat Krijt, hoewel andere bewijslast wel degelijk spreekt voor het allerjongste Laat Krijt (Laat Maastrichtien) en vroegste Paleoceen (Vroeg Danien) ter plaatse. Meer onderzoek is nodig, en ook andere plekken in het Geulhemmerberg-gangenstelsel moeten in detail bemonsterd worden. Zelfs een boring, in 'tegengestelde richting', vanuit het plafond naar de bosgrond boven het stelsel, wordt overwogen. Op die manier zou het hele 'grijze gebied' tussen het 'tufkrijt' van de Meerssen Member (Formatie van Maastricht, Laat Maastrichtien) en de glauconiethoudende Geulhem Member (Formatie van Houthem, Vroeg Paleoceen) in kaart kunnen worden gebracht. Dat dit een kwestie van geld is behoeft geen nadere toelichting.

Daarnaast werd de uitbating van de voormalige groeve Curfs (Geulhem) (fig. 1A en 2, pag 214 en 215), 1 tot 1,5 kilometer ten noordwesten van de Geulhemmerberg, op de voet gevolgd, met name tussen 1992 en 2010. Op geregelde tijden werden nieuwe profielopnames gemaakt, want die wilden nog wel eens verschillen op diverse plekken in de groeve, en werd op redelijk grote schaal verzameld. De nadruk lag daarbij op nanno-, micro- en macrofauna's (en palynoflora; Hergreen et al., 1998) die van belang konden zijn voor het beantwoorden van de hamvraag, 'Hoe compleet is dit profiel nu eigenlijk?'. Macrofauna's uit de Geulhem Member (Jagt, 1996, 1999a) suggereerden een correlatie met het Vroeg en Midden Danien van Denemarken, maar omvatten ook elementen die in verband gebracht konden worden met het Bekken van Mons (België) en nog verder zuidelijk, ten noordwesten van Parijs. Het hoogste deel van de Meerssen Member, met name IVf-6 en IVf-7, werd op uitgebreide schaal bemonsterd. Grote belangstelling bestond er voor de enorm harde, circa 20 centimeter dikke kalksteenbank aan de top van de laatste eenheid (fig. 2A, E) die door het groevepersoneel werd aangeduid als 'tauw'. De onderkant van deze bank is onregelmatig, terwijl de bovenkant haarscherp is - deze scheidslijn tussen de Meerssen en Geulhem members staat te boek als de Vroenhoven Horizont (Felder & Bosch,



Figuur 1A. Zuidelijk Limburg en aangrenzend gebied;

1. voormalige groeve Curfs, Geulhem;
2. ondergronds gangenstelsel Geulhemmerberg;
3. ENCI-Heidelberg-Cement Group groeve, Maastricht (St. Pietersberg);
4. tijdelijke ontsluitingen Albertkanaal (brug), Vroenhoven-Riemst.

2000). In de jaren vóór de ontdekking van de profielen in de Geulhemmerberg in 1992 werd deze horizont door iedereen gelijkgesteld met de K/Pg-grens in het gebied. Nu is echter duidelijk dat die grens een meter of 3-3,5 dieper ligt, en samenvalt met de Berg en Terblijt Horizont. Dus in de Meerssen Member. Dat betekende ook dat de relatief eentonige fauna's tussen de beide horizonten, in IVf-7, zich mochten verheugen in hernieuwde belangstelling. Tweekleppigen werden in leefhouding aangetroffen, heel vaak nog dubbelkleppig (als 'vlanders'), onder de slakken werden vele vleeseters getoet, en zelfs ammonieten, sommige met prachtig bewaarde mondrand, kwamen voor. Kortom: een heel aparte associatie die de nodige vragen oproept. Door de voorbeeldige samenwerking tussen de groeve-uitbaters en het Natuurhistorisch Museum Maastricht (met name tussen 2001 en 2009), waren doordeweekse monstersessies, vaak onder begeleiding van buitenlandse collega's, mogelijk. Op die manier is veel materiaal veiliggesteld. Ook diverse lumachelles en coquinas ('shell beds') direct boven de Vroenhoven Horizont en halverwege het profiel van de Geulhem Member (fig. 2A) werden bemonsterd, zij het - helaas - niet op uitgebreide schaal. De hoogste meters (fig. 2F), direct onder de vroeg-oligoceen (of laat-eocene?) zanden, leverden een behoorlijk diverse vertebratenfauna op, met daarin zelfs krokodillen. Het leeuwendeel van het verzamelwerk werd, zij het soms zonder toestemming (in weekends), gedaan door particuliere verzamelaars, met een fantastisch eindresultaat. Daarvan volgt hieronder acte. De groeve, die in rap tempo dichtgroeit en amper nog geologische fenomenen laat zien, is nu in beheer bij de Stichting Het Limburgs Landschap. Het is wel de bedoeling de K/Pg-grens ter plekke prominent in beeld te brengen, en ook toe te lichten voor een groter publiek. Wanneer dat allemaal gaat plaatsvinden is op dit moment nog niet te zeggen.

Elders in het gebied werd, tussen ruwweg 1992 en 1996, het meest zuidwestelijke deel van de groeve ENCI-Heidelberg-Cement Group (St. Pietersberg, Maastricht; fig. 1A), ter hoogte van het Marendalgangenstelsel, aan een gedetailleerd onderzoek onderworpen. Heel opmerkelijk, en nooit eerder beschreven, was het voorkomen van erosieresten van de Geulhem Member, bovenop de onregelmatige (karst) top van de Meerssen Member (IVf-6). Stekels van de reguliere zeeegel *Tylocidaris hardouini*, die typisch is voor het onderste deel van de Geulhem Member, toonden onomstotelijk aan dat er vroeger glauconiethoudende kalken van vroeg-paleoceen ouderdom bovenop het Laat Maastrichtien lagen. Het is aannemelijk dat deze door latere transgressies (Laat Eoceen, Vroeg Oligoceen) grotendeels zijn opgeruimd.

Een prima mogelijkheid tot uitgebreid bemonsteren deed zich ook voor bij de verbreding van het Albertkanaal ter hoogte van de brug bij Vroenhoven (Riemst, Belgisch Limburg; fig. 1A en 4, pag. 218), en tijdens de graafwerkzaamheden ter vervanging van diezelfde brug, enkele jaren geleden. Die kans werd ten volle benut. Het hoogste deel van de Meerssen Member (IVf-6) en een paar meter van de glauconiethoudende Geulhem Member waren ontsloten en toonden naast de scherpe overgang tussen beide eenheden ook de nodige kleine breuken. Van belang zijn de vertebratenfauna's die hier zijn verzameld, met name door een van ons (JS), waarbij omgewerkte (geremaneerde) laat-maastrichtien elementen maar ook veel vroeg-paleoceen materiaal (min of meer *in situ*) zijn herkend.

Tot slot kreeg de groeve Curfs de nodige aandacht in een tijdelijke tentoonstelling in het kader van het eeuwfeest van het Natuurhistorisch Museum Maastricht (NHMM), onder de ti-

tel 'Het staartje van het Krijt - de groeve Curfs in beeld' (11 maart-13 mei 2012) (fig. 1B). Karakteristieke fauna's uit de Meerssen en Geulhem members, grotendeels te leen van particuliere verzamelaars (die allemaal mede-auteur van dit artikel zijn) werden voorgesteld, wat bij menig bezoeker leidde tot uitspraken als, 'Ongelofelijk', 'Nooit geweten' en 'Komt dat echt uit die tauwlagen?'. Een tweetal artikelen borduurde hierop voort (Jagt & Reuvers, 2012; Jagt et al., 2012b).

Nu er in de groeve Curfs niet meer verzameld kan worden, is het tijd de balans op te maken en plannen te smeden voor de toekomst. Uiteraard kunnen we hier niet de diverse fauna's tot in detail bespreken, simpelweg omdat de bewerking daarvan pas begonnen is. Met name op het gebied van haaien-, rogg- en krokodillenfauna's en van slakken en tweekleppigen uit de Geulhem Member valt er nog veel te doen. Tot nu toe is daar zo goed als niets mee gebeurd. Voor de laatste twee groepen heeft dat voor een groot deel te maken met het feit dat, een handjevol uitzonderingen daargelaten, alle kalk (aragoniet) is opgelost en slechts steenkernen en afdrukken van de buitenkant overgebleven zijn. In het veld maakt dit de zaak er niet gemakkelijker op want altijd

Figuur 1B. Poster van de speciale expositie over de voormalige groeve Ankerpoort-Curfs, begin 2012 (ontwerp: Arthur Marks, Maastricht). Het 'staartje van het Krijt' heeft betrekking op zowel het jongste deel van het Maastrichtien, als op de jongst bekende mosasauriër, 'Curfske', gevonden op ca. 1 meter onder de Krijt-Paleogeen- (K/Pg-) grens door Jacques Severijns.



moet ervoor worden gezorgd dat steenkern en afdruk bij elkaar blijven. Zonder de laatste is de eerste zo goed als niet te determineren. Het gebruik van siliconenrubbers daarna is een vereiste (vgl. Pacaud, 2004, 2009) - een tijdrovende klus. Een bijkomende complicerende factor is de grofkorreligheid van de kalksteen. Hierdoor zijn belangrijke details van de versiering van de schelp vaak niet goed te zien, om over die van de embryonale windingen maar te zwijgen!

Een klein groepje mensen heeft zich de afgelopen jaren niet van de wijs laten brengen door dit soort 'hobbels', en is in staat geweest een aardig overzicht te genereren van de moluskenfauna's van de Meerssen (IVf-7) en Geulhem members. Voor een allesomvattend overzicht is het nog veel te vroeg, maar een voorlopig beeld kan hieronder in tekst en afbeelding worden geschetst. Deze fauna's verdienen een gedetailleerde bewerking en vergelijking met associaties uit het Bekken van Mons, de Deense voorkomens (Stevns Klint, Faxø) en van elders in Midden- en Oost-Europa.

Om enige structuur in het gebodene te brengen worden de fauna's van de Meerssen Member (IVf-7) en de Geulhem Member (Va-1 tot Va-4) apart behandeld. De overlap met groepen die in het eerdere overzicht uit 1988 werden voorgesteld is minimaal.

Gebruikte afkortingen

MAB, Oertijdmuseum De Groene Poort, Boxtel.

NHMM, Natuurhistorisch Museum Maastricht, met afzonderlijke collecties voorzien van letters:

(JJ = J.W.M. Jagt; JS = Jacques Severijns; K = M.M.M.

Kuypers; PK = P. van Knippenberg; RD = R.W. Dortangs);

h = hoogte; l = lengte; b = breedte, d = diameter.

Meerssen Member (IVf-7)

De compact aandoende kalksteen tussen de Berg en Terblijt en Vroenhoven horizonten (fig. 2A, B, E), en dan in hoofdzaak de sterk verkitte bovenste 0,2-0,3 meter ('tauw'), heeft naast tweekleppigen, slakken, koptotigen en stekelhuidigen, ook vertegenwoordigers van andere diergroepen opgeleverd. Te noemen zijn boorsponzen (ichnogenus *Entobia*) in kalkschalen van ?oesters (NHMM 2002 043), olifantstandjes (Dentaliidae, genus ?*Antalis*; NHMM 2002 212 en NHMM 2004 144), solitaire koralen (*Micrabacia* sp., NHMM 2002 241, NHMM 2002 100, NHMM 2002 198 en NHMM 2002 303), kreeftachtigen (Callianassoidea, NHMM JJ 14031), die niet alleen uitermate zeldzaam zijn maar ook nog lijken af te wijken van *Mesostylus faujasi* (Desmarest, 1822) uit de onderliggende Formatie van Maastricht, en roofvissen (Enchodontidae; losse tanden, NHMM 2002 201).

STEKELHUIDIGEN (FIG. 5, PAG. 218)

Zee-egels bleken relatief zeldzaam te zijn, en als ze al gevonden werden was dat in clusters of aanrijkingen, met uitzondering van *Leymeriaster maastrichtensis* (Schlüter, 1897), een relatief diep ingegraven levende soort, waarvan

slechts één exemplaar bekend is (NHMM 2002 277). De vorm van *Hemipneustes striatoradiatus* (Leske, 1778) die in IVf-7 optreedt is dezelfde, kleine variant die ook bekend is uit de hogere Meerssen Member (IVf-6). Afwijkend in deze associatie is *Diplodetus* sp. (fig. 5A-C), eveneens een graver. Deze vorm werd door Jagt (2000b) aangeduid als *D.* aff. *americanus* (Stephenson, 1941), maar misschien is hij nauwer verwant aan *D. parvistella* (Schlüter, 1899), die veel voorkomt in onderliggende lagen (formaties van Gulpen en Maastricht; Laat Maastrichtien). De petalen doen echter relatief langer aan; spijtig genoeg laten de aanhechtende sedimentkorrels niet toe details van de tuberculering of poriënstructuur op waarde te schatten. Cooke (1953) en Smith & Jeffery (2000) meldden *D. americanus* uit het Laat Campanien en gehele Maastrichtien van Texas, Arkansas en Mississippi. Elders in Europa ontbreken vertegenwoordigers van het genus *Diplodetus* Schlüter, 1900 in het Laat Maastrichtien en Vroeg Paleoceen, zodat het voorkomen van deze vorm in Geulhem in nevelen gehuld blijft.

TWEEKLEPPIGEN (FIG. 6, PAG. 219)

Wat meteen opviel tijdens het verzamelen in IVf-7 was dat een heleboel soorten als gapend doublet, als 'vlindertjes', voorkwamen, dat andere in leefhouding (rechttop, *Eufistulana* en een soort mogelijk uit de familie Poromyidae) werden aangetroffen, en dat er van geen enkele soort aanrijkingen (coquinas, lumachelles) optraden. Dit in tegenstelling tot de top van het onderliggende IVf-6. Soorten die primair uit calciet bestonden, of een gecombineerde aragoniet/calciet-schaal hadden, zijn goed bewaard gebleven; van andere restten alleen maar de steenkern en een afdruk van de buitenkant. Siliconenrubbers doen soms wonderen, maar de grofkorreligheid van het sediment is dan weer een streep door de rekening omdat details van sculptuur niet goed te beoordelen zijn. In hardere compactere gesteenten is dit veel minder problematisch, en zijn siliconenafgietsels vaak gestoken scherp (vgl. Pacaud, 2004, 2009).

Een flink aantal soorten is ook bekend uit onderliggende lagen (Formatie van Maastricht, Nekum en Meerssen members; Laat Maastrichtien), en van elders in Europa (vgl. Vogel, 1895; Heinberg, 1979; Abdel-Gawad, 1986). Deze kunnen dus als 'overlevers' van de K/Pg-grenspierikelen worden beschouwd. Hoewel nog niet alle vormen op naam gebracht zijn, wat ook meteen blijkt uit de vele vraagtekens en '....', staat de teller nu op 33 soorten, als volgt verdeeld (* betekent met schaal, of resten daarvan):

Nuculidae

'*Nucula*' sp. (fig. 6A)

Nuculanidae

?*Mesosaccella* sp. (fig. 6B)

'*Nuculana*' *siliqua* (Goldfuss, 1837) (fig. 6C, D)

Arcidae

?*Acar* sp.

'*Arca*' *geulemensis* Vogel, 1895 (fig. 6E)

Barbatia (?*Obliquarca*) sp. (fig. 6F)

Cucullaeidae

Cucullaeidae sp. indet.

Mytilidae

*?*Lithophaga* sp.

**Crenella* sp.

Pteriidae

Phelopteria sp.

Inoceramidae

**Tenuipteria argentea* (Conrad, 1858) (fig. 6J)

Pectinidae

**Lyriochlamys ternata* (von Münster in Goldfuss, 1833) (fig. 6H)

*?*Dhondtichlamys* (of ?*Mimachlamys*) sp.

**Entolium membranaceum* (Nilsson, 1827) (fig. 6G)

**Syncyclonema* aff. *haggi* Dhondt, 1971

**Neithea striatocostata* (Goldfuss, 1833) (Fig. 6I)

**Plagiostoma* sp.

Spondylidae

**Spondylus* sp.

Trigoniidae

Oistotrigonia maestrichtiana (Briart, 1888)

Lucinidae

Lucinidae sp. 1 (fig. 6L)

Lucinidae sp. 2

Astartidae

Astartidae sp. indet.

Cardiidae

Cardiidae ?n. gen., n. sp.

Solenidae

Leptosolen concentristriatus (G. Müller, 1888) (fig. 6M)

Tellinidae

Tellinidae sp. indet.

'*Tellina*' *geulemensis* Vogel, 1895

?*Arcopagia* sp. (fig. 6O)

Veneridae

Veneridae sp. indet. ('*Callista*')

Dosinia sp. (fig. 6K)

Pholadomyidae

Goniomya gr. *mailleana* (d'Orbigny, 1845) (fig. 6N)

Poromyidae

Liopistha aequivalvis (Goldfuss, 1834) (fig. 6P)

?Poromyidae sp. indet. (fig. 6Q)

Clavagellidae

Eufistulana sp. (fig. 6R)

Van deze soorten lijkt *Barbatia* (?*Obliquarca*) sp. af te wijken van *B. (?O.) lindae* Heinberg, 1979 uit het Laat Maastrichtien van Stevns Klint (Denemarken), terwijl *Neithea* en *Oistotrigonia* typische laat-kretaceïsche geslachten voorstellen die nooit eerder uit het Vroeg Paleoceen zijn gemeld (vgl. Briart, 1888; Dhondt, 1971). De opvulling van de kalkbuis met interne schelpen van *Eufistulana*, een vorm die ook bekend is uit de onderliggende lagen, en daarin ook meestal *in situ* wordt aangetroffen, verschilt in grootte en sculptuur van de kleppen van Noord-Amerikaanse vormen (vgl. Wade, 1926). Kijkend naar de leefwijze van de diverse soorten (waar die bekend is, uiteraard), valt op dat in de bivalvenfauna van IVf-7

inge-graven levende vormen overheersen. Dit kunnen zowel detritus/sediment-etende soorten zijn (Nuculidae, Nuculanidae), als vormen die afhankelijk zijn van voedseldeeltjes in de waterkolom en die wel of geen sifobuis hebben (Pholadomyidae, Poromyidae; Astartidae). Weer andere zijn epifaunaal en zitten verankerd met byssusdraden (Arcidae, Inoceramidae, sommige Pectinidae), en de laatste groep omvat vrijlevende soorten (Pectinidae) die van in zee neerddarrelende voedseldeeltjes leven. Het opmerkelijk grote aandeel aan in de bodem levende soorten, en het zo goed als ontbreken van sporen van bioturbatie (waarop het zeldzame voorkomen van Callianassoidea al duidde), kan deels verklaren waarom zoveel soorten dubbelkleppig worden gevonden. Bovendien was dit een speciaal habitat dat werd gekenmerkt door veel omzetting van sediment en een snelle sedimentatie.

SLAKKEN (FIG. 7, PAG. 220 EN 221)

Voor gastropoden geldt eveneens dat ze sterk verspreid voorkwamen in de harde bank aan de top van IVf-7, met uitzondering van een aantal snoertjes van achter elkaar liggende slakken (waarbij verschillende soorten in het geding waren; fig. 7Q en R). Een juiste duiding is nog niet gevonden voor deze snoertjes; opvallend is dat de exemplaren in dit soort reeksen van vergelijkbare lengte zijn. Mogelijk zijn er ook uitwerpselen ('faecal pellets') van slakken aangetroffen, hoewel deze niet zijn gefosfateerd (fig. 7S). Bovendien bleken Xenophoridae en Aporrhaidae talrijk te zijn; van een aantal andere soorten is slechts één stuk of een handjevol exemplaren bekend. De overgrote meerderheid van de slakken bestond uit instabiele calciet (aragoniet) die vroeg diagenetisch is opgelost; verkiezelingen of vervanging van aragoniet door calciet zijn niet bekend. Kortom: siliconenrubbers moeten opnieuw duidelijkheid brengen, maar de grofkorreligheid speelt ons weer parten. Met enig kunst- en vliegwerk, en vergelijkingen met fauna's van elders (Binkhorst van den Binkhorst, 1861-1862; Briart & Cornet, 1870-1887; Kaunhowen, 1898; Krach, 1963, 1969, 1981; Kollmann & Peel, 1983; Abdel-Gawad, 1986), komen we op een niet onaanzienlijk aantal van bijna 40 soorten, die als volgt zijn verdeeld (* betekent met schaal, of resten daarvan):

Fissurellidae

Emarginula sp.

Trochidae

Periaulax rimosus (Binkhorst van den Binkhorst, 1861)

Turbinidae

Turbinidae spp. indet.

'*Turbo*' *cariniferus* Binkhorst van den Binkhorst, 1861

Turritellidae

Haustator plana (Binkhorst van den Binkhorst, 1861)

Turritella (s. lat.) sp. (fig. 7B, C)

?*Turritella* sp.

Cerithiidae

'*Cerithium*' *alternatum* Binkhorst van den Binkhorst, 1861

'*Cerithium*' *tuberculiferum* Binkhorst van den Binkhorst, 1861

Bittium pseudoclathratum d'Orbigny, 1850

Cerithiidae sp. indet. (fig. 7A)

Potamididae

Potamididae sp. indet.

Epitoniidae

**Confusiscala contorta* Kaunhowen, 1898 (fig. 7D)

Hipponicidae

Hipponix sp. (fig. 7P)

Xenophoridae

Xenophora onusta auctt. (? non Nilsson, 1827)
(fig. 7N, O)

Aporrhaidae

Hippochrenes binkhorsti Cossmann, 1907

Aporrhais limburgensis Binkhorst van den Binkhorst, 1861 (fig. 7E)

Arrhoges sp.

Arrhoges (*Latiala*) *pelecyphora* (Kaunhowen, 1898)
(fig. 7G, H)

Kaunhowenia carinifera (Kaunhowen, 1898) (fig. 7F)

Naticidae

'*Natica*' *exaltata* Goldfuss, 1844

Naticidae sp. indet.

'*Natica*' *cretacea* Goldfuss, 1844 (fig. 7I)

Cypraeidae

Palaeocypraea limburgensis (Kaunhowen, 1898)

Muricidae

'*Murex*' *priscus* Kaunhowen, 1898 (fig. 7M)

Muricidae sp. indet.

Columbariidae

Columbarium heberti (Briart & Cornet, 1877)

Fusidae

'*Fusus*' *pliciferus* (Binkhorst van den Binkhorst, 1861)

'*Fusus*' *geulensis* Kaunhowen, 1898

'*Fusus*' *planus* Kaunhowen, 1898

Fascioliariidae

Fascioliariidae spp. indet. (fig. 7K, L)

Volutidae

'*Voluta*' *kaunhoweni* Vinassa de Regny, 1898

Volutilithes vinassai? Cossmann, 1901

Volutidae sp. indet.

Cancellariidae

Cancellariidae sp. indet. (fig. 7J)

?Cancellariidae sp. indet.

Acteonidae

Acteonidae sp. indet.

Ringiculidae

?*Ringicula* sp.

Bullidae

Bullidae spp. indet.

De ruime meerderheid van de bovenstaande soorten is ook uit de onderliggende lagen van de Meerssen Member bekend, maar er zijn er ook bij die tot IVf-7 beperkt lijken te zijn. Veel soorten, zo niet alle, zijn van 'Krijt-allure'. De hierboven als 'Muricidae sp. indet.' aangeduide soort (NHMM JJ 14023) heeft heel veel weg van een niet nader gedeter-

mineerde soort uit het Midden Danien van Faxø (zie Damholt & Rasmussen, 2005, p. 42; Damholt et al., 2010, p. 46).

Opvallend is ook het grote aandeel vleesetende soorten in de bovenstaande lijst. Bij de tweekleppigen is hierboven al opgemerkt dat de meeste soorten ingegraven leefden, wat suggereert dat de carnivore slakken actieve jagers waren, en niet zo zeer aaseters. In aantallen overheersen duidelijk pelikaansvoeten (Aporrhaidae) en *Xenophora*. Dit zijn relatief fragiele vormen, wat weer zou kunnen inhouden dat er weinig of geen transport over de zeebodem en/of bioturbatie plaats had.

Wat leefwijze betreft, kunnen we het volgende opmerken: vertegenwoordigers van de families van actieve predatoren Muricidae, Naticidae, Volutidae, Acteonidae en Bullidae waren carnivoren die leefden van vastzittende of mobiele macro-organismen, terwijl Cypraeidae - ook actieve predatoren - een voorkeur hadden voor vastzittende prooien, met name kolonievormende.

De meeste pelikaansvoeten (Aporrhaidae), Cerithiidae, Turbinidae en Xenophoridae aten microalgen of detritus, terwijl andere Cerithiidae er een herbivore levensstijl op na hielden. Penhorens (Turritellidae) deden zich te goed aan neerdwarrelende voedseldeeltjes. Zowel 'naplakken' (Fissurellidae) als *Hipponix* sp. zijn eerder zeldzaam, wat erop zou kunnen duiden dat de zeebodem uit zacht sediment bestond, zonder noemenswaardige 'rock and rubble'.

Uiteraard zijn boorgaten in slakken en tweekleppigen, als eenduidige aanwijzing voor predatie door Naticidae en Muricidae (en nog andere carnivore groepen), niet gemakkelijk op te sporen als er slechts steenkernen en gedeeltelijke afdrucken van de buitenkant van de schaal beschikbaar zijn.

COLEOÏDEN (BELEMNITELLIDAE, INKTVISSEN) (FIG. 8, PAG. 222)
Zowel aan de basis van IVf-7, in gruislagen die behoorlijk in dikte konden verschillen (fig. 2D) als direct op de Vroenhoven Horizont, zijn rostra van belemnieten verzameld. Voor zover we dit hebben kunnen nagaan gaat het hierbij hoofdzakelijk (?exclusief) om *Belemnella* (*Neobelemnella*) gr. *kazimiroviensis* (Skołodźdrówna, 1932) (fig. 8A-C). Voor deze soort, die in Polen en op het Russische Platform algemeen is, is dit de meest zuidwestelijke verspreiding. Algemeen wordt aangenomen dat haar uitbreiding naar Noordwest-Europa te maken had met een temperatuursdaling en/of een wijziging in stromingsrichting tijdens het Laat Maastrichtien. Jagt (2012a, d) noteerde dat er op sommige plekken in de voormalige groeve Curfs samenspoelingen (concentraties) van rostra van zowel verschillende grootte als conserveringsstoestand voorkwamen. Dit suggereert dat een deel duidelijk opgespoeld (geremanieerd) is; een ander deel maakt echter een 'verse' indruk en zou er dus op kunnen wijzen dat deze inktvissen de ecologische crisis op de K/Pg-grens overleefd hebben. Hopelijk kan een isotopenanalyse (strontium, Sr) hier duidelijkheid brengen.

NAUTILOÏDEN (FIG. 9, PAG. 222)

In tegenstelling tot ammonieten (zie hieronder) is het bij één enkele nautiloïde gebleven uit de 'tauw' in het hoogste deel van IVf-7. Deze is, zij het voorlopig, tot *Cimomia herberti* (Binkhorst van den Binkhorst, 1862) gerekend (Jagt, 2012b). Nautiloïden uit de onderliggende lagen (Laat Maastrichtien) zijn aan een dringende revisie toe; op dit moment kunnen we nog niet inschatten wat de morfologische variatiebreedte van de diverse soorten is. In ieder geval is duidelijk dat het bij het hier afgebeelde exemplaar niet gaat om een typisch vroeg-paleocene soort.

HETEROMORFE AMMONIETEN (FIG. 10, PAG. 222)

In het midden van de negentiger jaren kwamen, als grote verrassing, de eerste niet-spiraalgewonden (heteromorfe) ammonieten uit de 'tauw' van IVf-7 te voorschijn. We mogen er vanuit gaan dat dit voorkomen al langer bekend was, misschien zelfs al in de dagen van Binkhorst van den Binkhorst, Ubachs en Bosquet (zie Jagt & Reuvers, 2012; Jagt et al., 2012a, b), maar de echte waarde hiervan kon pas worden bepaald nadat de K/Pg-grens naar beneden was verlegd. Tot 1992 werd algemeen aangenomen dat die grens samenviel met de Vroenhoven Horizont aan de top van de Meerssen Member (IVf-7). Toen echter bleek dat er lager in het profiel, aan de top van IVf-6, vroeg-paleocene (micro)fossielen voorkwamen, alsook een kleipakket van uiteenlopende dikte (Geulhemmerberg en groeve Curfs), ging ons een licht op.

Omdat in alle standaardboeken de ammonieten op de K/Pg-grens worden geacht uit te sterven, werden vondsten uit het vroegste Paleoceen altijd - min of meer routinematig - afgedaan als opgespoeld materiaal. Nu we echter weet hebben van 'overlevers' in ver uit elkaar liggende gebieden (New Jersey, Polen, Denemarken, en mogelijk ook Antarctica; Machalski, 2005; Machalski et al., 2009; Landman et al., 2012), moeten we er rekening mee houden dat niet alle ammonieten tegelijkertijd slachtoffer werden van de gevolgen van de meteorietinslag, maar het hier en daar nog een tijdje uithielden. Hoe lang dat was is lastig te bepalen.

In vergelijking met de ammonietenfauna uit IVf-6 (Meerssen Member) valt op dat er alleen maar heteromorfe soorten optreden in IVf-7 en dat vertegenwoordigers van de familie Baculitidae domineren, met drie soorten. Bij de laatste zijn dikwijls (delen van) de mondrand van de woonkamers bewaard gebleven, zodat ze onmogelijk als opgespoeld en omgewerkt materiaal te interpreteren zijn (Machalski et al., 2009; Jagt, 2012c). Ook de soortensamenstelling is anders dan in het onderliggende IVf-6, waar *Baculites vertebralis* Lamarck, 1801 en *B. anceps* Lamarck, 1822, plus 'normaal' spiraalgewonden soorten als *Menuites terminus* (Ward & Kennedy, 1993) en *Sphenodiscus binckhorsti* J. Böhm, 1898 voorkomen, naast een aantal andere, zeer zeldzame heteromorfen. Van de drie soorten Baculitidae in IVf-7 is *Eubaculites carinatus* (Morton, 1834) (fig. 10A-C) de meest algemene, gevolgd door *Baculites* aff. *anceps* Lamarck, 1822 en *Baculites* ?nov. sp. Het grootst bekende exemplaar van

E. carinatus (fig. 10C) is gevonden direct onder de bovengrens van IVf-7 (= Vroenhoven Horizont) door Daan Vanhove en Simon D'haenens (Universiteit Leuven). Hoewel *E. carinatus* bekend is uit de Formatie van Maastricht (basis Nekum Member tot en met hogere deel Meerssen Member, IVf-5/-6), blijft de soort heel zeldzaam - minder dan tien exemplaren zijn nu bekend - terwijl ze in IVf-7 vrij algemeen is. Klinger & Kennedy (2001) hebben het meest gedetailleerde overzicht van de verspreiding gegeven: Baai van Biskaye, Noord-Spanje, zuidelijk Frankrijk, Oostenrijk, Zululand/Natal, Zuid-Afrika, Mozambique, ?Angola, Madagascarië, zuidelijk India, westelijk Australië, Quiriquina (Chili), British Columbia, California, Texas, Missouri, Mississippi, Alabama en New Jersey. Het lijkt er dus op dat het materiaal uit groeve Curfs zowel het meest noordelijke als ook het jongste voorkomen voorstelt van deze typische 'Tethys' vorm. Alle voorkomens in Europa zijn gedateerd als Laat Maastrichtien. De voorkomens in Maastricht en omgeving kunnen aangeduid worden als *Belemnella kazimiroviensis* zone (hogere deel van de *Palynodinium grallator* zone, of *Thalassiphora pelagica* subzone), en tonen aan dat de soort doorliep tot in het Vroeg Paleoceen.

Materiaal dat hier wordt aangeduid als *Baculites* aff. *anceps* is sterker beribd dan exemplaren uit het onderliggende IVf-6, die meestal gladder en groter (langer en breder) zijn. Ongeveer de helft van de exemplaren uit IVf-7 heeft mondranden bewaard, deels of compleet, wat suggereert dat het volwassen dieren waren.

De vierde baculitide in deze associatie is mogelijk een paedomorfe soort die nog niet beschreven is, en gekenmerkt wordt door een peervormige windingsdoorsnede, een min of meer glad fragmococon en een relatief korte woonkamer, met een versiering die bestaat uit dicht op elkaar staande, halfvemaanvormige ribben die duidelijker worden naar de mondrand toe. Bijna alle bekende exemplaren van deze vorm hebben (deels) bewaard gebleven mondranden wat er op duidt dat het volwassen dieren waren.

De enige vertegenwoordiger van de familie Scaphitidae is *Hoploscaphites constrictus johnjagti* Machalski, 2005, waarvan ten minste vijf redelijk goed bewaarde microconchen (fig. 10D) bekend zijn, één relatief kleine macroconch, plus een aantal fragmoconen. In windingsproporties en versiering zijn deze vergelijkbaar met zowel de gedrongen als slanke vormen uit het onderliggende IVf-6, hoewel de versiering meer uitgesproken lijkt te zijn.

Het voorkomen van vroeg-paleocene overlevers onder de ammonieten wijkt af van wat elders bekend is, met uitzondering van bijvoorbeeld Denemarken (Stevns Klint). Het voorkomen in de *Cerithium* Limestone Member (Rødvig Formatie; Surlyk et al., 2006), direct volgend op de Fiskeler Member van dezelfde formatie, is goed te vergelijken met de situatie in de buurt van Geulhem. De Vroenhoven Horizont lijkt correleerbaar te zijn met de top van de *Cerithium* Limestone Member, wat suggereert dat op sommige plaatsen ammonieten pas uitstierven in het vroegste Paleoceen (*oedumi* zone) of nog later (*abildgaardi* zone).

Geulhem Member (Va-1 tot Va-4)

STEKELHUIDIGEN (FIG. 11, PAG. 222)

Na het uitstekende overzicht van de zee-egelfauna uit de Geulhem Member, met name verzameld uit het hogere deel van die eenheid in tijdelijke ontsluitingen langs het Albertkanaal tussen Vroenhoven-Riemst en Veldwezelt (Belgisch Limburg) door Van der Ham (1988), valt er eigenlijk niet veel nieuws te melden. Behalve dat twee soorten nieuwe namen hebben gekregen: *Salenidia selandica* in Van der Ham (1988) is nu *Salenia (Pleurosalenia) vanbirgeleni* Smith in Smith & Jeffery, 2000, terwijl zijn 'Gen. et sp. aff. ?*Arbacina*' nu te boek staat als *Thylechinus vanderhami* Smith & Jeffery, 2000.

Al in de zestiger jaren van de vorige eeuw werd duidelijk dat er van het zee-egelgenus *Tylocidaris* twee types van primaire stekels in de Geulhem Member voorkwamen, hoewel de exacte stratigrafische verspreiding nooit werd vastgesteld. Voor de vorm die massaal in het onderste deel van deze eenheid voorkomt is de naam *T. hardouini* (Desor, 1855) beschikbaar (fig. 11A). Jagt (1999a, 2000b) merkte op dat vroege vormen van *T. oedumi* Brünnich Nielsen, 1938 uit het Vroeg Danien (= onderste deel van de Korsnæb Member, Stevns Klint Formatie; Surlyk et al., 2006) van Stevns Klint, zoals beschreven en afgebeeld door Gravesen (1993), niet van *T. hardouini* te onderscheiden waren. Jongere vormen zijn veel forser en langer en wijken wel af van *T. hardouini*. Boven de *oedumi* zone volgt in Denemarken de *abildgaardi* zone, waarin massaal de relatief korte, bolvormige stekels van *T. abildgaardi* Ravn, 1928 kenmerkend zijn. Net als de latere vorm van *T. oedumi*, komt dit stekeltype (= *T. abildgaardi*) niet voor in zuidelijk Limburg. Dit zou kunnen betekenen dat er in de Geulhem Member een hiaat zit dat gelijk staat met het grootste deel van de Korsnæb Member in Stevns Klint. Mogelijk valt dit samen met de verharde kalksteenbank (Va-3; zie fig. 2A). Als dat klopt, dan houdt dat ook in dat de zone met *T. hardouini* (die overeenkomt met het onderste deel van de Korsnæb Member) beter ontwikkeld is (lees: meer sediment in een vergelijkbaar tijdsbestek) dan in Denemarken. In het bovenste deel van de Geulhem Member komt een ander stekeltype voor, *T. bruennichi* Ravn, 1928 (fig. 11B). In vergelijking met *T. hardouini* is deze soort eerder zeldzaam; in het type Danien is ze kenmerkend voor het Midden Danien van Faxø (Bernecker & Weidlich, 1990; Lauridsen et al., 2012).

Smith & Jeffery (2000) accepteerden slechts twee soorten *Tylocidaris* uit het Vroeg Paleoceen, namelijk *T. hardouini* en *T. vexilifera*. Als synoniem van de eerste beschouwden ze *T. abildgaardi*, *T. bruennichi* en *T. oedumi*, van de laatste *T. rosenkrantzi* Brotzen, 1959. Voor ons gevoel is dit te simpel, zeker omdat duidelijk is dat de bijbehorende corona's zo goed als niet van elkaar verschillen en de primaire stekels de enige manier zijn om de 'soorten' (of misschien beter, morfotypes) uit elkaar te houden. Nog jongere soorten uit het Deense zijn uit zuidelijk Limburg niet bekend. Dit suggereert dat het Laat Danien niet is vertegenwoordigd in de Geulhem Member, maar misschien wel in

de daaropvolgende Bunde en Geleen members. Helaas zijn die beide eenheden nooit ontsloten geweest, en kennen we geen macrofauna's hieruit.

Slangsterfauna's uit de Geulhem Member (Jagt, 2000a) zijn - in vergelijking met de onderliggende Meerssen Member (Laat Maastrichtien) - eerder pover. Er is weinig overlap met Deense voorkomens, met mogelijke uitzondering van bepaalde soorten uit de families Ophiolepididae en Ophiacanthidae (vgl. Thuy, 2013). Kortom: op dit moment kan de slangsterfauna's weinig waarde in correlaties over grotere afstanden toebedacht worden.

Zeelelies zijn op dat terrein een stuk interessanter, vooral soorten uit de suborde Bourgueticrinina (Jagt, 1999b, 2000d). Uit de Geulhem Member zijn er drie bekend, te weten *Bourgueticrinus bruennichi* Ødum in Jessen & Ødum, 1923, *B. danicus* Brünnich Nielsen, 1913 en *Democrinus? maximus* (Brünnich Nielsen, 1915). Met name de eerstgenoemde is beperkt tot het onderste deel van de eenheid. Dit is van groot belang omdat tijdens het vroegste Danien paedomorfose een grote rol speelde in de evolutie van zeelelies, met name in steeldragende vormen, zoals gedocumenteerd door Kjaer & Thomsen (1999).

Vergelijkbaar in stratigrafisch belang zijn zeesterren uit de Geulhem Member (Jagt, 2000c, d), met een duidelijke tweedeling. Uit het onderste deel (met *T. hardouini*) zijn *Metopaster spencerii* Brünnich Nielsen, 1943, *M. kagstrupensis* Brünnich Nielsen, 1943 en *Crateraster anchylus* (Brünnich Nielsen, 1943) gemeld, die in Denemarken veel voorkomen in, en beperkt zijn tot, de Korsnæb Member (*oedumi* en *abildgaardi* zones). Opvallend is wel dat de Limburgse individuen doorgaans van kleiner formaat zijn ('dwerggroei'), waar lokale ecologische omstandigheden debet aan geweest kunnen zijn. Interessant is daarnaast dat Damholt et al. (2010, p. 32, links onderaan) een 'eindplaat' (ultieme superomarginale) van *M. spencerii* afbeelden voor Faxe. Dat is mogelijk te wijten aan contaminatie of een etiketsverwisseling, maar zou ook kunnen betekenen dat *M. spencerii* doorgaat tot in het Midden Danien, terwijl de soort een gidsrol was weggelegd voor het Vroeg Danien (Brünnich Nielsen, 1943; Wienberg Rasmussen, 1950). In het bovenste deel van de Geulhem Member (*bruennichi* zone; met name in de Albertkanaal secties) is een andere fauna te vinden, met typische midden- en zelfs laat-danien soorten als '*Pycinaster*' aff. *rosenkrantzi* Brünnich Nielsen, 1943 en *P. aff. cornutus* Rasmussen, 1945. Andere karakteristieke midden-danien (*bruennichi* zone, Faxe) soorten zoals *M. elevatus* Brünnich Nielsen, 1943 zijn echter niet bekend.

TWEEKLEPPIGEN (FIG. 12, ZIE PAG. 223)

Een zeer voorlopige lijst van tweekleppigen uit de Geulhem Member, op familie- en genusniveau, is te vinden in Jagt & Wesselingh (1988). Zij noemden (* betekent met schaal, of resten daarvan): Nuculidae, Arcidae, *Cucullaea* (fig. 12A, B), *Glycymeris* (fig. 12C), boormossels (**Botula*, **Lithophaga*),

**Septifer*, Crassatellidae (fig. 12H), Lucinidae (fig. 12B, D, G), Corbulidae en *Cuspidaria*. In hoofdzaak was deze lijst gebaseerd op het hogere deel van de Geulhem Member (Va-3 en Va-4) in de toen nog actieve groeve Curfs. Jagt & Janssen (1988b) voegden **Jouannetia* daaraan toe, plus Astartiidae, Cardiididae (fig. 12E) en Carditidae. Ook Veneridae (fig. 12F, G) zijn aangetroffen, mogelijk zelfs in diverse soorten.

In het diepere deel (Va-1 en Va-2) is ook een aantal schelprijke niveaus ontwikkeld. Het grootste probleem voor de gehele Geulhem Member is dat er van soorten met een aragonitische schelp slechts steenkernen en afdrucken van de buitenkant beschikbaar zijn, en het gebruik van siliconenrubbers dus onontbeerlijk is. Daarbij komt nog dat in coquinas de afzonderlijke schelpen zo dichtgepakt op elkaar, en in elkaar, liggen dat het lastig is volledige exemplaren vrij te prepareren. Van sommige soorten, met name die met een dikkere schaal, zijn af en toe schelpresten aangetroffen. Oesters zijn relatief zeldzaam; in het hogere deel van de Geulhem Member komen losse kleppen van **Gryphaea* *canaliculata* (J. Sowerby, 1813) vrij regelmatig voor.

Ondanks het feit dat deze bivalvenfauna's vrij divers zijn, nodigt de bewaringstoestand niet echt uit tot een uitgebreid vergelijk met fauna's elders in Europa, onder andere in het Bekken van Mons (Vincent, 1930; Glibert & Van de Poel, 1973), Nordrhein-Westfalen (Anderson, 1973, 1974), Denemarken (Ravn, 1933; Damholt et al., 2010; Lauridsen et al., 2012) en nog verder naar het noorden en oosten (Krach, 1981; Żarski et al., 1998; Petersen & Vedelsby, 2000). Maar als we kijken naar de lijst van geassocieerde slakken (hieronder), dan mogen we er vanuit gaan dat de verbindingen met het Bekken van Mons sterker waren dan die met het typegebied van het Danien in Denemarken.

SLAKKEN (FIG. 13, ZIE PAG. 224 EN 225)

Wat hierboven werd aangegeven voor tweekleppigen geldt ook voor slakken; met uitzondering van slechts vier soorten, *Acmaea* sp., *Otostoma* cf. *pouechi*, *Neritopsis* sp. en Epitoniidae sp. indet., zijn alleen steenkernen en afdrucken beschikbaar. Van *Neritopsis* sp. is louter het operculum bekend, maar het voordeel is wel dat dat systematisch bruikbaar is (Kaim & Sztajner, 2005). Hoewel de lijst hieronder een zeer voorlopige is, illustreert ze dat de slakkenfauna's relatief rijk zijn, net als die van IVf-7. De teller staat op dit moment op 37 soorten, maar we mogen er gerust van uitgaan dat dit een minimum aantal is. Opvallend is het voorkomen van een aantal types 'napslakken' (Acmaeidae, Patelidae, Fissurellidae), die een harde ondergrond en/of 'rock and rubble' aantonen. Daarnaast lijkt het erop dat geen enkele laat-kretaceïsche soort optreedt in de Geulhem Member, terwijl deze wel voorkwamen in IVf-7. Voor de slakken geldt dus dat de 'faunal break' op de K/Pg-grens niet samenvalt met die grens (= Berg en Terblijt Horizont), maar hoger ligt, boven de Vroenhoven Horizont of daarmee gelijkgesteld kan worden.

Tot nog toe zijn de volgende soorten vastgesteld, in hoofdzaak gebaseerd op de collecties van één van ons (PHMvK), waarbij * betekent met schaal, of resten daarvan:

- Pleurotomariidae
Leptomaria sp. (fig. 13SS)
 Acmaeidae
 **Acmaea* sp. (fig. 13A)
 Patellidae
Patella sp. (fig. 13H)
 Fissurellidae
Emarginula sp. (fig. 13C)
 Trochidae
Periaulax inaequecostatus (Kaunhowen, 1898) (fig. 13G)
 Trochidae sp. indet. (fig. 13F)
 Neritidae
 **Otostoma* cf. *pouechi* d'Archiac, 1859 (fig. 13B)
 Neritopsidae
 **Neritopsis* sp. (operculum) (fig. 13QQ, RR)
 Architectonicidae
Architectonica sp. (fig. 13I)
 Turritellidae
Haustator cf. *nysti* (Briart & Cornet, 1873) (fig. 13K)
Turritella cf. *herminae* Briart & Cornet, 1873 (fig. 13M)
 Siliquariidae
 Siliquariidae sp. indet. (fig. 13P, Q)
 Cerithiidae
 ?*Bittium* sp. (fig. 13LL)
 Diastomatidae
Keilostoma typicum Briart & Cornet, 1887 (fig. 13OO)
 Epitoniidae
 *Epitoniidae sp. indet. (fig. 13O)
 Cerithiopsidae
 ?*Cerithiopsis* sp. (fig. 13GG)
 Calyptraeidae
Calyptraea montensis Cossmann, 1915 (fig. 13D, E)
 Xenophoridae
Xenophora sp.
 Aporrhaidae
Arrhoges montensis Vincent, 1930 (fig. 13V, W)
 Rostellariidae
Calyptrophorus houzeai (Briart & Cornet, 1877) (fig. 13T)
 Naticidae
Crommium (Amauropsella) cipliensis Vincent, 1930 (fig. 13AA, BB)
Euspira briarti (von Koenen, 1885) (fig. 13DD, EE)
 Ficidae
Ficopsis bicarinata var. *cipliensis* Vincent, 1930 (fig. 13FF)
 Columbariidae
Columbarium heberti (Briart & Cornet, 1877) (fig. 13S, U)

- Cymatiidae
Sassia sp. (fig. 13R)
 Fasciolariidae
 Fasciolariidae sp. indet. (fig. 13J)
 Melongenidae
 ?Melongenidae sp. indet. (fig. 13N)
 ?*Pugilina hannonica* Vincent, 1930 (fig. 13PP)
 Pseudolividae
Popenoeum ambiguum (Binkhorst van den Binkhorst, 1861) (fig. 13II, JJ)
 Volutidae
 Volutidae spp. indet. (fig. 13L, Z)
Athleta cf. *elevata* (J. de C. Sowerby, 1840) (fig. 13Y)
 Mitridae
Mitra (Pseudocancilla) omalii Briart & Cornet, 1870 (fig. 13CC)
 Clavatulidae
Turricula pauli (Briart & Cornet, 1870) (fig. 13KK)
 Acteonidae
Tornatellaea oviformis (Kaunhowen, 1898) (fig. 13MM)
Tornatellaea montense Vincent, 1930 (fig. 13X)
 Cylichnidae
 Cylichnidae sp. indet. (fig. 13NN)
 Bullidae
 Bullidae sp. indet. (fig. 13HH)

De voorlopige lijst in Jagt & Wesselingh (1988) vermeldt daarnaast ook nog *Ringicula* sp. en Turridae(?), hoewel de laatste wel eens betrekking kan hebben op wat we hier aanduiden als *Turricula pauli*.

Zoals duidelijk blijkt uit de namen van auteurs (bijv. Briart & Cornet, Vincent) van de diverse taxa, zijn vele componenten in de Geulhem Member vergelijkbaar met die uit het Bekken van Mons (Briart & Cornet, 1870-1887; Cossmann, 1915, 1924; Glibert, 1973), afkomstig uit de Ciplly Calcarene Formatie (Laga et al., 2002). De enige pleurotomariide uit het onderste deel van de Geulhem Member van het Albertkanaal (Vroenhoven-Riemst) heeft veel weg van materiaal uit het 'Midden' Danien van Vigny (Val d'Oise), ten noordwesten van Parijs (Pacaud, 1998, 2004, 2009; Pacaud et al., 2000). Vroeg-paleocene gastropodenfauna's van Val d'Oise en Denemarken (met name Faxø, Sjælland), hebben - in tegenstelling tot die uit de Geulhem Member - het voordeel dat er prachtige afgietsels gemaakt kunnen worden van afdrucken in compacte, zeer fijnkorrelige kalkstenen zodat alle taxonomisch belangrijke kenmerken zichtbaar worden. Ook de geassocieerde steenkernen kunnen op die manier gedetermineerd worden (Damholt et al., 2010). Voor Faxø geldt daarnaast dat er een speciale facies ontwikkeld is in het Midden Danien, de Næsekalk. Hierin zijn alle aragonitische mollusken (tweekleppigen, slakken, keverslakken) secundair omgezet in calciet, en dus driedimensionaal bewaard. Op die manier is al menig nieuwe soort ontdekt, en het onderzoek gaat onverminderd door (Schilder, 1928; Ravn, 1933; Pacaud & Schnetler, 1999; Schnetler et al., 2001; Schnetler & Petit, 2006; Schnetler & Lozouet, 2012; Schnetler, 2013).

Hoe precies de verhoudingen liggen met andere voorkomens, zowel dichtbij (Nordrhein-Westfalen; Anderson, 1975) als (veel) verder weg, naar het noordwesten (Groenland; Kollmann & Peel, 1983), het noorden (Anderson et al., 1977), het zuidoosten (Traub, 1979, 1980, 1981, 1984, 1989), het oosten (Polen; Krach, 1963, 1969, 1981) en het zuidoosten (Krim, Oekraïne; Gorbach, 1972), moet nog nader bepaald worden. Er zijn zeker overeenkomsten, maar ook de nodige verschillen.

NAUTILOÏDEN (FIG. 14, PAG. 226)

Net als in IVf-7 zijn nautiloïden in de Geulhem Member zeldzaam, maar dat kan alles te maken hebben met 'collection bias'. De verharde kalksteenbanken behoorden zeker niet tot de favoriete verzamelplekken van menig collectionneur, en de bewaringstoestand maakte alles nog minder aantrekkelijk. Twee fragmentarische steenkernen zijn ons bekend. De ene is een losse woonkamer (fig. 14A, B; huidige verblijfplaats onbekend), waarschijnlijk uit het hogere deel van de Geulhem Member, die in proporties en sutuur (wat er van zichtbaar is) heel veel weg heeft van *Eutrep hoceras bellerophon* (Lundgren, 1897). Van een veel groter exemplaar (fig. 14C-F), uit de groeve Curfs, is een bijna complete woonkamer en een deel van het fragmocoon bekend. Van wat zichtbaar is aan suturelijn kan dit exemplaar niet tot *Hercoglossa danica* (von Schlotheim, 1820) noch tot *Danathuroidea fricator* (Beck in Lyell, 1837) gerekend worden. Beide soorten zijn bekend uit het Midden Danien van Faxe (Rosenkrantz, 1945; Damholt & Rasmussen, 2005; Damholt et al., 2010). Mogelijk is het exemplaar uit Geulhem een vertegenwoordiger van het genus *Cimomia* Conrad, 1866.

Ook losse onderdelen van de kaken van nautiloïden zijn bekend, in de vorm van een onderkaakselement (concho-rhynch; fig. 14G) en een enorm grote bovenkaak (rhyncholiet; fig. 14H-K), beide uit de voormalige groeve Curfs.

EENDENMOSSELS EN ZEEPOKKEN (FIG. 15, PAG. 226)

Plaatselijk, met name in het onderste en bovenste deel van de Geulhem Member, respectievelijk aan het Albertkanaal en in de voormalige groeve Curfs, waren losse kalkplaatjes van cirripeden relatief talrijk. Heel typisch, en onmiskenbaar vanwege de versiering, is *Pycnolepas bruennichi* Withers, 1914, die in Denemarken tot het Midden Danien beperkt schijnt te zijn, maar in het studiegebied ook al optreedt in het Vroeg Danien (*hardouini* zone; Jagt & Collins, 1988). Ook losse onderdelen van de asymmetrische zeepok *Verruca* (fig. 15N), mogelijk verwant aan *V. prisca* Bosquet, 1854 of *V. steenstrupi* Brünnich Nielsen, 1912, zijn bekend, zij het mondjesmaat. Of deze vorm overeenkomt met Deens materiaal moet nog blijken - de systematiek van de familie Verrucidae uit het Laat Krijt en Vroeg Paleoceen gaat nu op de schop. Verwacht mag worden dat er veel gaat veranderen, en dat data in Brünnich Nielsen (1912), Withers (1935), Donovan & Jakobsen (2004) en Buckeridge et al. (2008) gereviseerd moeten worden.

Nieuw materiaal uit het hogere deel van de Geulhem Member in de voormalige groeve Curfs, verzameld door één van ons (PHMvK), omvat ook soorten, waarschijnlijk twee, van *Arcoscalpellum* Hoek, 1907 (fig. 15A-M). Terugvallend op Withers (1935) en Carlsson (1953), lijkt het erop dat noch *Arcoscalpellum elongatum* (Steenstrup, 1837) noch *A. danicum* (Brünnich Nielsen, 1912) in dit materiaal vertegenwoordigd zijn. De kans bestaat dat het (een) endemische soort(en) is (zijn). 'Calantica' *dorsata* (Steenstrup, 1839), een soort die veel voorkomt in het Midden Danien van Faxe, is nog niet aangetroffen.

KREEFTEN EN KRABBen (FIG. 16, PAG. 227)

Buiten een reeks losse vingers, vaak fragmentarisch en/of afgesleten door langdurende transport, is slechts een handjevol min of meer complete krabbenschilden, en zelfs een bijna compleet individu van *Raniliformis* aff. *baltica* (Seegerberg, 1900) (fig. 16A, B), zoals beschreven door Jagt et al. (1993; zie ook Van Bakel et al., 2012), bekend. Bij nader inzien blijken er toch een paar verschillen met de Deense en Zweedse exemplaren (Collins & Jakobsen, 1994) te zijn, zodat dit mogelijk ook een endemische soort is.

Qua diversiteit is de krabbenfauna van de Geulhem Member absoluut geen 'match' met die uit het Midden Danien (*bruennichi* Zone; Faxe Formatie) van Faxe (Collins & Jakobsen, 1994; Jakobsen & Collins, 1997; Damholt & Rasmussen, 2005; Damholt et al., 2010; Lauridsen et al., 2012). In het Vroeg Danien (*oedumi* en *abildgaardi* zones), met name van de klifsecties (Stevens Klint), zijn krabben zeldzaam.

Van Dromiopsis (fig. 16C) is een enkel exemplaar bekend; dit lijkt sterk op *D. mosae* Collins, Fraaye & Jagt, 1995 uit het Laat Maastrichtien van het Bekken van Mons. Een fragment, met rechter 'wang', is herkend in oude bestanden van de Max Meijer collectie (NHMM), behoort klaarblijkelijk tot dezelfde soort. Een deel van een ander krabbenschild, uit het hoogste deel van de Geulhem Member in de voormalige groeve Curfs, vertegenwoordigt mogelijk een nieuwe soort uit de familie Lyreididae (fig. 16D).

Gravende kreeftachtigen zijn ook herkend; hun voorkomen (fig. 16E) suggereert dat er uitgebreide gangenstelsels waren in de ondiepe zeebodem, met een centrale schacht en tunnels naar alle kanten (sporen- of ichnogenus *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944). In het veld zijn dit soort sporenfossielen zo goed als onbekend, wat de zeldzaamheid van deze groep kreeftachtigen (Callianassoidea) verklaart. Zonder beide schaarvingers is een determinatie op genus- of soortniveau onmogelijk.

ANDERE INVERTEBRATEN (FIG. 17, PAG. 227)

In eerste instantie komen octokoralen in aanmerking; zowel *Moltkia* sp. (fig. 17A) als *Isis* aff. *steenstrupi* (Brünnich Nielsen, 1913) (fig. 17B) zijn herkend, de laatste van behoorlijk formaat en in gruislagen aan de basis van IVf-7.

Soorten van het genus *Graphularia* Milne-Edwards & Haime, 1851 zijn vele malen zeldzamer dan in het onderliggende Laat Maastrichtien (Voigt, 1958).

Aan brachiopoden worden met name Thecideidae (fig. 17C) en Craniidae (fig. 17E) gevonden, naast zeldzame micromorfe soorten. Deze fauna's zijn nog niet fatsoenlijk bewerkt, dus we moeten ons hier beperken tot opmerkingen over twee soorten. Heel opvallend, aan de basis van IVf-7, zijn de enorme aantallen *Thecidea papillata* (von Schlotheim, 1813) in het plafond van de Geulhemmerberg (fig. 3D). Deze soort heeft een klein aanhechtingsvlak (Backhaus, 1959; Simon, 1998), en kan dus relatief snel een zeebodem koloniseren waarop geschikte substraten liggen. Dit zou dus heel goed een opportunistische soort kunnen zijn, die gebruik maakte van de verminderde sedimentatie. *Danocrania geulhemensis* (Kruytzer & Meijer, 1958) is een plaatselijk algemene soort, die in de gehele Geulhem Member optreedt. Bijna 'gesteentevormende' voorkomens zijn ons bekend van het Albertkanaal bij Veldwezelt, in het hogere deel van de eenheid (*bruennichi* zone).

Ook massaal vertegenwoordigd in de hoogste meter van de Geulhem Member in de voormalige groeve Curfs was de kokerworm *Ditrupa schlotheimi* Rosenkrantz, 1920 (fig. 17D). Een dergelijk voorkomen suggereert ook een verminderde sedimentatiesnelheid en een zeker opportunisme. Voor een goed overzicht van de vrij rijke kokerwormfauna's (Sabellidae, Serpulidae) uit deze eenheid wordt verwezen naar Jäger (1993).

HAAIEN, ROGGEN, CHIMAEREN EN BEENVISSEN (FIG. 18, PAG. 228 EN 229)

Door een relatief kleine groep mensen is in een tijdsbestek van een aantal jaren een aardige, en vrij diverse, haaien- en roggentandenfauna verzameld, met name aan de basis (Vroenhoven-Riemst) en aan de top (voormalige groeve Curfs) van de Geulhem Member. De bewerking hiervan is pas begonnen, zodat de onderstaande data als voorlopig beschouwd moeten worden.

Net als in de andere groepen zijn er duidelijke verbanden met het type Danien in Denemarken (en zuidelijk Zweden; Siverson, 1993, 1995; Damholt & Rasmussen, 2005; Damholt et al., 2010; Rasmussen et al., 2011; Adolfssen & Ward, in druk), maar ook met het Bekken van Mons in zuidelijk België (Herman, 1977; Nolf, 1986) en nog verder zuidelijk, Noord-Afrika met name (Halter, 1989; Noubhani & Cappetta, 1993).

Paleospinacidae

Synechodus faxensis (Davis, 1890) (fig. 18E-G)

Hexanchidae

Notidanodon sp. (fig. 18A)

Heterodontidae

Heterodontus lerichei (Casier, 1943) (fig. 18S)

Carchariidae

Carcharias gracilis (Davis, 1890)

Carcharias sp. (fig. 18B)

Striatolamia cederstroemi (Siverson, 1995) (fig. 18H-J)

Odontaspidae

Odontaspis speyeri (Dartevelle & Casier, 1952) (fig. 18C, D)

Otodontidae

Cretalamna appendiculata (Agassiz, 1843) (fig. 18K-R) forma *pachyrhiza* (Herman, 1977) en forma *lata* (Agassiz, 1843)

Triakidae

Palaeogaleus sp. (fig. 18T)

Mobulidae

Eomobula sp. (fig. 18W, X)

Dasyatidae

Dasyatis sp. (fig. 18U)

Hypolophodon sylvestris (White, 1931) (fig. 18V)

Voor zijn 'Vroenhoven selachian assemblage' somde Halter (1989, p. 181) 26 soorten haaien en roggren op, waarvan er 11 definitief van paleocene ouderdom waren: *Synechodus faxensis*, *Ginglymostoma* sp., *Cretalamna* [sic] *appendiculata* var. *lata*, *Cretalamna* [sic] sp., *Scyliorhinus* sp., *Palaeogaleus brivesi* (Arambourg, 1952), *Galeorhinus girardoti* Herman, 1977, *Hexanchus microdon* Agassiz, 1843, *H. gracilis* Davis, 1887 en *Palaeodasyatis hermani* Halter, 1989. Een van de paratypes van de laatstgenoemde soort werd later herkend als *Prosopodon assafai* Noubhani & Cappetta, 1995.

Hoewel het dus nog te vroeg is voor verrijkende conclusies lijkt het erop dat haaien- en roggrenfauna's op de overgang van het Laat Maastrichtien naar het Vroeg Danien behoorlijke klappen kregen. Kriwet & Benton (2004) noteerden dat 'open water' top predatoren, zoals vertegenwoordigers van de families Anacoracidae en Cretoxyrhinidae, en hard voedsel etende vormen uit ondiep water zoals Sclerorhynchidae en Rhombodontidae, het loodje legden. Maar, aan het begin van het Paleoceen kwamen groepen die er een vergelijkbare ecologie op na hielden, terug en tegen het eind van die periode (of het begin van het Eoceen) was het evenwicht volledig hersteld (zie ook Cappetta, 2012). Opvallende elementen in de haaienfauna's van de Geulhem Member zijn de middelgrote tanden van het genus *Cretalamna*; deze lijken de associaties zelfs te overheersen, hoewel er rekening gehouden moet worden met een zekere 'collection bias' waar het gaat om grotere soorten. Wat beenvissen betreft zijn er losse tanden van vertegenwoordigers van de familie Sparidae (fig. 18BB) en huidplaten van de 'koffervis' *Ostracion* cf. *meretrix* Daimeries, 1891 (fig. 18AA) die ook uit het onderliggende Laat Maastrichtien bekend zijn (Friedman, 2012).

KROKODILLEN (FIG. 19, PAG. 230)

Mede door het wegvallen van 'top predatoren' uit de familie Mosasauridae aan het einde van het Laat Krijt (Laat Maastrichtien) konden in het Vroeg Paleoceen mariene krokodillen doordringen tot de top van de voedselketen waar ze alleen concurrentie te duchten hadden van de gro-

tere haaiensoorten (Lamnidae; *Cretalamna*). Helaas worden slechts geïsoleerde tandkronen (fig. 19A-E) van deze dieren gevonden, en afgesleten kaakfragmenten die mogelijk ook tot deze soort horen. Ander (post-)craniaal materiaal, bijvoorbeeld wervels, is niet bekend, in tegenstelling tot het onderliggende Laat Maastrichtien (Mulder, 1993).

Net als in het Vroeg Paleoceen van New Jersey, Denemarken, zuidelijk Zweden en Polen (Troedsson, 1924; Żarski et al., 1998; Milàn, 2012) gaat het bij dit materiaal om *Thoracosaurus*. Het lijkt erop dat er meerdere soorten bekend zijn uit dit genus, maar voor een waterdichte determinatie is meer nodig dan alleen losse tandkronen. Fossiele uitwerpselen (coprolieten) van dit soort krokodillen (Milàn, 2010) zouden - in principe - ook te vinden moeten zijn; waarschijnlijk is dit een kwestie van niet herkend zijn tot nog toe.

VREEMDE ZAKEN (FIG. 20, PAG. 230)

Eén van de meest merkwaardige resten is mogelijk ook een weekdier, maar we hebben nog geen idee in welke groep we dit moeten zoeken. In het onderliggende Laat Maastrichtien komen vertegenwoordigers van de Hippuritoida (rudisten) veel voor, maar deze sterven nog vóór de K/Pg-grens uit. Bovendien vertoont de steenkern van dit soort mollusken altijd aanhechtingpunten voor ligament en articulatielijstjes en is de calcitische buitenste schaal bewaard gebleven. Geen van beide is zichtbaar in dit fossiel.

Conclusies - toekomstig onderzoek

Hierboven is aangetoond dat de fauna's die na 1988 verzameld zijn in het hoogste deel van de Meerssen Member (IVf-7) en de gehele Geulhem Member, in hoofdzaak in de voormalige groeve Curfs, genoeg aanknopingspunten bieden om de vroeg- en midden-danien ouderdom van die eenheid te staven. Een gedetailleerde bewerking van met name de slakken-, tweekleppigen- en haaien- en roggenfauna's staat op het programma voor de komende jaren. Op basis hiervan kunnen correlaties met andere voorkomens in Noordwest-Europa, maar ook daarbuiten (Groenland), verder worden uitgewerkt, en ook de paleoecologie van de diverse groepen worden geanalyseerd.

Begonnen zal worden met de gastropoden- en bivalvenfauna's. Dit wordt een tijdrovende klus, met het oog op de conserveringstoestand en het noodgedwongen gebruik van siliconenrubbers, maar de soortenlijsten hierboven zien er veelbelovend uit. Niet alleen voor wat betreft taxonomie maar ook paleoecologie en, daaraan gekoppeld, paleobiogeografie en mogelijke migratiepatronen (Heinberg, 2005). Er zijn duidelijke links zowel naar het zuiden (Vigny, Val d'Oise [Bignot, 1992, 1993; Pacaud et al., 2000]; Bekken van Mons) als naar het noorden (Denemarken; Bonde et al., 2008; Damholt & Surlyk, 2012) en oosten (Polen, Oekraïne). Ook binnen de Geulhem Member kan dit alles leiden tot een verfijning van de stratigrafische reikwijdtes van de diverse soorten (vergelijk Jagt & Janssen, 1988c).

Aan eendenmossels, zeepokken, kreeften en krabben valt op dat er relatief veel endemische elementen voorkomen; mogelijk gaan er ook nog heremietkreeften (Paguroidea) schuil in de kleine verzameling losse vingers die nu beschikbaar is. Gezien de rijkdom aan potentiële behuizingen voor dit soort dieren zou dat niet als een verrassing mogen komen.

Een derde project behelst de haaien- en roggentanden uit de Geulhem Member, met mogelijk daaraan gekoppeld een studie van de losse tandplaten van Chimaeroidei (ratvissen) die mondjesmaat bekend zijn (Evgeny V. Popov et al., in voorbereiding; fig. 18Y, Z).

Dankwoord

Voor toestemming voor veldwerk en aanleveren van foto's, materiaal en literatuurbronnen bedanken we, in alfabetische volgorde: Frans Bergsteyn, Henk Brinkhuis, Simon D'haenens, Stijn Goolaerts, Henk Heijligers, Ad van Hout, Janine Huntjens, Lion Kirkels, Evgeny Popov, Jan Smit, Robert P. Speijer, Peter Stassen, Stichting De Rotswoning, Stichting Het Limburgs Landschap, Jef Strijthagen, Leon Tillie, Daan Vanhove en Kris Van Tilborgh. Bert van der Valk gaf commentaar op een eerdere versie van de tekst, waarvoor dank.

Literatuur

- Abdel-Gawad, G.I., 1986. Maastrichtian non-cephalopod mollusks (Scaphopoda, Gastropoda and Bivalvia) of the Middle Vistula Valley, central Poland. – *Acta Geol. Pol.* 36: 69-224.
- Adolfsson, J.S. & D.J. Ward, in druk. Neoselachians from the Danian (Early Paleocene) of Denmark. – *Acta Palaeont. Pol.*, <http://dx.doi.org/10.4202/app.2012.0123>
- Anderson, H.-J., 1973. Die Fauna der paläocänen Hückelhovener Schichten aus dem Schacht Sophia Jacoba 6 (Erkelenzer Horst, Niederrheinische Bucht). Teil 1: Palaeotaxodonta und Pteriomorphia. – *Geol. Palaeont.* 7: 175-182.
- Anderson, H.-J., 1974. Die Fauna der paläocänen Hückelhovener Schichten aus dem Schacht Sophia Jacoba 6 (Erkelenzer Horst, Niederrheinische Bucht). Teil 2: Bivalvia, Heterodonta und Anomalodesmata. – *Geol. Palaeont.* 8: 159-192.
- Anderson, H.-J., 1975. Die Fauna der paläocänen Hückelhovener Schichten aus dem Schacht Sophia Jacoba 6 (Erkelenzer Horst, Niederrheinische Bucht). Teil 3: Scaphopoda, Gastropoda, Cephalopoda. – *Geol. Palaeont.* 9: 141-171.
- Anderson, H.-J., Hiltermann, H. & Schmid, F., 1977. Das Paläocän von Pennigsehl, westlich Nienburg/Weser. – *Geol. Palaeont.* 11: 197-203.
- Backhaus, E., 1959. Monographie der cretacischen Thecidea (Brach.). – *Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg* 28: 5-90.
- Berneckner, M. & O. Weidlich, 1990. The Danian (Paleocene) Coral Limestone of Fakse, Denmark: a model

- for ancient aphotic, azooxanthellate coral mounds. – *Facies* 22: 103-138.
- Bignot, G., 1992. Une association de foraminifères du récif montien de Vigny. Considérations sur la paléogéographie dano-montienne du nord-ouest européen. – *Rev. Micropaléont.* 35: 179-196.
- Bignot, G., 1993. The position of the Montian Stage and related facies within the stratigraphic-palaeogeographic framework of NW Europe during the Danian. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 29: 47-59.
- Binkhorst van den Binkhorst, J.T., 1861-1862. Monographie des gastéropodes et des céphalopodes de la craie supérieure du Limbourg, suivie d'une description de quelques espèces de crustacés du même dépôt crétacé, avec dix-huit planches dessinées et lithographiées par C. Hohe, de Bonn, vi + 83 + 44 p. – A. Muquardt, Bruxelles/Muller Frères, Maastricht.
- Bonde, N., S. Andersen, N. Hald & S.L. Jakobsen, 2008. Danekræ – Danmarks bedste fossiler, 224 + i p. Gylendal, København.
- Briart, A., 1888. Sur le genre *Trigonia* et description de deux Trigonies nouvelles des terrains supra-crétacés de Maestricht et de Ciply. – *Ann. Soc. r. Malacol. Belg.* 23: 325-339 [3-19].
- Briart, A. & F.L. Cornet, 1870-1887. Description des fossiles du Calcaire grossier de Mons. Gastéropodes. – *Mém. Acad. r. Sci., Lett., B.-Arts Belg.* 36 (1870): 1-76; 37 (1873): 1-94; 43 (1877): 1-73; 47 (1887): 1-124.
- Brinkhuis, H. & J. Smit (eds), 1996. The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands). – *Geol. Mijnbouw* 75: ii + 101-293.
- Brünnich Nielsen, K., 1912. Cirripedierne i Danmarks Danien-Aflejringer. – *Meddr dansk geol. Foren.* 4: 19-42.
- Brünnich Nielsen, K., 1943. The asteroids of the Senonian and Danian deposits of Denmark. – *Biol. Skr. Dansk Vidensk. Selsk.* (2)5: 3-68.
- Buckeridge, J.S., J.W.M. Jagt & R.P. Speijer, 2008. *Veruca punica*, a new species of verrucosomorph barnacle (Crustacea, Cirripedia, Thoracica) from the Lower Danian (Palaeocene) of Tunisia. – *Zootaxa* 1844: 37-46.
- Cappetta, H., 2012. Chondrichthyes II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii (Teeth), 512 p. – F. Pfeil, München.
- Carlsson, J.G., 1953. The Cretaceous cirripedes of Sweden. – *Lunds Univ. Årsskr.*, N.F. (2)49: 1-39.
- Collins, J.S.H. & S.L. Jakobsen, 1994. A synopsis of the biostratigraphic distribution of the crab genera (Crustacea, Decapoda) of the Danian (Palaeocene) of Denmark and Sweden. – *Bull. Mizunami Fossil Mus.* 21: 35-46.
- Cooke, C.W., 1953. American Upper Cretaceous Echinoidea. – *U.S. Geol. Surv., Prof. Paper* 254-A: iv + 1-44.
- Cossmann, M., 1915. Révision des scaphopodes, gastropodes et céphalopodes du Montien de Belgique. Première partie. – *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belg.* 6 (1913): 1-71.
- Cossmann, M., 1924. Révision des scaphopodes, gastropodes et céphalopodes du Montien de Belgique. Deuxième partie. – *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belg.* 34: 1-35.
- Damholt, T. & A. Rasmussen, 2005. Fossiler fra Faxe Kalkbrud, 44 p. – Østsjællands Museum, Store Heddinge.
- Damholt, T., A. Rasmussen & L. Rasmussen, 2010. Fossiler fra Faxe Kalkbrud. Revideret og udvidet udgave, 48 p. – Geomuseum Faxe, Faxe.
- Damholt, T. & F. Surlyk, 2012. Nomination of Stevns Klint for inclusion in the World Heritage List, 160 p. – Østsjællands Museum, Store Heddinge.
- Dhondt, A.V., 1971. Systematic revision of the subfamily Neitheinae (Pectinidae, Bivalvia, Mollusca) of the European Cretaceous. – *Mém. Inst. r. Sci. nat. Belg.* 176: 1-101.
- Donovan, S.K. & S.L. Jakobsen, 2004. An unusual crinoid-barnacle association in the type area of the Danian (Paleocene), Denmark. – *Lethaia* 37: 407-415.
- Felder, W.M. & P.W. Bosch, 2000. Geologie van Nederland, deel 5. Krijt van Zuid-Limburg, 192 p. – NITG TNO, Delft/Utrecht.
- Friedman, M., 2012. Ray-finned fishes (Osteichthyes, Actinopterygii) from the type Maastrichtian, the Netherlands and Belgium. In: Jagt, J.W.M., S.K. Donovan & E.A. Jagt-Yazykova (eds). Fossils of the type Maastrichtian (Part 1). – *Scripta Geol. Spec. Issue* 8: 113-142.
- Glibert, M., 1973. Révision des Gastropoda du Danien et du Montien de la Belgique, 1. Les Gastropoda du Calcaire de Mons. – *Mém. Inst. r. Sci. nat. Belg.* 173: 1-116.
- Glibert, M. & L. Van de Poel, 1973. Les Bivalvia du Danien et du Montien de la Belgique. – *Mém. Inst. r. Sci. nat. Belg.* 175: 1-89.
- Gorbach, L.P., 1972. Stratigrafiya i fauna molluskhov ranego paleocena Kryma, 115 p. – Nedra (Izdatel'stvo), Moskva.
- Gravesen, P., 1993. Early Danian species of the echinoid genus *Tylocidaris* (Cidaridae, Psychocidarinae) from eastern Denmark. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 30: 41-73.
- Gravesen, P., 2001. Den geologiske udforskning af Fakse Kalkbrud fra midten af 1700-tallet til nu. – *Geol. Tidsskrift* 2: 1-40.
- Halter, M.C., 1989. Additions to the fish fauna of N.W. Europe. A new dasyatid genus from the Early Palaeocene (Danian) of the Limburg area, Belgium. – *Tertiary Res.* 10: 179-191.
- Heinberg, C., 1979. Bivalves from the white chalk (Maastrichtian) of Denmark, II: Arcoidea. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 27 (1978): 105-116.
- Heinberg, C., 2005. Morphotype biostratigraphy, diachronism, and bivalve recovery in the earliest Danian of Denmark. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 52: 71-85.
- Herman, J., 1977. Les sélaciens des terrains néocrétacés & paléocènes de Belgique & des contrées limitrophes. Éléments d'une biostratigraphie intercontinentale. – *Mém. Expl. Cartes géol. min. Belg.* 15: 1-450.
- Herngreen, G.F.W., H.A.M.M. Schuurman, J.W. Verbeek, H. Brinkhuis, J.A. Burnett, W.M. Felder & M. Kedves, 1998. Biostratigraphy of Cretaceous/Tertiary boundary strata in the Curfs quarry, the Netherlands. – *Meded. Nederl. Inst. toegep. Geowet. TNO* 61: 3-57.

- Jäger, M., 1993. Danian Serpulidae and Spirorbidae from NE Belgium and SE Netherlands: K/T boundary extinction, survival and origination patterns. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 29: 73-137.
- Jagt, J.W.M., 1996. Late Maastrichtian and Early Palaeocene index macrofossils in the Maastrichtian type area (SE Netherlands, NE Belgium). In: Brinkhuis, H. & J. Smit (eds). The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands). – *Geol. Mijnbouw* 75: 153-162.
- Jagt, J.W.M., 1999a. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary - Part 1: Introduction and stratigraphy. – *Scripta Geol.* 116: 1-57.
- Jagt, J.W.M., 1999b. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary - Part 2: Crinoids. – *Scripta Geol.* 116: 59-255.
- Jagt, J.W.M., 2000a. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary - Part 3: Ophiuroids. With a chapter on Early Maastrichtian ophiuroids from Rügen (eastern Germany) and Møn (Denmark) by Manfred Kutscher and John W.M. Jagt. – *Scripta Geol.* 121: 1-179.
- Jagt, J.W.M., 2000b. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary - Part 4: Echinoids. – *Scripta Geol.* 121: 181-375.
- Jagt, J.W.M., 2000c. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary - Part 5: Asteroids. – *Scripta Geol.* 121: 377-503.
- Jagt, J.W.M., 2000d. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary - Part 6: Conclusions. – *Scripta Geol.* 121: 505-577.
- Jagt, J.W.M., 2012a. Belemnieten uit het Laat-Krijt van Limburg. – *Staringia* 13: 128-137.
- Jagt, J.W.M., 2012b. Nautiloïden, plesiot euthididen en sepiïden uit het Laat-Krijt en Vroeg-Paleogeen van Limburg. – *Staringia* 13: 138-153.
- Jagt, J.W.M., 2012c. Ammonieten uit het Laat-Krijt en Vroeg-Paleogeen van Limburg. – *Staringia* 13: 154-183.
- Jagt, J.W.M., 2012d. Belemnitellid coleoids (Mollusca, Cephalopoda) from the type Maastrichtian, the Netherlands and Belgium. In: Jagt, J.W.M., S.K. Donovan & E.A. Jagt-Yazykova (eds). Fossils of the type Maastrichtian (Part 1). – *Scripta Geol. Spec. Issue* 8: 93-111.
- Jagt, J.W.M. & J.S.H. Collins, 1988. The biostratigraphy of the Geulhem Member (Early Palaeocene), with reference to the occurrence of *Pycnolepas bruennichi* Withers, 1914 (Crustacea, Cirripedia). In: Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen (eds). Faunal and stratigraphical aspects of the the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 25: 175-196.
- Jagt, J.W.M., J.S.H. Collins & R.H.B. Fraaye, 1993. A new early Paleocene genus of raninid crab (Crustacea, Decapoda) from Denmark, southern Sweden and The Netherlands. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 30: 177-182.
- Jagt, J.W.M., G.C.H. Cremers, M. van Es, P.J.M. Kisters, P. van Knippenberg, J. Severijns & J.W. Stroucken, 2012a. Fossiele rijkdom uit het Laat-Krijt en vroegste Paleoceen van de voormalige groeve Curfs in Geulhem. – *Natuurhist. Maandbl.* 101: 57-62.
- Jagt, J.W.M., W.M. Felder, R.W. Dortangs & J. Severijns, 1996. The Cretaceous/Tertiary boundary in the Maastrichtian type area (SE Netherlands, NE Belgium); a historical account. In: Brinkhuis, H. & J. Smit (eds). The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands). – *Geol. Mijnbouw* 75: 107-118.
- Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen (eds), 1988a. Faunal and stratigraphical aspects of the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 25: 107-223.
- Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen, 1988b. *Jouannetia* (Bivalvia, Pholadidae) and *Neritopsis* (Gastropoda, Neritopsidae), two molluscs from the Danian (Palaeocene) of the Maastricht area (SE Netherlands and NE Belgium). In: Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen (eds). Faunal and stratigraphical aspects of the the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 25: 163-174.
- Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen, 1988c. The Danian in the Maastrichtian type area (SE Netherlands, NE Belgium): past, present and future research. In: Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen (eds). Faunal and stratigraphical aspects of the the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 25: 213-223.
- Jagt, J.W.M. & S. Reuvers, 2012. Een driftige burgemeester, briljant geoloog en paleontoloog in één - Johannes Theodorus Binkhorst van den Binkhorst (1810-1876). – *Natuurhist. Maandbl.* 101: 230-237.
- Jagt, J.W.M., S. Reuvers & A.S. Schulp, 2012b. De paleontologische verdiensten van een apotheker en een vertegenwoordiger in farmaceutica - Joseph de Bosquet (1814-1880) en Casimir Ubaghs (1829-1894). – *Natuurhist. Maandbl.* 101: 221-229.
- Jagt, J.[W.M.] & F. Wesselingh, 1988. Paasexcursie 1988. – *Afzettingen (Werkgr. Tert. Kwart. Geol.)* 9: 74-80.
- Jakobsen, S.L. & J.S.H. Collins, 1997. New Middle Danian species of anomuran and brachyuran crabs from Fakse, Denmark. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 44: 89-100.
- Kaim, A. & Sztajner, P., 2005. The opercula of neritopsid gastropods and their phylogenetic importance. – *J. Moll. Studies* 71: 211-219.
- Kaunhowen, F., 1898. Die Gastropoden der Maestrichter Kreide. – *Paläont. Abh.* N.F. 4 (1897): 1-132.
- Kjaer, C.R. & E. Thomsen, 1999. Heterochrony in bourgueticrinid sea-lilies at the Cretaceous/Tertiary boundary. – *Paleobiol.* 25: 29-40.
- Klinger, H.C. & W.J. Kennedy, 2001. Stratigraphic and geographic distribution, phylogenetic trends and general comments on the ammonite family Baculitidae Gill, 1871 (with an annotated list of species referred to the family). – *Ann. S. Afr. Mus.* 107: 1-290.

- Kollmann, H.A. & J.S. Peel, 1983. Paleocene gastropods from Nûgssuaq, West Greenland. – *Gronlands geol. Unders. Bull.* 146: 1-115.
- Krach, W., 1963. Mollusca of the Babica Clays (Paleocene) of the Middle Carpathians. Pt. I. Gastropoda. – *Studia Geol. Pol.* 14: 1-151.
- Krach, W., 1969. Mollusca of the Babica Clays (Paleocene) of the Middle Carpathians. Pt. II. Pelecypoda. – *Studia Geol. Pol.* 29: 1-80.
- Krach, W., 1981. Fauna i stratygrafia paleocenu środkowej Wisły. – *Studia Geol. Pol.* 71: 1-80.
- Kriwet, J. & M.J. Benton, 2004. Neoselachian (Chondrichthyes, Elasmobranchii) diversity across the Cretaceous-Tertiary boundary. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 214: 181-194.
- Laga, P., S. Louwye & S. Geets, 2002. Paleogene and Neogene lithostratigraphic units (Belgium). In: Bultynck, P. & L. Dejonghe (eds). Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium. – *Geol. Belg.* 4 (2001): 135-152.
- Landman, N.H., M.P. Garb, R. Rovelli, D.S. Ebel & L.E. Edwards, 2012. Short-term survival of ammonites in New Jersey after the end-Cretaceous bolide impact. In: Jagt-Yazykova, E.A. & J.W.M. Jagt (eds). Thirty odd years after Alvarez's discovery: faunal evolution and principal bio-events of the Cretaceous Period - recent progress and future directions. – *Acta Palaeont. Pol.* 57: 703-715.
- Lauridsen, B.W., M. Bjerager & F. Surlyk, 2012. The middle Danian Faxø Formation - new lithostratigraphic unit and a rare taphonomic window into the Danian of Denmark. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 60: 47-60.
- Machalski, M., 2005. Late Maastrichtian and earliest Danian scaphitid ammonites from central Europe: taxonomy, evolution, and extinction. – *Acta Palaeont. Pol.* 50: 653-696.
- Machalski, M., J.W.M. Jagt, C. Heinberg, N.H. Landman & E. Håkansson, 2009. Dańskie amonity - obecny stan wiedzy i perspektywy badań. – *Przegl. Geol.* 57: 486-493.
- Milàn, J., 2010. Coprolites from the Danian limestone (Lower Paleocene) of Faxø Quarry, Denmark. In: Milàn, J., S.G. Lucas, M.G. Lockley & J.A. Spielmann (eds). Crocodile tracks and traces. – *New Mex. Mus. nat. Hist. Sci. Bull.* 51: 215-218.
- Milàn, J., 2012. Krokodillen fra Faxø Kalkbrud [Vild met Viden, 2], 16 p. – Forlaget Epsilon, København.
- Mulder, E.W.A., 1993. Thoracosaurine vertebrae (Crocodylia: Crocodylidae) from the Maastrichtian type area. – *Proc. KNAW* 100 (1997): 161-170.
- Nolf, D., 1986. Fossielen van België. Haaie- en roggelanden [sic] uit het Tertiair van België, ii + 171 p. – Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel.
- Noubhani, A. & H. Cappetta, 1995. Batoïdes nouveaux ou peu connus (Neoselachii: Rajiformes, Myliobatiformes) des phosphates maastrichtiens et paléocènes du Maroc. In: Herman, J. & H. Van Waes (eds). Elasmobranches et stratigraphie. – *Serv. géol. Belg., Prof. Paper* 1995(3) (1994): 157-183.
- Pacaud, J.-M., 1998. Nouvelles données sur le genre *Popenoeum* (Mollusca, Pseudolividae). Remarques taxinomiques sur une espèce ubiquiste du Paléocène inférieur, *Popenoeum ambiguum* (Binkhorst, 1861: *Pyrula*) nov. comb. – *Cossmanniana* 5 (1997): 1-28.
- Pacaud, J.-M., 2004. Révision des mollusques du Danien (Paléocène inférieur) du Bassin de Paris. 1. Gastropoda: Patellogastropoda et Vetigastropoda (*pro parte*). – *Geodiversitas* 26: 577-629.
- Pacaud, J.-M., 2009. Révision des mollusques du Danien (Paléocène inférieur) du Bassin de Paris. 2. Gastropoda: Neritimorpha. – *Rev. Paléobiol.* 28: 349-369.
- Pacaud, J.-M., D. Merle & J.-C. Meyer, 2000. La faune danienne de Vigny (Val-d'Oise, France): importance pour l'étude de la diversification des mollusques au début du Tertiaire. – *C.R. Acad. Sci. Paris, Sci. Terre Planètes* IIa 330: 867-873.
- Pacaud, J.-M. & K.I. Schnetler, 1999. Revision of the gastropod family Pseudolividae from the Paleocene of West Greenland and Denmark. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 46: 53-67.
- Petersen, G.H. & A. Vedelsby, 2000. An illustrated catalogue of the Paleocene Bivalvia from Nuussuaq, north-west Greenland: their paleoenvironments and the paleoclimate. – *Steenstrupia* 25 (1999): 25-120.
- Rasmussen, A., L. Rasmussen & T. Hansen, 2011. Fossiler fra Stevns Klint, Møn og Nordjylland, 89 p. – Østsjællands Museum, Store Heddinge.
- Ravn, J.P.J., 1933. Études sur les pélecypodes et gastropodes daniens du Calcaire de Faxø. – *Mém. Acad. r. Sci. Lett. Danmark, Sect. Sci.* (9)5: 1-71 + iii.
- Rosenkrantz, A., 1945. Smaabidrag til Danmarks Geologi. 3. Oversigt over Nautilerne i vort yngste Senon, Danien og Paleocæn. Forelagt den palæontologiske Klub 5. December 1927 og 16. April 1928. – *Meddr dansk geol. Foren.* 10 (1944): 442-445.
- Schilder, F.A., 1928. Die Cypraeacea des Daniums von Dänemark und Schonen. – *Danm. geol. Unders.* (4)2(3): 1-27.
- Schnetler, K.I., 2013. *Eoatlanta ravni* nov. sp. (Mollusca: Gastropoda, ?Hipponicidae) from the Danian (early Paleocene) of Faxø, Denmark. – *Cainozoic Res.*, 10: 3-7.
- Schnetler, K.I. & P. Lozouet, 2012. A new genus and species of the Mesozoic superfamily Porcellioidea (Mollusca: Vetigastropoda) from the Danian (early Paleocene) of Faxø, Denmark. – *Cainozoic Res.* 9: 3-7.
- Schnetler, K.I., P. Lozouet & J.-M. Pacaud, 2001. Revision of the gastropod family Scissurellidae from the Middle Danian (Paleocene) of Denmark. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 48: 79-90.
- Schnetler, K.I. & R.E. Petit, 2006. Revision of the gastropod family Cancellariidae from the Danian (early Paleocene) of Faxø, Denmark. – *Cainozoic Res.* 4: 97-108.

- Simon, E., 1998. Maastrichtian brachiopods from Cibly: palaeoecological and stratigraphical significance. – *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg., Sci. Terre* 68: 181-232.
- Siverson, M., 1993. Late Cretaceous and Danian neoselachians from southern Sweden. – *Lund Pubs Geol.* 110: 1-28.
- Siverson, M., 1995. Revision of the Danian cow sharks, sand tiger sharks, and goblin sharks (Hexanchidae, Odontaspidae and Mitsukurinidae) from southern Sweden. – *J. vert. Paleont.* 15: 1-12.
- Smith, A.B. & C.H. Jeffery, 2000. Maastrichtian and Palaeocene echinoids: a key to world faunas. – *Spec. Pap. Palaeont.* 63: 1-406.
- Surlyk, F., T. Damholt & M. Bjerager, 2006. Stevns Klint, Denmark: uppermost Maastrichtian chalk, Cretaceous-Tertiary boundary, and lower Danian bryozoan mound complex. – *Bull. geol. Soc. Denmark* 54: 1-48.
- Thuy, B., 2013. Temporary expansion to shelf depths rather than an onshore-offshore trend: the shallow-water rise and demise of the modern deep-sea brittle star family Ophiacanthidae (Echinodermata: Ophiuroidea). – *European J. Taxon.* 48: 1-242.
- Traub, F., 1979. Weitere Paleozän-Gastropoden aus dem Helvetikum des Haunsberges nördlich von Salzburg. – *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 19: 93-123.
- Traub, F., 1980. Weitere Paleozän-Gastropoden aus dem Helvetikum des Haunsberges nördlich von Salzburg. 1. Fortsetzung. – *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 20: 29-49.
- Traub, F., 1981. Weitere Paleozän-Gastropoden aus dem Helvetikum des Haunsberges nördlich von Salzburg. 2. Fortsetzung. – *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 21: 41-63.
- Traub, F., 1984. Weitere Paleozän-Gastropoden aus dem Helvetikum des Haunsberges nördlich von Salzburg. 3. Fortsetzung. – *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 24: 3-26.
- Traub, F., 1989. Weitere Paleozän-Gastropoden aus dem Helvetikum des Haunsberges nördlich von Salzburg. 4. Fortsetzung. – *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 29: 85-108.
- Troedsson, G.T., 1924. On crocodylian remains from the Danian of Sweden. – *Lunds Univ. Årsskr.* (2)20: 1-75.
- Van Bakel, B.W.M., D. Guinot, P. Artal, R.H.B. Fraaije & J.W.M. Jagt, 2012. A revision of the Palaeocorystoidea and the phylogeny of raninoidian crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Podotremata). – *Zootaxa* 3215: 1-216.
- Van der Ham, R.W.J.M., 1988. Echinoids from the Early Palaeocene (Danian) of the Maastricht area (NE Belgium, SE Netherlands): preliminary results. In: Jagt, J.W.M. & A.W. Janssen (eds). Faunal and stratigraphical aspects of the the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 25: 127-161.
- Vincent, É., 1930. Études sur les mollusques montiens du Poudingue et du Tuffeau de Cibly. – *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belg.* 46: 1-155.
- Vogel, F., 1895. Beiträge zur Kenntniss der Holländischen Kreide. I. Lamellibranchiaten aus der Oberen Mucronatenkreide von Holländisch Limburg. II. Die Fossilien des Neocomsandsteins von Losser und Gildehaus, 64 p. – Leiden, E.J. Brill/Berlin, E. Friedländer u. Sohn.
- Voigt, E., 1958. Untersuchungen an Oktokorallen aus der oberen Kreide. – *Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg* 27: 1-131.
- Wade, B., 1926. The fauna of the Ripley Formation on Coon Creek, Tennessee. – *U.S. Geol. Surv., Prof. Paper* 137: ii + 1-192.
- Wienberg Rasmussen, H., 1950. Cretaceous Asteroidea and Ophiuroidea with special reference to the species found in Denmark. – *Danm. geol. Unders.* (2)77: 1-134.
- Withers, T.H., 1935. Catalogue of fossil Cirripedia in the Department of Geology, Vol. II. Cretaceous, xvi + 535 p. – Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- Żarski, M., Jakubowski, G. & Gawor-Biedowa, E., 1998. The first Polish find of Lower Paleocene crocodile *Thoracosaurus* Leidy, 1852: geological and palaeontological description. – *Geol. Quart.* 42: 141-160.

¹ John W. M. Jagt en Paul J.M. Kisters, Natuurhistorisch Museum Maastricht, de Bosquetplein 6-7, 6211 KJ Maastricht, e-mail: john.jagt@maastricht.nl

e-mail: paul.kisters@maastricht.nl

² Barry W.M. van Bakel, Oertijdmuseum De Groene Poort, Bosscheweg 80, 5283 WB Boxtel; en Naturalis Biodiversity Center, Darwinweg 2, 2333 CR Leiden, e-mail: barryvanbakel@gmail.com

³ Ger Cremers, Oude Venloseweg 48, 5941 HG Velden, e-mail: ger.cremers@planet.nl

⁴ Mart J.M. Deckers, Industriestraat 21, 5931 PG Tegelen, e-mail: martdeckers@planet.nl

⁵ Rudi W. Dortangs, Hoofdstraat 36, 6436 CG Amstenrade, e-mail: rudidortangs@online.nl

⁶ Math van Es, Steeg 17, 6171 EA Stein, e-mail: math.van.es@home.nl

⁷ René H.B. Fraaije, Oertijdmuseum De Groene Poort, Bosscheweg 80, 5283 Boxtel, e-mail: info@oertijdmuseum.nl

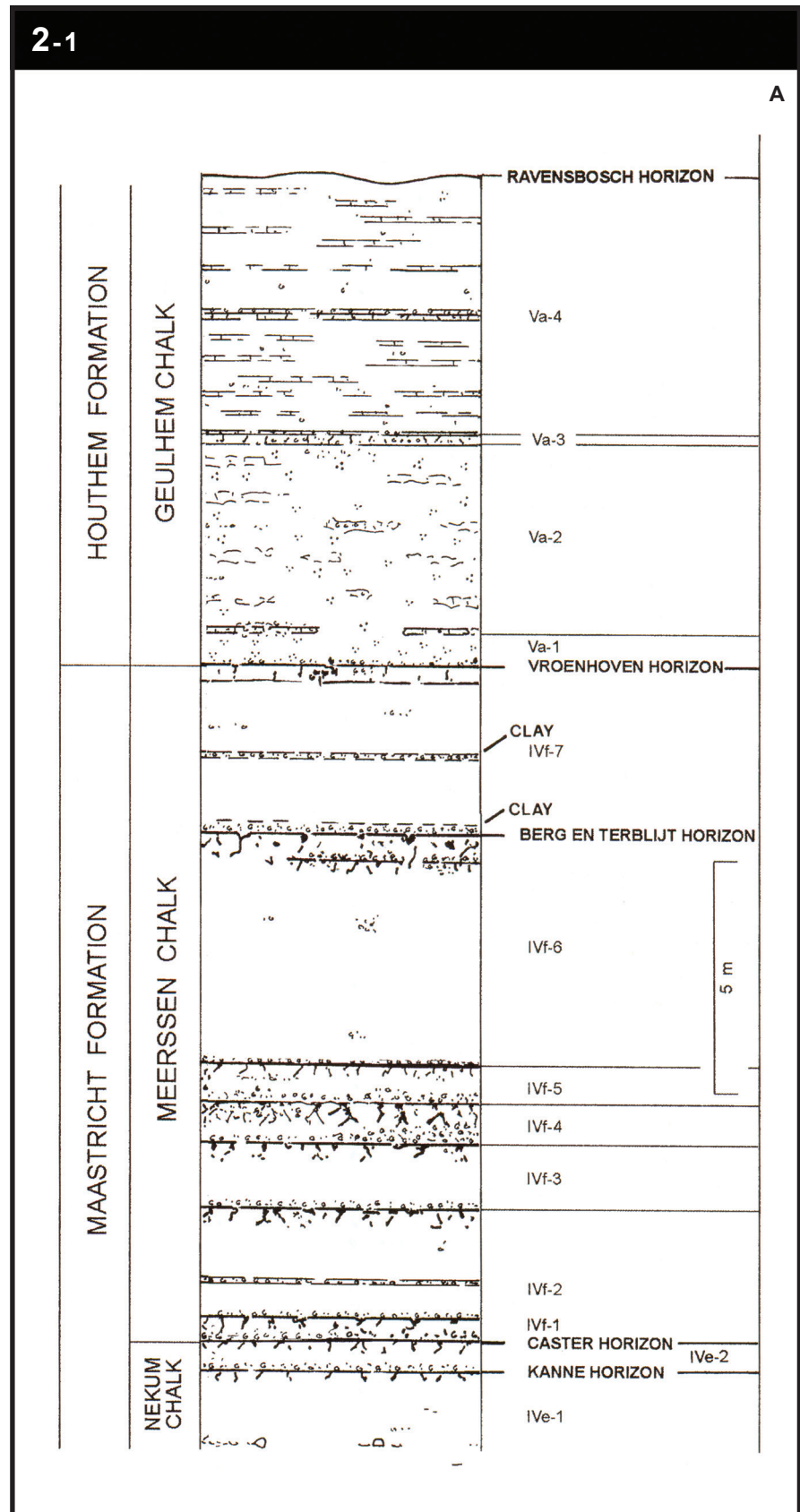
⁸ Paul H.M. van Knippenberg, Gelrestraat 10, 5995 XH Kessel, e-mail: pavak@home.nl

⁹ Hein Lemmens, Groene Kruisstraat 3, 6343 BD Klimmen, e-mail: hein.lemmens@kpnmail.nl

¹⁰ Eric Nieuwenhuis, Hub. Ortmanstraat 4, 6286 EA Partij-Wittem, e-mail: eric.nieuwenhuis@home.nl

¹¹ Jacques Severijns, Redemptielaan 3, 6213 JC Maastricht, e-mail: jacques@severijns.eu

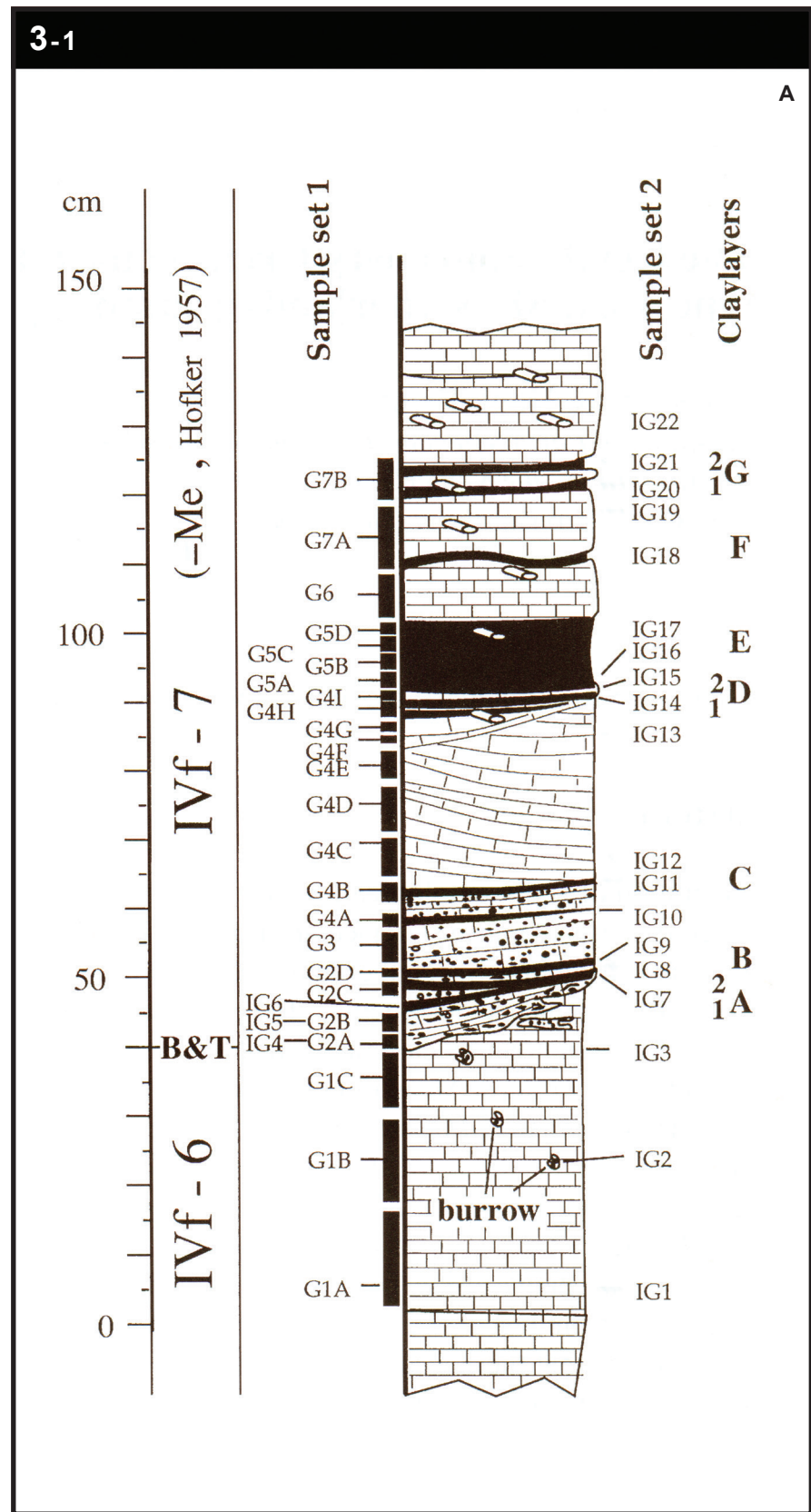
¹² John W. Stroucken, Caumerboord 5, 6418 BK Heerlen, e-mail: j.stroucken@home.nl



Figuur 2. Lithologisch profiel (A; uit Jagt et al., 1996) en foto's van diverse delen van het tot voor kort ontsloten profiel in de groeve Curfs, Geulhem, als volgt: **B.** Meerssen Member, IVf-3 tot IVf-7, en Geulhem Member (uit Jagt et al., 2012a); **C.** top Meerssen Member (IVf-6, met graafgangen) en gruisbanken van IVf-7 er boven (foto: J. Smit); **D.** top Meerssen Member (IVf-6), met gruisbanken IVf-7, een belemnieten-rostrum en kleifilms (foto: J. Smit); **E.** Meerssen Member (IVf-7, met Vroenhoven Horizont) en onderste deel Geulhem Member (foto: R.P. Speijer); **F.** Geulhem Member (hoogste afbouwniveau) in zuidwesthoek van de groeve (situatie 2003-2004; foto: M. van Es).

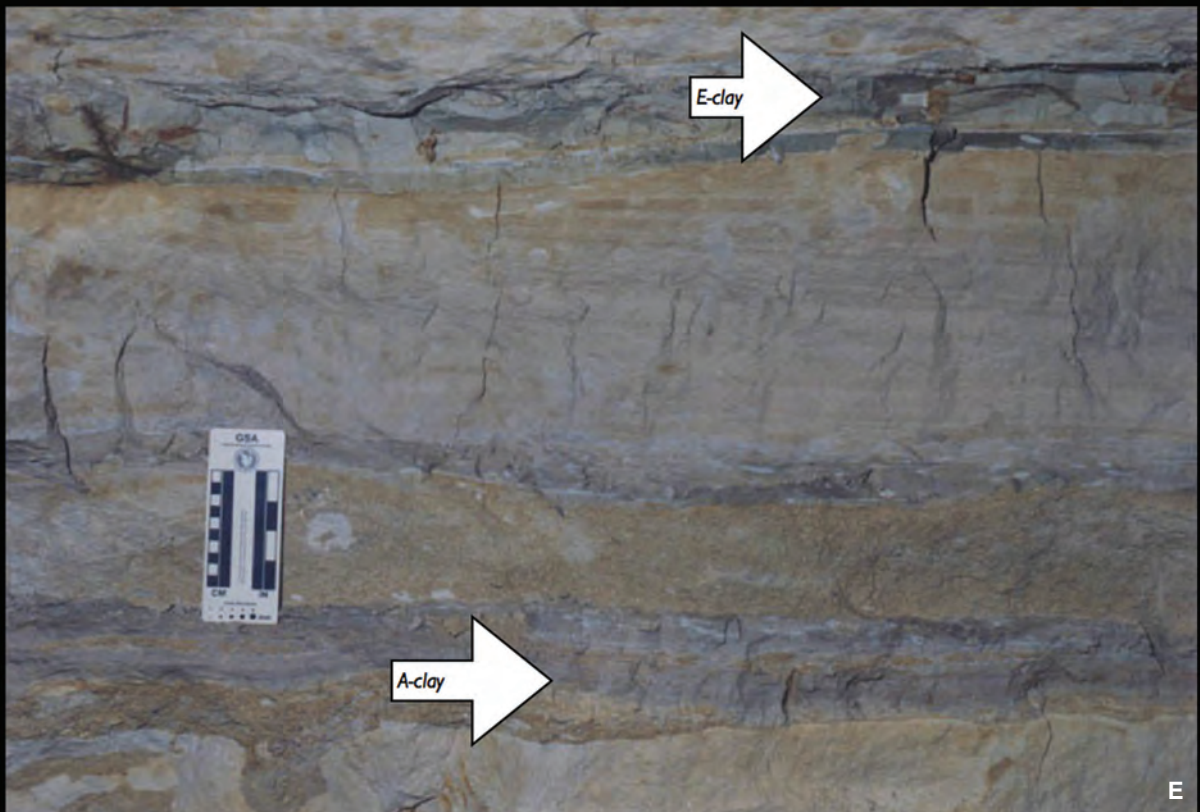
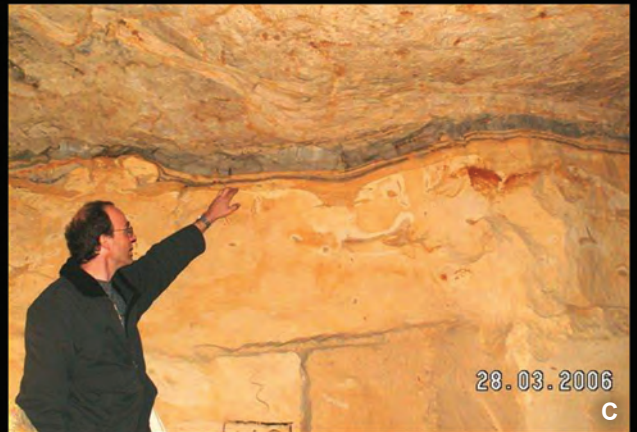
2-2





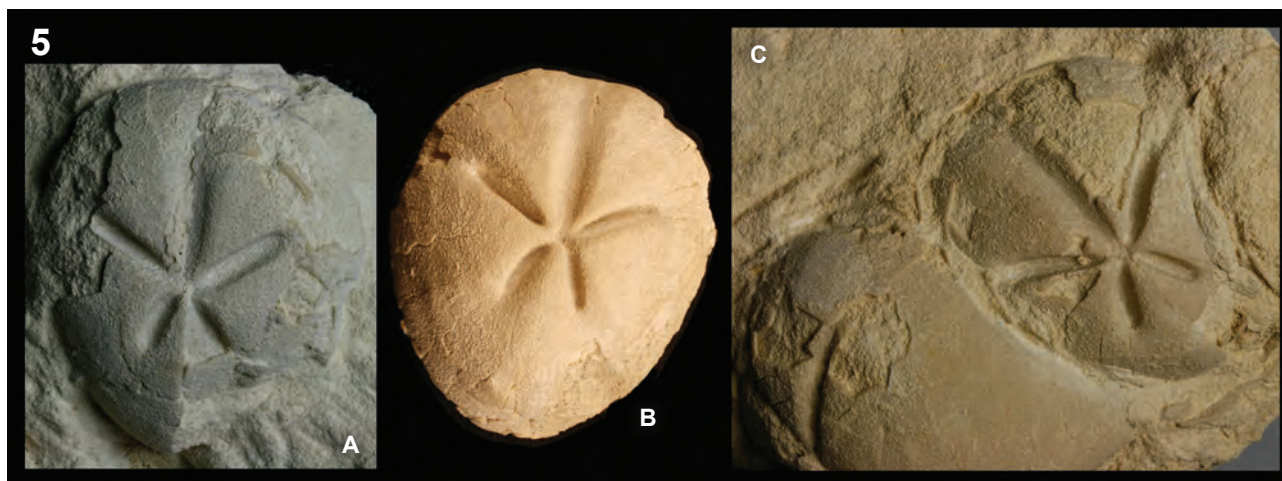
Figuur 3. Lithologisch profiel (**A**; uit Brinkhuis & Smit, 1996) en foto's van diverse delen van het profiel dat in het ondergrondse gangenstelsel van de Geulhemmerberg (Geulhem) ontsloten is, als volgt: **B**. Meerssen Member (top IVf-6) en IVf-7, met kleilagen (vgl. C, D) (foto: J.W.M. Jagt); **C**. top Meerssen Member (IVf-6, met paleoreliëf) en IVf-7 met kleilagen (foto: H. Brinkhuis); Rudi Dortangs wijst de K/Pg-grens aan; **D**. Gruislaag aan de basis van IVf-7, van onderen gezien, in plafond van gangenstelsel; fossielen o.a. zee-egels (*Hemipneustes striatoradiatus*; midden rechts), platte, donkere kleppen van de oester '*Acutostrea uncinella*' (midden links) en de kleine, gelig witgekleurde brachiopode *Thecidea papillata* (midden links; foto: J.W.M. Jagt); **E**. Kleilagen A tot en met E in IVf-7 (foto: J. Smit).

3-2





Figuur 4. Profielfoto's van de tijdelijke bouwput bij de brug over het Albertkanaal bij Vroenhoven (Riemst), als volgt:
A. Meerssen Member (IVf-6), Vroenhoven Horizont en Geulhem Member; **B.** breuken in hetzelfde profiel (foto's: J. Severijns).



Figuur 5. Irregulaire zee-egels, Meerssen Member, IVf-7, voormalige groeve Curfs, Geulhem;
Diplodetus sp., NHMM JJ 9933 [A], NHMM RD 70 [B] en NHMM JJ 9934a, b [C]. Foto's: J.W. Stroucken.



Figuur 6. Tweekleppigen, Meerssen Member (IVf-7, top 0.2-0.3 m), voormalige groeve Curfs, Geulhem;

A. *'Nucula'* sp. (NHMM 2002 019), l = 9 mm; **B.** *?Mesosaccella* sp. (NHMM 2003 142), l = 7 mm; **C.** *'Nuculana' siliqua*, doublet (NHMM 2003 159), l = 32 mm; **D.** *'Nuculana' siliqua* (NHMM JJ 14022), l = 27 mm; **E.** *'Arca' geulemensis*, doublet (NHMM 2010 054), l = 22 mm; **F.** *Barbatia (?Obliquarca)* sp. (NHMM 2002 030), l = 14 mm; **G.** *Entolium membranaceum* (NHMM 2002 164), h = 26 mm; **H.** *Lyrioclamys ternata* (NHMM 2004 129a, b), h = 40 mm; **I.** *Neithea striatocostata* (NHMM 2010 102), h = 28 mm; **J.** *Tenuipteria argentea* (NHMM 2002 007), l = 48 mm; **K.** *Dosinia* sp. (NHMM JJ 14029), h = 24 mm; **L.** Lucinidae sp. 1 (NHMM 2002 028a, b), doublet, l = 24 mm; **M.** *Leptosolen concentristriatus* (NHMM JJ 14033), doublet, l = 28 mm; **N.** *Goniomya* gr. *maileana* (NHMM 2002 252), doublet, l = 26 mm; **O.** *?Arcopagia* sp. (NHMM JJ 14026), doublet, b = 24 mm; **P.** *Liopistha aequivalvis* (NHMM 2002 089), doublet, l = 31 mm; **Q.** *?Poromyidae* sp. indet. (NHMM JJ 14105), doublet, l = 32 mm; **R.** *Eufistulana* sp. (NHMM JJ 14027), l = 83 mm. Foto's: J.W. Stroucken.

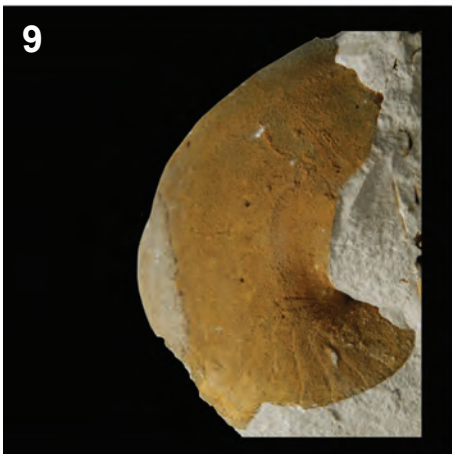
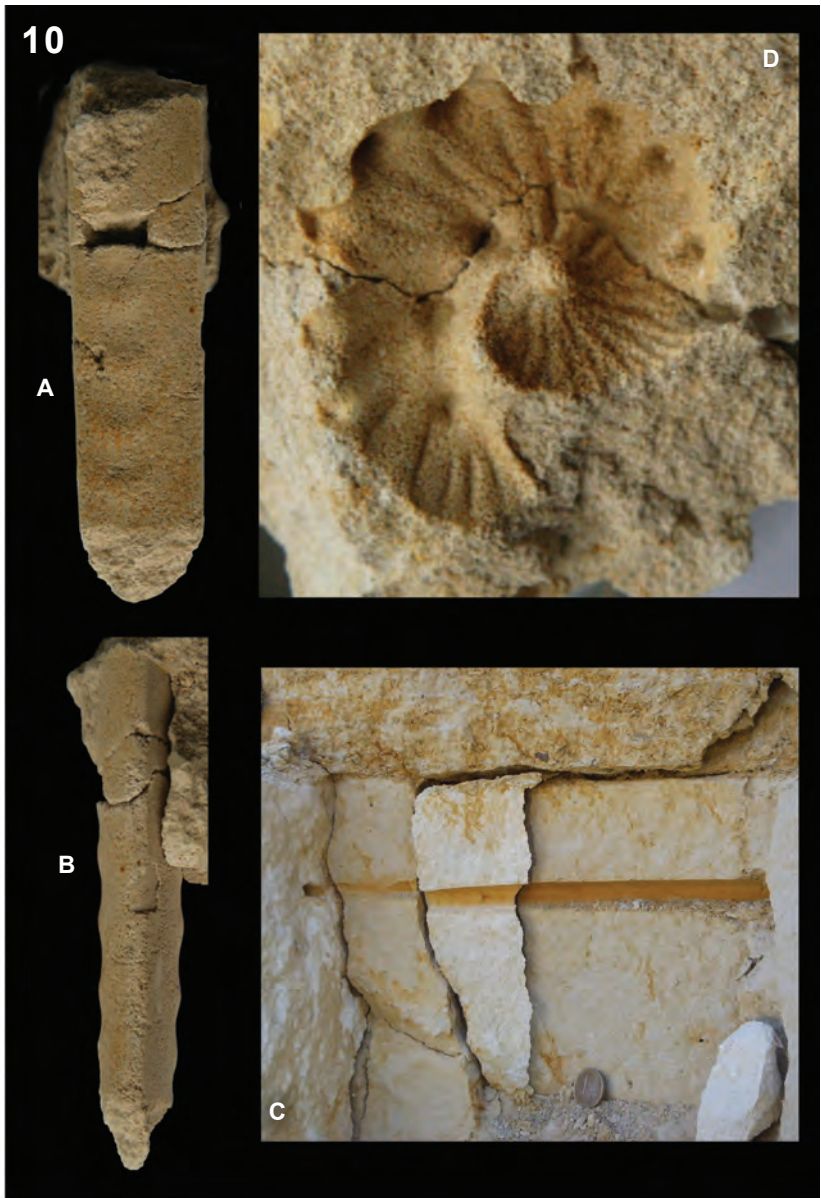
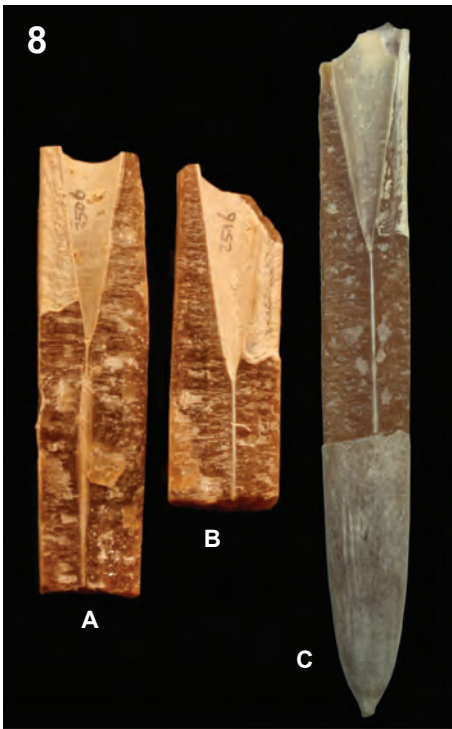


7-2

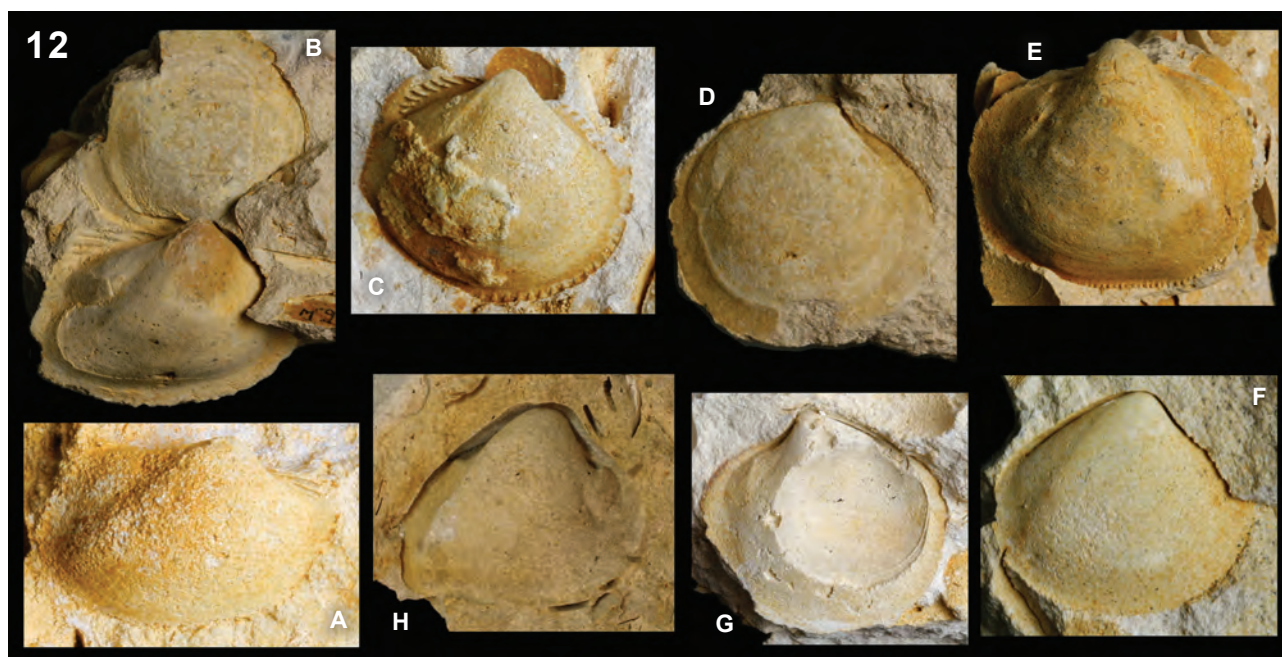


Figuur 7 [1 en 2]. Slakken, Meerssen Member (IVf-7, top 0.2-0.3 m), voormalige groeve Curfs, Geulhem;

A. Cerithiidae sp. indet. (NHMM 2003 169), l = 21 mm; **B, C.** *Turritella* (s. lat.) sp. (NHMM 2003 168), l = 27 mm; (NHMM 2002 269), l = 28 mm; **D.** *Confusiscala contorta* (NHMM JJ 14016), h = 12 mm; **E.** *Aporrhais limburgensis* (NHMM 2010 118a, b), h = 27 mm; **F.** *Kaunhowenia carinifera* (NHMM 2002 027), h = 11 mm; **G, H.** *Arrhoges* (*Latiala*) *pelecyphora* (NHMM 2002 107), h = 35 mm; NHMM 2010 119), h = 37 mm; **I.** '*Natica*' *cretacea* (NHMM 2004 135), h = 13 mm; **J.** Cancellariidae sp. indet. (NHMM 2002 237), h = 7 mm; **K, L.** Fasciolaridae sp. indet. (resp. NHMM 2010 066 en 2010 100), h = resp. 28 en 26 mm; **M.** '*Murex*' *priscus* (NHMM 2002 202), h = 25 mm; **N.** *Xenophora onusta* auctt. (NHMM 2002 286), afdruk, d = 17 mm; **O.** *Xenophora onusta* auctt. (NHMM 2002 104a, b), kernen, grootste d = 18 mm; **P.** *Hipponix* sp. (NHMM 2003 155), afdruk met rubber afgietsel, h = 14 mm; **Q.** slakkensnoertje (NHMM 2004 120), grootste l = 30 mm; **R.** slakkensnoertje (NHMM JJ 14034), grootste l = 70 mm; **S.** coprolieten van ?slakken (NHMM 2003 153), grootste lengte 25 mm. Foto's: J.W. Stroucken.



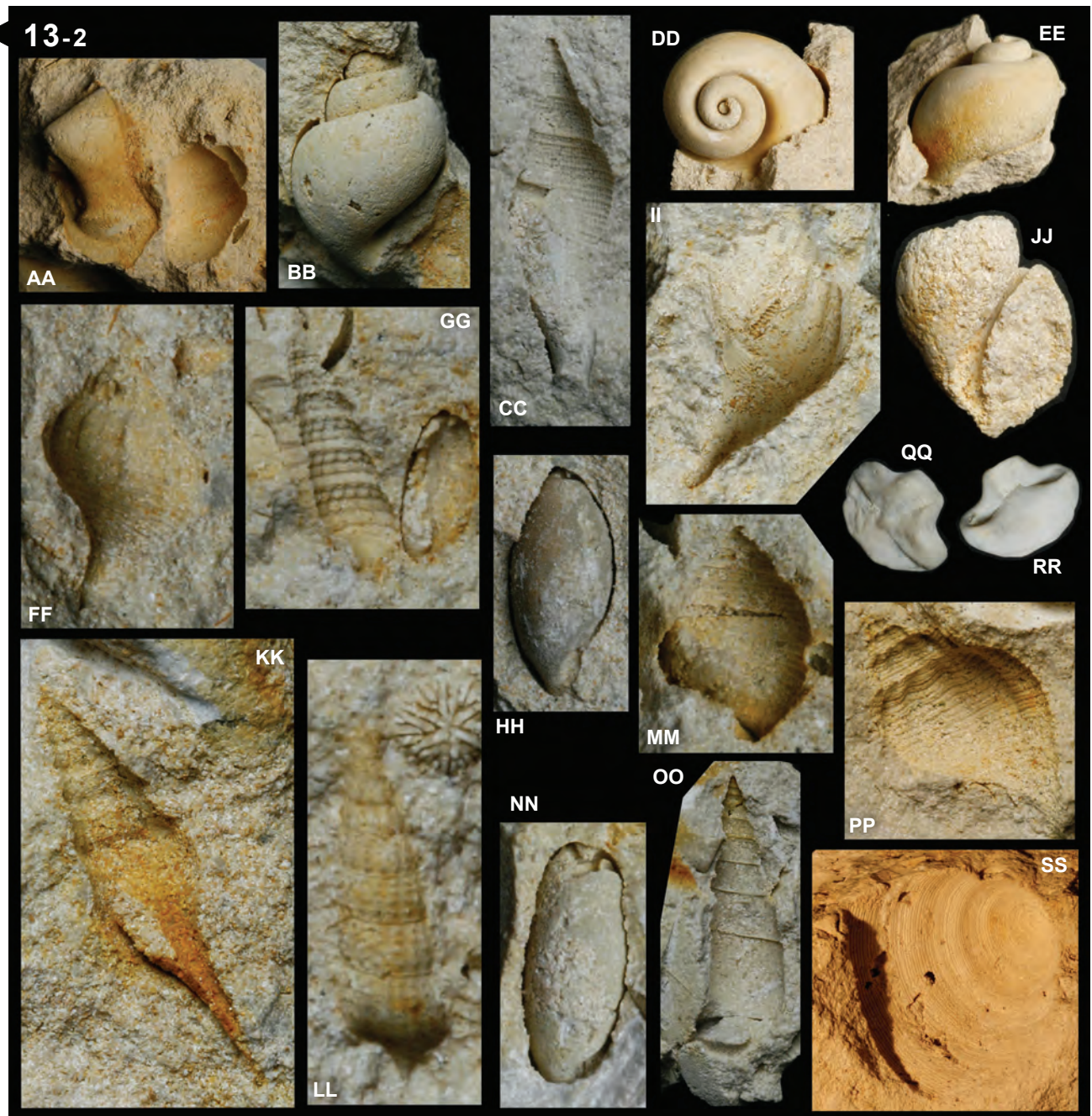
- ◀ Figuur 8. Coleoïden (Belemnitellidae), Meerssen Member (top IVf-6), ENCI-HeidelbergCement Group groeve, Maastricht; *Belemnella* (*Neobelemnella*) gr. *kazimiroviensis*, NHMM MK 2506 [A], NHMM MK 2516 [B] en NHMM MK 3636 [C]. Foto's: J.W. Stroucken (A, B) en A.S. Schulp (C).
- ◀ Figuur 9. Nautiloidea, Meerssen Member (IV-f7, top 0.2-0.3 m), voormalige groeve Curfs, Geulhem; *Cimomia heberti*, NHMM 2002 015a. Foto: J.W. Stroucken.
- ◀ Figuur 10. Heteromorfe ammonieten (Baculitidae, Scaphitidae), Meerssen Member (IV-f7, top 0.2-0.3 m), voormalige groeve Curfs, Geulhem: A, B. *Eubaculites carinatus* (NHMM 2002 051), woonkamer, l = 96 mm; C. NHMM JJ 14265b, afdruk van woonkamer en deel van het fragmococon, *in situ*, grootste l = > 400 mm; D. *Hoploscaphites constrictus johnjagti* (NHMM JJ 14268), microconch, l = 28 mm.
- ◀ Figuur 11. Regulaire zee-egels, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem; A. *Tylocidaris hardouini* (NHMM K 1732); B. *Tylocidaris bruennichi* (NHMM PK 759). Foto's: J.W. Stroucken.



Figuur 12. Bivalven, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem, als volgt:

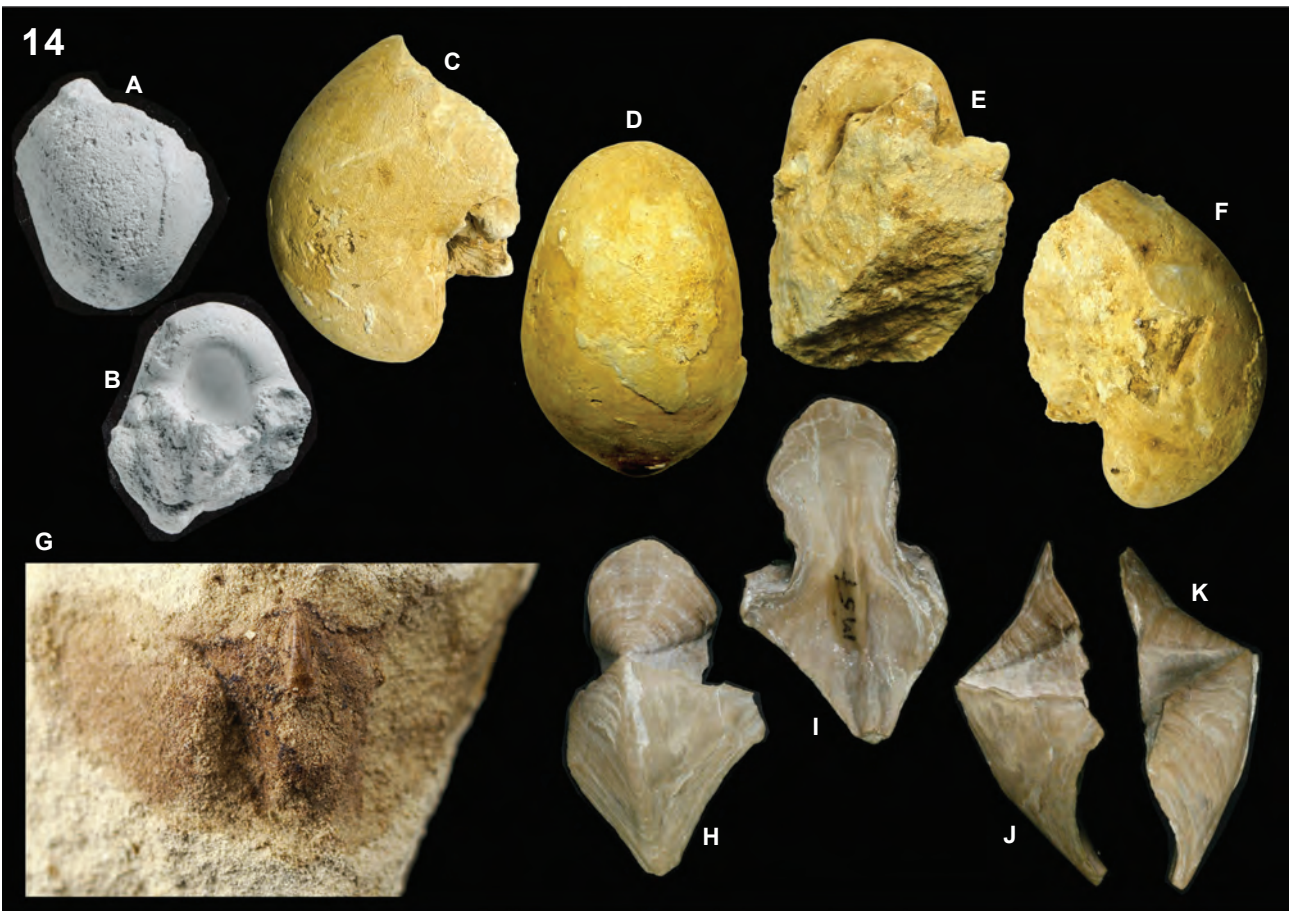
A. *Cucullaea* sp. (NHMM 2013 019), b = 24 mm; B. *Cucullaea* sp. en Lucinidae sp. indet. (NHMM PK M 935-1), grootste b = 41 mm; C. *Glycymeris* sp. (NHMM 2013 020), b = 31 mm; D. Lucinidae sp. indet. (NHMM PK M 935-1), b = 27 mm; E. Cardiidae sp. indet. (NHMM PK M 2980-1), b = 34 mm; F. Veneridae sp. indet. (NHMM PK M 2980-2), b = 24 mm; G. Veneridae sp. en Lucinidae sp. indet. (NHMM 2013 021), b = 32 mm; H. *Crassatella* sp. (NHMM MK 4718, coll. W.M. Felder), b = 42 mm. Foto's: J.W. Stroucken.



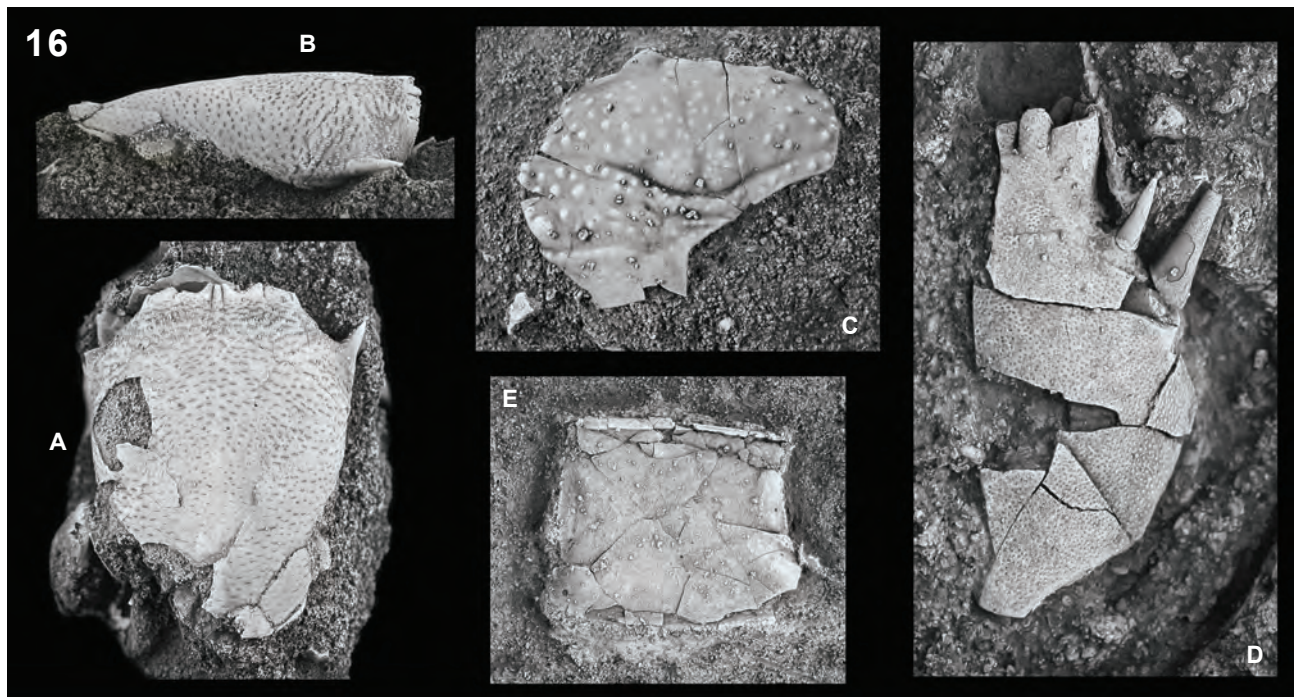


Figuur 13 [1 en 2]. Slakken, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem (behalve SS), als volgt:

A. *Acmaea* sp. (NHMM PK M 1025-2), afdruk, l = 5 mm; **B.** *Ostostoma* cf. *pouechi* (NHMM PK M 1345), grootste b = 9 mm; **C.** *Emarginula* sp. (NHMM PK M 2202-1), grootste h = ca. 8 mm; **D, E.** *Calyptreaea montensis* (NHMM PK M 2196-1, 2), d = 10 mm; **F.** Trochidae indet. (NHMM PK M 2472-1), h = 7 mm; **G.** *Periaulax inaequecostatus* (NHMM PK M 2987), h = 9 mm; **H.** *Patella* sp. (NHMM PK M 2198), d = 12 mm; **I.** *Architectonica* sp. (NHMM PK M 2699); d = 8 mm; **J.** Fascioliariidae indet. (NHMM PK M 2207-2), h = 16 mm; **K.** *Haustator* cf. *nysti* (NHMM PK M 625), h = 13 mm; **L.** Volutidae sp. indet. (NHMM PK M 2216), h = 28 mm; **M.** *Turritella* cf. *herminae* (NHMM PK M 1032), h = 29 mm; **N.** ?Melongenidae sp. indet. (NHMM PK M 2218-1), h = 16 mm; **O.** Epitoniidae sp. indet. (NHMM PK M 2399-2); grootste h = 11 mm; **P, Q.** Siliquariidae sp. indet. (NHMM PK M 2970-1, 2), d = 14 mm; **R.** *Sassia* sp. (NHMM PK M 2245), grootste b = 8 mm; **S, U.** *Columbarium heberti* (NHMM PK M 2347-1, 2), h = 35 mm; **T.** *Calyptrophorus houzeaui* (NHMM PK M 2980), h = 36 mm; **V, W.** *Arrhoges montensis* (NHMM PK M 2201-2), h = 12 mm; **X.** *Tornatellaea montense* (NHMM PK M 2356), h = 8 mm; **Y.** *Athleta* cf. *elevata* (NHMM PK M 2969), h = 14 mm; **Z.** Volutidae sp. indet. (NHMM PK M 2982), h = 15 mm; **AA, BB.** *Crommium* (*Amauropsella*) *ciplyensis*, afdruk en kern, met *Crassatella* sp. (NHMM PK M 932-1, 2), h = 19 mm; **CC.** *Mitra* (*Pseudocancilla*) *omalii* (NHMM PK M 2983), h = 17 mm; **DD, EE.** *Euspira briarti* (NHMM PK M 2984-1), d = 21 mm; **FF.** *Ficopsis bicarinata* var. *ciplyensis* (NHMM PK M 922-1), h = 10 mm; **GG.** ?*Cerithiopsis* sp. (NHMM PK M 924), h = 8 mm; **HH.** Bullidae sp. indet. (NHMM PK M 2985-1), h = 14 mm; **II, JJ.** *Popenoeum ambiguum*, afdruk en kern (NHMM PK M 926), h = 14 mm; **KK.** *Turricula pauli* (NHMM PK M 2986), h = 25 mm; **LL.** ?*Bittium* sp. (NHMM PK M 929), h = 8 mm; **MM.** *Tornatellaea oviformis* (NHMM PK M 1020), h = 8 mm; **NN.** Cylichnidae sp. indet. (NHMM PK M 1024-1), h = 7.5 mm; **OO.** *Keilostoma typicum* (NHMM PK M 1030), h = 25 mm; **PP.** ?*Pugilina hannonica* (NHMM PK M 1031), h = 18 mm; **QQ, RR.** *Neritopsis* sp., operculum (extern/intern) (NHMM PK M 1180), b = 8 mm; **SS.** *Leptomaria* sp. (NHMM JJ 15160), Albertkanaal, Vroenhoven (Riemst), onderste deel Geulhem Member, grootste d = 37 mm. Foto's: J.W. Stroucken (A-SS).



- ◀ Figuur 14. Koppotigen, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem; **A, B.** *Eutrephoceras* aff. *bellerophon* (coll. onbekend); **C-F.** ?*Cimornia* sp. (coll. G. Cremers, no. 3120); **G.** *Conchorhynchus* (MAB 4614), grootste b = ca. 10 mm; **H-K.** *Rhyncholithes* (NHMM PK M 57), l = 33 mm. Foto's: P. Kessels (A, B), G. Cremers (C-F), B.W.M. van Bakel (G) en J.W. Stroucken (H-K).
- ◀ Figuur 15. Eendenmossels en zeepokken (Cirripedia; Scalpellomorpha en Verrucomorpha), Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem; *Arcoscalpellum* sp. (spp.), **A.** *rostrale* *latus* (NHMM PK 904a; b = 4 mm); **B, C.** *carina* (NHMM PK 904b; l = 6.2 mm); **D, E.** *carina* (NHMM PK 904c; l = 6.3 mm); **F.** rechter scutum (NHMM PK 904d; l = 5.6 mm); **G, H.** linker scutum (NHMM PK 904e; l = 7.5 mm); **I, J.** linker tergum (NHMM PK 904f; l = 9.5 mm); **K-M.** linker tergum (NHMM PK 904g; l = 15.5 mm). 'Verruca' sp. ?nov., **N.** *carina* (NHMM PK 904h; B = 4.3 mm). Foto's: M. Deckers.



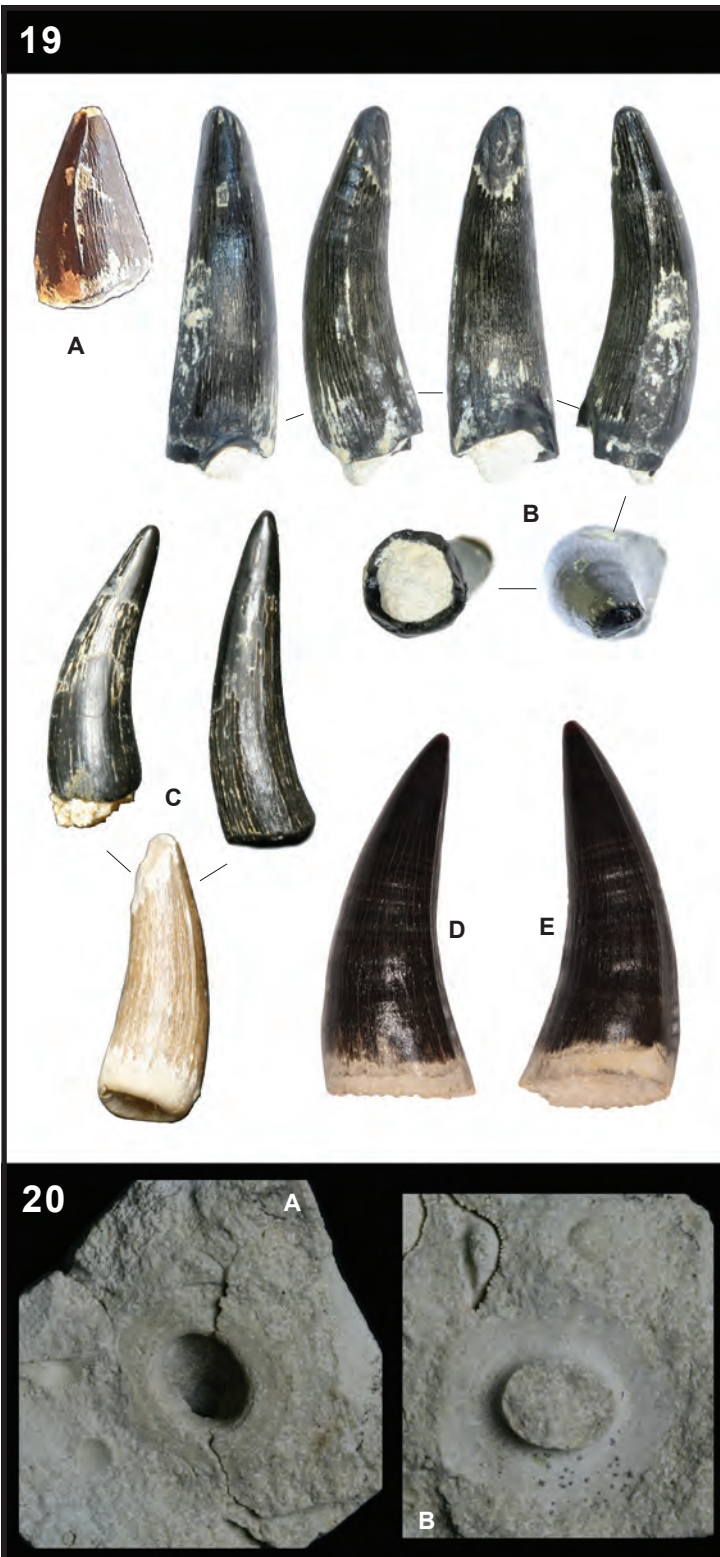
Figuur 16. Kreeften en krabben, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem (behalve C); **A, B.** *Ranilliformis* aff. *baltica* (MAB k. 0029, leg. R.W. Dortangs; l = 29 mm); **C.** *Dromiopsis* aff. *mosae* (MAB k. 3376, leg. R.W. Dortangs; grootste b = 15 mm), Albertkanaal, Vroenhoven (Riemst), onderste meter Geulhem Member; **D.** Lyreididae n. sp. (MAB k. 1496, leg. J.W.M. Jagt; grootste l = 20 mm); **E.** Callianassoidea sp. indet. (MAB k. 1497; grootste b = 15 mm), propodus zonder vaste en beweeglijke vingers. Foto's: B.W.M. van Bakel.

Figuur 17. Andere macrofauna, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem; **A.** *Moltkia* sp. (coll. E. Nieuwenhuis, no. 9m), grootste d = 16 mm; **B.** *Isis* aff. *steenstrupi* (coll. H. Lemmens), l = ca. 160 mm; **C.** ?*Lacazella* sp. (coll. E. Nieuwenhuis, no. 21z), b = 2.5 mm; **D.** *Ditrupea schlotheimi* (NHMM JJ 15194), l = 18 mm; **E.** *Danocrania geulhemensis* (NHMM JJ 15195), b = 4 mm. Foto's: J.W. Stroucken [A, C, E], A.S. Schulp [B] en P. Kessels [D].





Figuur 18 [1 en 2]. Haaien, roggen, chimaeren en beenvissen, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem (coll. M. van Es), behalve O, Q en R (Albertkanaal, Vroenhoven; basale deel Geulhem Member; coll. J. Severijns); **A.** *Notidanodon* sp., b = 18 mm; **B.** *Carcharias* sp., h = 12 mm; **C, D.** *Odontaspis speyeri*, h = 23 en 24 mm; **E-G.** *Synechodus faxensis*, h = 9, 8 en 3 mm; **H-J.** *Striatolamia cederstroemi*, h = 15, 18 en 19 mm; **K-N.** *Cretalamna appendiculata* forma *pachyrhiza*, h = 21, 25, 20 en 21 mm; **O-R.** *Cretalamna appendiculata*, h = 19, 8, 24 en 13 mm; **S.** *Heterodontus lerichei*, l = 7 mm; **T.** *Palaeogaleus* sp., h = 3 mm; **U.** *Dasyatis* sp., h = 4 mm; **V.** *Hypolophodon sylvestris*, h = 2 mm; **W, X.** *Eomobula* sp., b = 22 mm; **Y, Z.** Chimaeroidei, l = 43 mm; **AA.** *Ostracion* cf. *meretrix*, l = 23 mm; **BB.** *Sparidae* indet., d = 3 mm; **CC, DD, EE, FF.** coll. H. Lemmens. Foto's: M. van Es [A-O, P, S-X, Y, Z, AA, BB], A. van Hout [O, Q, R] en J.W. Stroucken [CC-FF].



Figuur 19. Krokodillen, *Thoracosaurus* sp.; Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem (behalve D, E);
A. h = 19 mm; **B.** h = 22 mm; **C.** h = 13-17 mm (coll. H. Lemmens); **D, E.** h = 22 mm (coll. J. Severijns), Vroenhoven-Riemst, basale deel Geulhem Member.
 Foto's: M. van Es [A], A. van Hout [D, E], A.S. Schulp [B] en J.W. Stroucken [C]

Figuur 20. Ongedetermineerd, Geulhem Member (Va-1 tot Va-4), voormalige groeve Curfs, Geulhem;
 NHMM PK 1752; grootste d = 6.5 mm (binnen), 12 mm (buitenste ring).
 Foto's: J.W. Stroucken.

