

Een profiel bij Posthofbrug (Antwerpen)

Kristiaan Hoedemakers¹ en Leo Dufrain²

Summary

In the period 2014–2016 two sections of Miocene sediments could be studied in temporary construction pits at Posthofbrug 2 and Posthofbrug 3 (Antwerp, Belgium). Posthofbrug 1 was studied in 2007 and published by Louwye *et al.* (2010). The new localities exposed the Antwerp Sand Member and the Kiel Sand Member (Burdigalian–Langhian). The transition between both members was clearly delimited and characterized by flat calcareous concretions at the basis of the Antwerp Sand Member. The overlying levels, with *Turritella eryna* and phosphoritic concretions, were sampled extensively at Posthofbrug 2 and yielded well-preserved vertebrate (elasmobranch teeth, otoliths, fish bones) and mollusc faunas; smaller fossils were more scarce, probably due to sorting. They were deposited at a depth of maximum 50 m, as testified by the presence of the brachiopod *Discinisca*. This level was completely decalcified at Posthofbrug 3, but it still yielded a similar vertebrate fauna. On top of the *Turritella*-level were the *Panopea*-level, the *Glycymeris*-level and a thin mollusc layer at Posthofbrug 2, all deposited in shallower waters (Louwye *et al.*, 2010). The latter was sampled extensively as well and is the subject of the present paper. It yielded an impoverished fauna compared with the *Panopea*-level, dominated by bivalves (gastropods are almost completely absent); otoliths and foraminifers were abundant as well, whereas elasmobranch teeth were very scarce, yet with the presence of an oral tooth of *Pristiophorus* sp., the first occurrence in the Antwerp Sand Member.

Zusammenfassung

In den Jahren 2014–2016 konnten zwei Baugruben bei Posthofbrug 2 und Posthofbrug 3 (Antwerpen, Belgien) dokumentiert werden. Posthofbrug 1 wurde bereits 2007 untersucht und 2010 veröffentlicht (Louwye *et al.*, 2010). An den neuen Fundstellen waren die Sande von Antwerpen und von Kiel (Burdigalium–Langhium) aufgeschlossen. Der Übergang zwischen beiden Sanden war eindeutig festzulegen und wurde von flachen Kalksandsteinknollen an der Basis des Antwerpener Sandes charakterisiert. Darüber befand sich eine Schicht mit *Turritella eryna* und Phosphoritknollen, die ausführlich in Posthofbrug 2 beprobt wurde. Sie lieferte viele Mollusken und eine gut erhaltene Wirbeltierfauna (Hai- und Rochenzähne, Otolithen, Fischknochen), während Kleinfossilien viel seltener vorkamen, wohl bedingt durch mechanische Aussortierung durch Strömungen. Die Ablagerungstiefe war höchstens 50 m, wie durch das Vorkommen der Brachiopode *Discinisca* belegt wird. Dieses Niveau war in Posthofbrug 3 total entkalkt und nur Wirbeltierreste konnten dort geborgen werden. Auf dieser Schicht liegen in Posthofbrug 2 die *Panopea*- und *Glycymeris*-

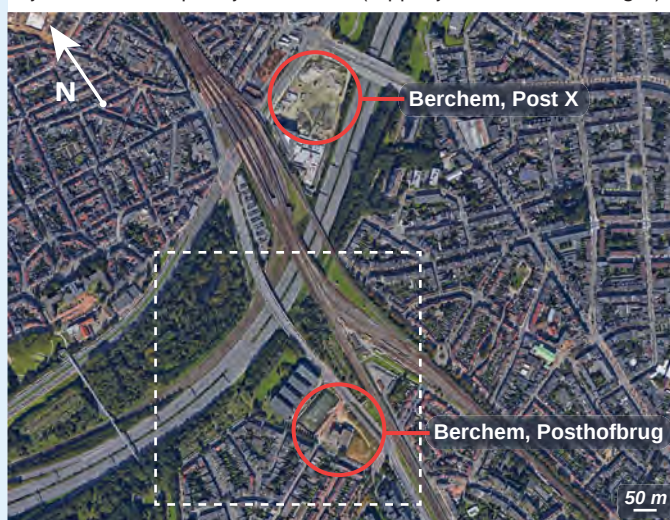
Schichten, sowie eine dünne, aber fossilreiche Schicht, die Gegenstand dieses Artikels ist. Sie lieferte eine ärmere Fauna als die *Panopea*-Schicht, mit vielen Bivalven (keinen gut erhaltenen Gastropoden), Otolithen und Foraminiferen, dazu kaum Hai- und Rochenzähne, trotzdem wurde hier der erste Oralzahn von *Pristiophorus* sp. für den Sand von Antwerpen gefunden. Die Ablagerungstiefe dieser Niveaus war flacher (Louwye *et al.*, 2010).

Inleiding

De neogene afzettingen in het Antwerpse zijn bijzonder rijk aan fossielen. Elke grotere werf voor de aanleg van wegen, tunnels, dokken, parkings, enz. ontsluit telkens weer miocene en/of pliocene sedimenten. In 2007 was er zulk een ontsluiting aan Posthofbrug (Berchem, fig. 1), waarvan een profiel tot negen meter diepte met zes lagen uit het Mioceen door Louwye *et al.* (2010) gepubliceerd werd: laag 1 is Zand van Kiel (Burdigaliaan, Louwye *et al.*, 2000) en lagen 2 tot 6 het Zand van Antwerpen (laat Burdigaliaan tot Langhiaan, Louwye *et al.*, 2010). Lagen 7 tot 9 vertegenwoordigen jongere afzettingen, die hier buiten beschouwing gelaten worden. Laag 2 in het Zand van Antwerpen bleek het rijkst aan fossielen te zijn, een lijst van de Mollusca en de mariene Mammalia staat in Louwye *et al.* (2010), die van de Chondrichthyes in Bor *et al.* (2012).

Van einde 2014 tot midden 2016 waren er twee nieuwe ontsluitingen aan Posthofbrug, zuidelijk aansluitend aan de put van 2007, hierna genoemd PHB-2 en PHB-3 (fig. 4). Hierbij bleef gedurende anderhalf jaar een profiel zichtbaar, maar niet altijd toegankelijk, in de miocene afzettingen. Deze putten werden door de auteurs in de periode 5 januari 2015 tot

Fig. 1: Ligging van de ontsluitingen te Posthofbrug langsheen de westelijke kant van de spoorlijn in Berchem (stippellijnkader is uitsnede fig. 4).





PHB-2 (januari 2015)

Fig. 2: Graafwerken PHB-2 in januari 2015. Het volledige post-Mioceen is reeds weggegraven tot op een diepte van ongeveer 3 m. Op het talud werd Zand van Antwerpen van verschillende niveaus door elkaar gestockeerd.



PHB-2 (22 februari 2015)

Fig. 3: PHB-2 onder water, ongeveer een maand later. De rode cirkel en rechthoek geven aan, waar we in het schelp laagje boven de *Glycymeris*-laag gemonsterd hebben op dat ogenblik. In de loop van de maanden daarop werd het uitgegraven areaal gevoelig vergroot.

9 juli 2016 heel regelmatig bezocht, waarbij alle waarnemingen bezoek na bezoek in een veldboek en vaak op foto vastgelegd werden. Deze documentatie is de basis voor de profieltekeningen en voorliggende tekst. Bovendien werden uit alle mioceen sedimenten monsters genomen, soms bulk-monsters. In enkele gevallen werden de lagen per 10 centimeter bemonsterd om detailwaarnemingen toe te laten. Al

dit werk leidt ertoe, dat we nu vrij gedetailleerde profielen en eerste bevindingen qua fossielen kunnen voorleggen.

PHB-2 zelf kende een bewogen geschiedenis. De graafwerken werden einde 2014 gestart (fig. 2), maar op 11 februari 2015 werden de pompen stilgelegd en de graafwerken stopgezet. Vrijwel onmiddellijk begon het grondwater te stijgen, waardoor het onderste gedeelte van het profiel langzaam ontoegankelijk werd (fig. 3). Na enkele weken stabiliseerde het waterpeil op ongeveer 1,5 meter boven de bodem en was alleen nog de top van het Zand van Antwerpen voor monsternamen bereikbaar. Het aanwezige water was wel ideaal om grotere stalen ter plaatse te zeven, weliswaar alleen uit de top van de *Glycymeris*-bank en de niveaus erboven. Op 27 juli 2018 werd de foto van figuur 1 gedownload, maar die geeft nog steeds de toestand weer zoals die in 2015 was! Eerst op 29 februari 2016 werden de werken hervat en later dat jaar werd ook met het uitgraven van PHB-3 begonnen.

De voorgestelde profielen zijn composietprofielen per put. Met het voortschrijden van de graafwerken werd het profiel ook telkens verversd en werden de nieuwe waarnemingen op verschillende punten in de put aan onze profieltekeningen toegevoegd (fig. 4). Het profiel van PHB-2 werd in essentie opgemeten aan de noordelijke wand en op een centraal punt in de put, een putje van ongeveer 1 meter onder de bodem werd in de noordoosthoek gegraven, terwijl een detailprofiel van de onderste niveaus in het Zand van Antwerpen langs de rijbaan voor vrachtwagens getekend werd. Het profiel van PHB-3 werd in hoofdzaak aan de zuidwestwand gemeten, met

Fig. 4: Overzicht van de punten waar de profieltekeningen in PHB-2 en PHB-3 opgesteld werden.

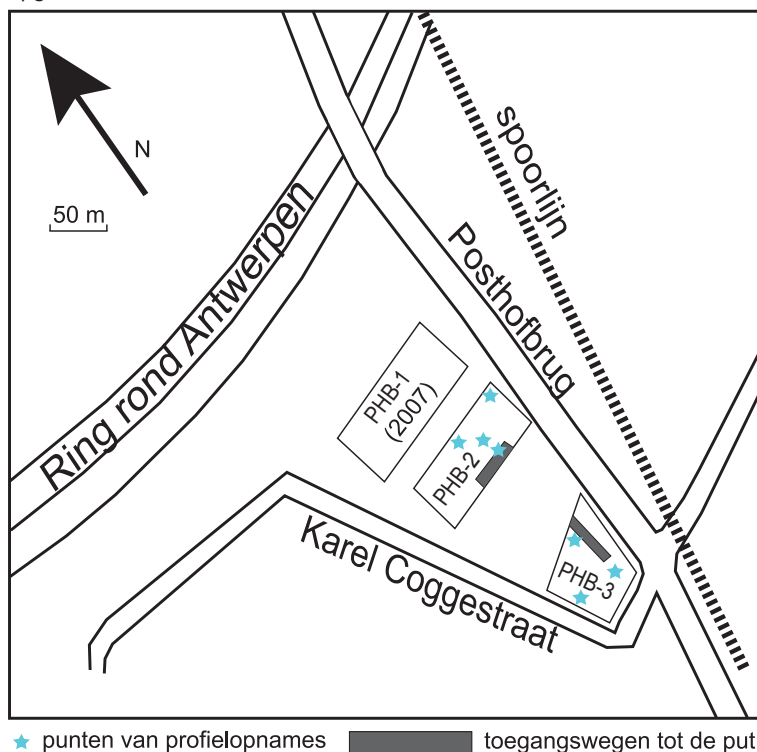
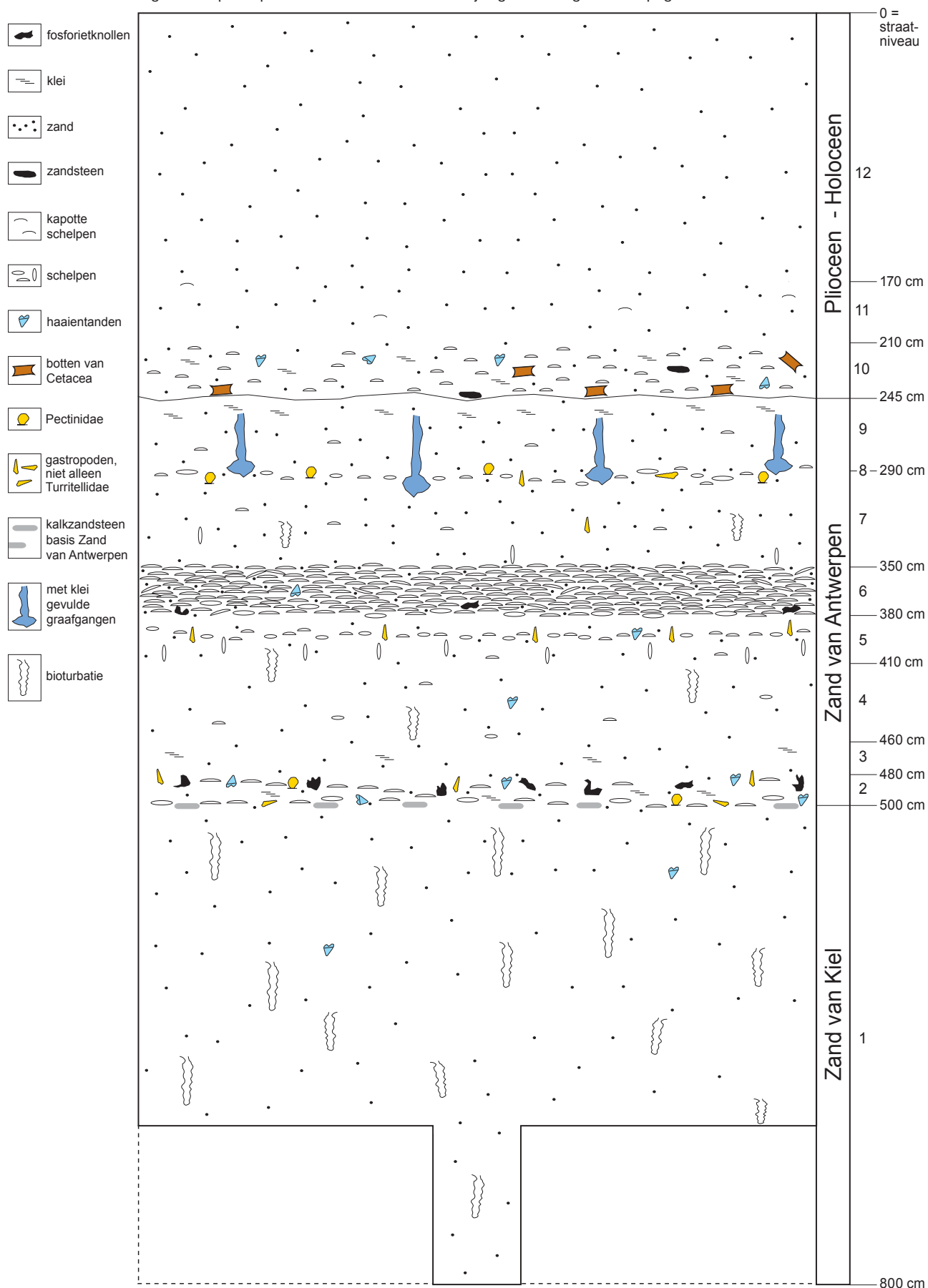


Fig. 5: Composietprofiel van PHB-2. Voor beschrijving van de lagen zie de pagina's 68-73.



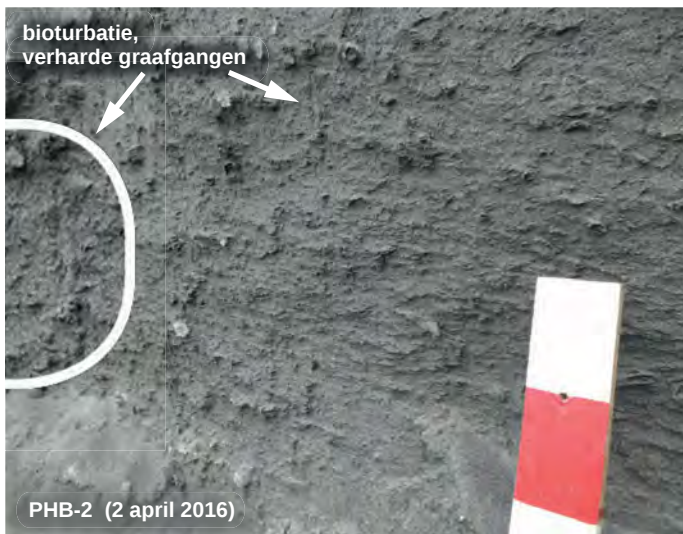


Fig. 6: PHB-2. Bioturbatie in Zand van Kiel, foto genomen op 2 april 2016 na enkele dagen van regen en felle wind, die het zand tussen de graafgangen wegblies. (Links in kader een verharde graafgang in detail.)

detailopnamen in de zuidoosthoek. Er werd tevens een profieltekening opgemaakt aan de noordwand, maar dat wordt hier niet weergegeven. Het belangrijkste gegeven is de voortschrijdende ontkalking en het steeds dunner worden van het Zand van Antwerpen van noord naar zuid. Verder naar het zuiden, in de ontsluitingen 'De Veldekens' langs de Roderveltlaan een tiental jaren geleden, was het Zand van Antwerpen nauwelijks nog aanwezig en werd het Mioceen in hoofdzaak door het Zand van Kiel vertegenwoordigd. Het profiel aan de noordwand van PHB-3 bevatte nog kalk en schelpen.



Fig. 7: PHB-2 werd tot op een diepte van 7 m uitgegraven, waarbij het contact tussen het zand van Kiel en het Zand van Antwerpen duidelijk zichtbaar werd, 2 m boven de bodem van de put. De basis van het Zand van Antwerpen bevat veel klei en schelpen, waardoor het door de wind veel minder gemakkelijk geërodeerd en dus duidelijker geaccentueerd wordt. De basis golft hier lichtjes op enkele plekken.

Stratigrafie

PROFIEL PHB-2 (fig. 5, zie pag. 67)

Laag 1 (200 cm, Zand van Kiel)

Lichtgrijs glauconiethoudend zand met veel bioturbatie. De bovenste 1,20 meter van dit niveau bevatten veel visresten en minder bioturbatie, alsook fijn grind en dunne plakjes klei. De stalen (zie pag. 74) werden doorgezeeft in een kuip en op het bezonken sediment werd telkens een heel dun

Fig. 8: PHB-2. Golvende basis van het Zand van Antwerpen, die heel wat kenmerkende kalkzandstenen bevat.





Fig. 9: Detailopname van figuur 8, waarop de platte kalkzandstenen aan de basis van het Zand van Antwerpen duidelijk te zien zijn.



Fig. 10: PHB-2. Basis Zand van Antwerpen met *Turritella*-laag en een exemplaar van *Pycnodonte*. (Rechtsboven in kader de *Pycnodonte* in detail.)

laagje klei afgezet. Onder dit niveau is er meer bioturbatie (fig. 6), de graafgangen zijn verhard en vaak lang. Na een periode van regen en felle wind werden deze graafgangen en het grotere grind duidelijk zichtbaar in het profiel doordat het zand ertussen weggeblazen werd. Macrofossielen werden niet waargenomen, maar ze komen heel zeldzaam voor. Zo vond iemand een mooie haaiantand *in situ*. In deze put werd ongeveer 2 meter van het zand van Kiel in dagontsluiting waargenomen, we groeven daarom een putje van ongeveer 1 meter diep in de zuidoostelijke hoek. Het daarbij ontsloten profiel liet hetzelfde zien als het pakket erboven.

Laag 2 (20 cm, Zand van Antwerpen)

De grens met het Zand van Kiel is heel duidelijk in het profiel waar te nemen, is golvend en bevat talrijke platte kalksteenknollen (fig. 7-9), die enkele centimeters boven het contact met het Zand van Kiel liggen. Lokaal kan het niveau iets dikker zijn of zijn er ondiepe geulen. Het betreft een fijn, groenzwart, glauconiethoudend, kleiig zand, met veel fossielen. Boven het niveau met de kalkzandstenen liggen enkele laagjes, die grote *Glycymeris baldii* Glibert & Van de Poel, 1965 bevatten, met de bolle kant naar boven en soms als doublet bewaard, alsook *Glossus lunulatus* (Nyst, 1835) en zeldzame *Pycnodonte* (fig. 10). De bovenkant van dit niveau bevat *Turritella eryna* (d'Orbigny, 1852) en fosforietknollen, die kenmerkend voor het dit niveau zijn en die alle vormen kunnen aannemen. De haaiantandjes uit de fosforietknollenlaag zijn meestal zwart, soms steken ze zelfs in de fosforiet, maar boven en onder dit niveau zijn ze beter bewaard. Langs de inrit van PHB-2 (fig. 4) werd in juni-juli 2016 een detailprofiel opgemeten in een geul aan de basis, waaruit 30 emmers gezeefd werden. Hieruit kwamen naast *G. baldii* vrij veel *Pelecypora* (*Cordiopsis*) *polytropa nysti* (d'Orbigny, 1852) voor. De mollusken in laag 2 vertonen een zekere mate van ontkalking, waardoor ze in de zeef vrij snel uit elkaar vallen en niet allemaal be-

waard konden worden. Er werden ook haaiantanden, otolieten, resten van zeepokken (Cirripedia), mosdiertjes (Bryozoa), Decapoda, en andere gevonden. Bij het uitpikken van het gruis viel op, dat er relatief weinig klein materiaal te vinden was. Dit doet vermoeden, dat er een mechanische triëring heeft plaatsgevonden, waarbij heel wat fijn materiaal door stromingen afgevoerd werd. Vele haaiantanden, die onderaan dit niveau gevonden werden, zijn mogelijk uit het Zand van Kiel verspoeld tijdens de transgressie van het Zand van Antwerpen. Een eerste vergelijking leert, dat er weinig verschil in visfauna tussen beide zanden is. Het betreft soorten, die we ook in het Zand van Kiel vonden.

Laag 3 (20 cm, Zand van Antwerpen)

In dit niveau worden nog verspreide kleppen van grote *G. baldii* aangetroffen in dezelfde matrix als die van laag 2.

Laag 4 (50 cm, Zand van Antwerpen)

Dit is een niveau van glauconiethoudend zand met verspreide mollusken en graafgangen (bioturbatie), wat op een afzetting in rustiger milieu wijst. De overgang van kleiig zand naar zand is heel geleidelijk zonder scherpe grens. In het zand worden verspreide macrofossielen aangetroffen.

Laag 5 (30 cm, Zand van Antwerpen, fig. 12)

Dit is een niveau met veel *Panopea kazakovae* Glibert & Van de Poel, 1965 in levenspositie, dat wil zeggen in verticale positie ingegraven in het sediment. Het zand is vrij fijn en glauconiethoudend. Daarnaast bevat deze laag ook talrijke kleinere mollusken en andere fossielen. De top van dit niveau bevat een laagje (max. 10 cm dik), waarin fossielen geconcentreerd zijn, onder meer *P. kazakovae* in horizontale positie, *Venus* (*Ventricoloidea*) *multilamella multilamella* (Lamarck, 1818), *G. lunulatus* en vele andere soorten. *Glycymeris* is hier echter niet dominant. Dit is het niveau waaruit eerdere auteurs de rijke molluskenfauna van het Zand van

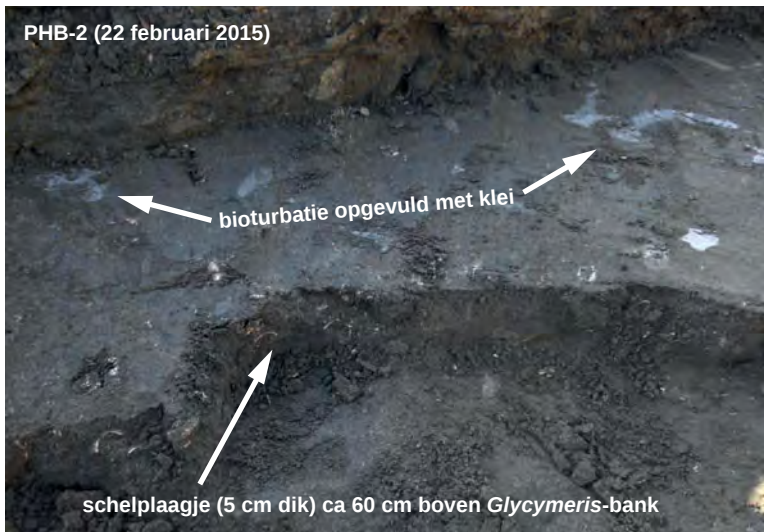


Fig. 11: PHB-2. Schelpplaagje ca 60 cm boven de *Glycymeris*-bank, met bioturbatie (graafgangen).

Antwerpen beschreven hebben. Naast mollusken zijn er ook talrijke otolieten, Bryozoa, Cirripedia, enz. te vinden, maar heel weinig tanden van Elasmobranchii. De overgang naar de *Glycymeris*-bank wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van vele doubletten van *G. baldii*, waar in het ingesloten sediment vaak heel mooi bewaarde microfossielen zitten.

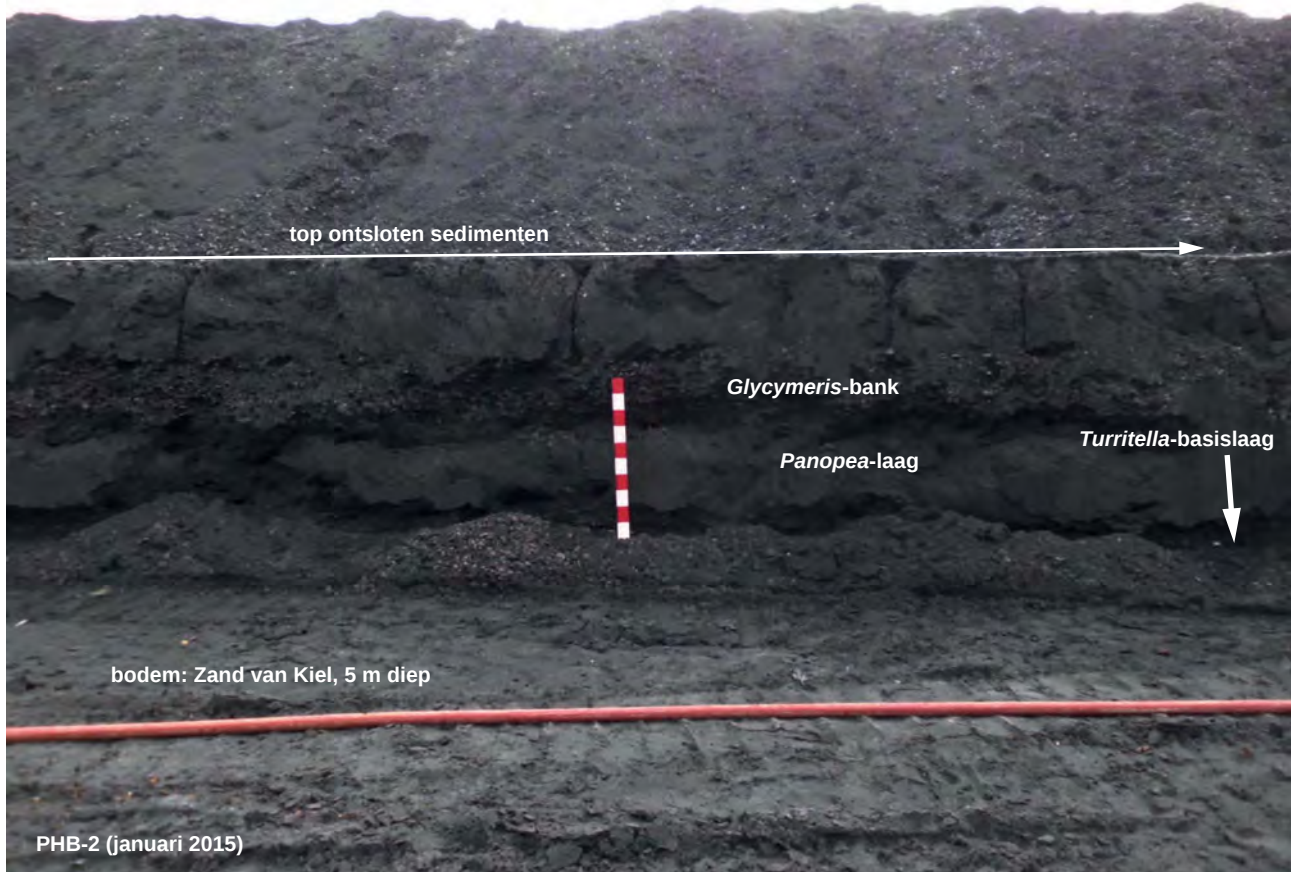
Laag 6 (30 cm, Zand van Antwerpen)

Dit is de *Glycymeris*-bank, waarin miljoenen exemplaren dicht op elkaar afgezet zijn, meestal met de bolle klep naar boven, maar ook zelden in een andere positie of zelfs als doublet bewaard. Deze exemplaren zijn duidelijk wat kleiner dan degene die aan de basis gevonden werden. Het zand is vrij fijn, glauconiethoudend, maar bevat relatief weinig kleine fossielen in vergelijking met de massa *Glycymeris*. Die kleine fossielen werden boven deze bank afgezet toen het milieu wat rustiger werd. Heel af en toe wordt er een rest van een zeezoogdier of een haaiantand gevonden.

Laag 7 (60 cm, Zand van Antwerpen)

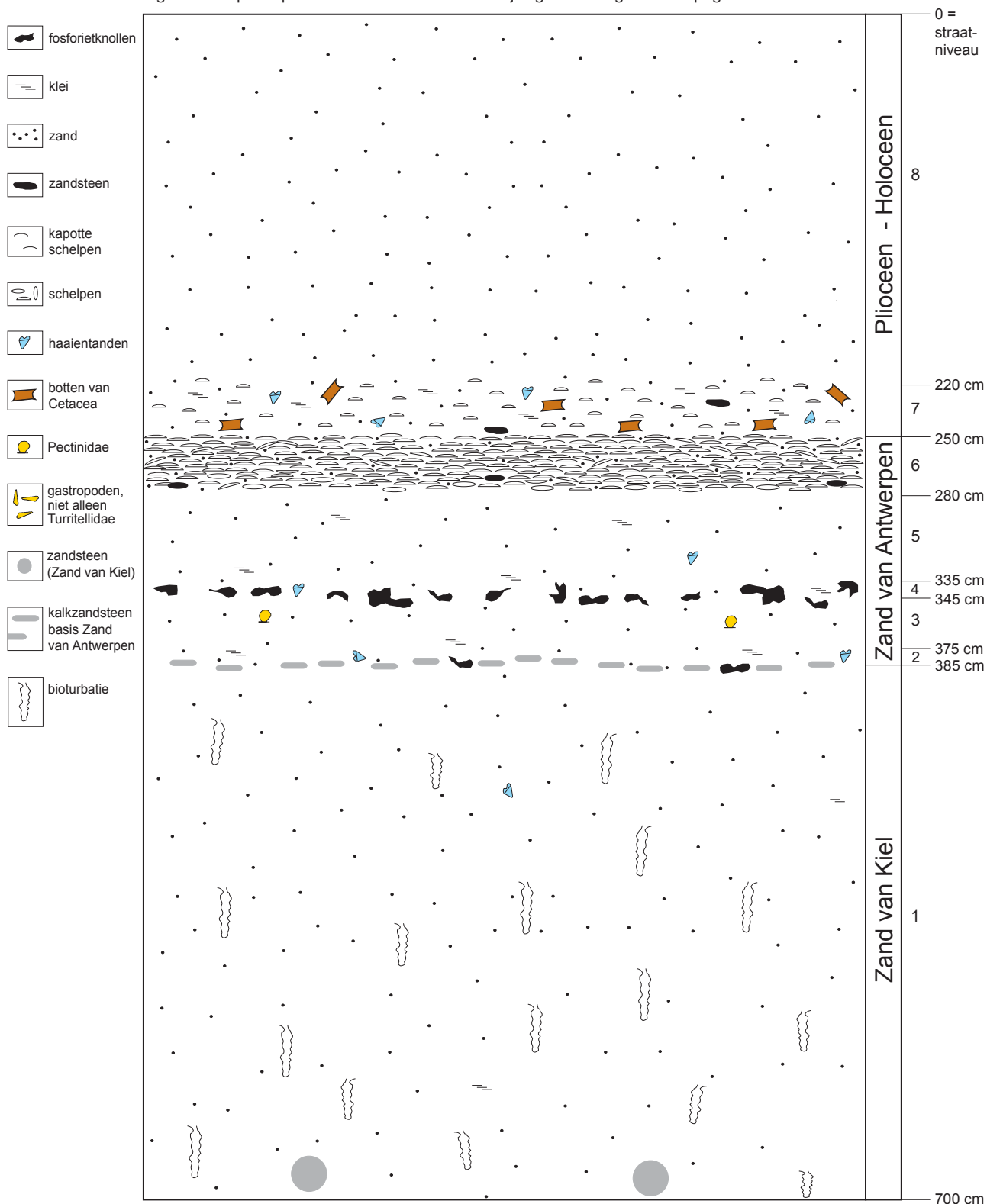
Fijn, glauconiethoudend zand, met bioturbatie en verspreide mollusken, onder andere *Panopea* in levenspositie; er werd ook een *Ficus* (*Ficus*) *conditus* (Brongniart, 1823) en een *Cassis* sp. gezien. De fossielen zijn heel fragiel en gaan helaas meestal stuk bij het verzamelen. Aan de top zijn hier en daar grote graafgangen zichtbaar. Tijdens onze monsternamen werden in dit niveau eerder weinig *Glycymeris*-schelpen aangetroffen in tegenstelling tot de waarnemingen in Louwye *et al.* (2010).

Fig. 12: PHB-2. Grens Zand van Antwerpen en Zand van Kiel, met de *Panopea*-laag en *Glycymeris*-bank in het Zand van Antwerpen.



PHB-2 (januari 2015)

Fig. 13: Composietprofiel van PHB-3. Voor beschrijving van de lagen zie de pagina's 73-74.





bioturbatie in Zand van Kiel
PHB-3 (28 mei 2016), westelijke zijde

Fig. 14: PHB-3. Bioturbatie in het Zand van Kiel.



grote kalkzandstenen op bodem put -7m
PHB-3 (28 mei 2016), Zand van Kiel

Fig. 15: PHB-3. Zand van Kiel, zandstenen op de bodem van de put.

Laag 8 (5-8 cm, Zand van Antwerpen, fig. 3, 11)

Dit is een dun laagje, bestaande uit fijn, glauconiethoudend zand met talrijke mollusken, vrijwel uitsluitend Bivalvia en slechts heel zelden een fragment van een gastropode (meestal *Turritella*). De soorten zijn dezelfde als in de *Panopea*-laag, met veel klepjes van Pectinidae, *Venus*, *Glossus*, enz., maar heel zelden fragmenten van *Panopea*. Visresten (otolieten, botjes, otic bullae, enz.) zijn algemeen, maar haaien- en roggentandjes zijn heel zeldzaam en vaak van slechte kwaliteit. Resten van zeezoogdieren zijn uiterst zeldzaam. In dit niveau bevinden zich veel grote graafgangen, ge-

vuld met blauwachtige klei die van hoger uitgelopen is (fig. 11). Het valt op dat *Glycymeris* hier vrijwel afwezig is.

Laag 9 (40 cm, Zand van Antwerpen)

Dit is een gemengde laag, met typisch sediment van het Zand van Antwerpen, maar ook heel veel blauwachtige klei. Verspreide schelpen zijn zeldzaam. Dit was ook het plateau waar de vrachtwagens over reden (fig. 3), zodat er heel wat rotzooi overheen gevallen is dat door het gewicht van de camions in het sediment gedrukt werd en het aldus vervuilde. Om die reden werd dit niveau niet bemonsterd.

Fig. 16: PHB-3: zuidwestelijke zijde van de bouwput met grens Zand van Kiel / Zand van Antwerpen en *Glycymeris*-bank.



PHB-3 (28 mei 2016), westelijke zijde



Fig. 17: PHB-3. Foto genomen aan de noordelijke wand, vlakbij de inrit voor camions, waar het Zand van Antwerpen nog niet totaal ontkalkt is. De foto toont de *Glycymeris*-bank en de grens met het Zand van Kiel, gekenmerkt door de typische platte kalkzandstenen.

Laag 10 (35 cm, verspoelde laag)

Dit is geel, kleiig zand, met verspoelde schelpen, haaiantanden en botten van zeezoogdieren.

Laag 11 (40 cm, verspoelde laag)

Dit is eveneens geel zand met nog wat verspreide schelpfragmenten.

Laag 12 (170 cm, anthropoceen)

Eveneens geel zand, fossielloos, recente bodem.

PROFIEL PHB-3 (fig. 13, zie pag. 71)

Laag 1 (315 cm, Zand van Kiel)

Zoals in PHB-2, eveneens met veel bioturbatie (fig. 14), maar met veel minder visresten. Stalen van de bodem van de put leverden slechter bewaard materiaal. Op de bodem van de put bevonden zich grote ronde zandstenen, soms met een diameter tot 60 centimeter (40 kg) (fig. 15). Eén zo'n steen werd meegenomen en aan verwerking door regen en wind blootgesteld. De steen verweerde langzaam tot zand en onthulde een kern van hard materiaal met resten van schelpen. De basis van het Zand van Kiel werd niet bereikt.

Laag 2 (10 cm, Zand van Antwerpen, fig. 16-18)

Licht golvende laag in een matrix van kleiig, glauconiethoudend zand, met aan de basis de kenmerkende kalkzandstenen (zie ook fig. 9). Op deze plaats is laag 2 volledig ontkalkt, in tegenstelling tot hetzelfde niveau in PHB-2. Verder komen er in dit niveau talrijke tanden van Elasmobranchii voor.

Laag 3 (30 cm, Zand van Antwerpen)

Fijn, groenzwart, glauconiethoudend, kleiig zand, volledig ontkalkt op wat geïsoleerde klepjes van Pectinidae na.



Fig. 18: PHB-3. Zuidoostelijke zijde, aan de hoek van de inrit, ont-kalkt gedeelte van het Zand van Antwerpen in het zuidwestelijk deel van de put, met de verschillende niveaus die gedefinieerd konden worden, alsook de grens met het Zand van Kiel. De basislaag van het Zand van Antwerpen is te zien, alsook de fosforietknollen die de ontcalke *Turritella*-laag aangeven.

Fig. 19: PHB-3. Grens Zand van Anwerpen - verspoelde laag aan de basis van het Pliocene.



Laag 4 (10 cm, Zand van Antwerpen, fig. 18)

Fijn, groenzwart, glauconiethoudend, kleiig zand, volledig ont kalkt, maar met enorm veel fosforietknollen, die alle vormen kunnen aannemen. Dit niveau is het equivalent van de *Turritella*-laag in PHB-2. Ook in dit niveau komen haaiantandjes van *Elasmobranchii* voor, die niet altijd even mooi bewaard zijn.

Laag 5 (55 cm, Zand van Antwerpen)

Fijn, groenzwart, glauconiethoudend, licht kleiig zand, totaal ont kalkt. Het bevat nog wel visresten en zeldzame haaiantandjes.

Laag 6 (30 cm, Zand van Antwerpen, fig. 16-17)

Glycymeris-bank, zoals in PHB-2 (laag 6).

Laag 7 (30 cm, verspoelde laag, fig. 19)

Zoals laag 11 in PHB-2. In dit niveau werden talrijke botten van zeezoogdieren, maar ook haaiantanden aangetroffen, waaronder ettelijke die typische vertegenwoordigers van het Boven Mioceen zijn. Dit wijst erop, dat er in de buurt jongere miocene lagen verspoeld en weer afgezet werden.

Laag 8 (220 cm, anthropoceen)

Zoals laag 12 in PHB-2.

Fossielen

Een gedetailleerde inventaris van de fossielinhoud van de verschillende lagen zal elders gegeven worden. Hier beperken we ons tot de fossielen van het schelp laagje circa 60 centimeter boven de *Glycymeris*-bank (zie fig. 3 en 5), omdat dit niveau nog niet eerder gepubliceerd werd. Uit dit niveau, dat ongeveer 5 tot 8 centimeter dik was, namen de auteurs in het voorjaar 2015 een staal van ruim 1000 emmers sediment, dat op maaswijdte 0,75 millimeter gezeefd werd. Op 30 mei 2015 namen we een weegschaal mee in de put en wogen systematisch de met sediment gevulde emmers: deze wogen telkens tussen 18 en 20 kilo. Alles bij elkaar werd uit dit niveau dus een staal van minimum 18000 kilo gezeefd. Dit lijkt veel, maar in feite hadden we geen keuze, want het was het enige toegankelijke niveau op dat ogenblik in die bouwput (zie fig. 3). Al het gruis werd voor nazicht meegenomen en tot op heden is de fractie tot op 2,5 millimeter volledig bekeken, die tussen 1 en 2,5 millimeter al voor drievierde deel. De fractie onder 1 millimeter wordt uitgezuurd om de vertebratenresten te vinden. Goed bewaarde kalkhoudende fossielen zijn hierin zo zeldzaam, dat het te tijdrovend is om deze fractie onder binoculair uit te zoeken.

Een eerste vaststelling is, dat de fossielen uit dit niveau niet al te best bewaard zijn. Vaak zijn de schelpen gebroken, de haaiantanden zijn meestal onvolledig, de otolieten vertonen sporen van erosie (of misschien eerder van corrosie wanneer ze door het darmkanaal van predatoren gepasseerd zijn). De gebroken schelpen kunnen wellicht verklaard worden door het feit, dat het bemonsterde niveau niet diep onder het afgegraven oppervlak lag, waarop zware vrachtwagens af en aan reden (zie fig. 3). Bij het kleinere materiaal werden wel vaker

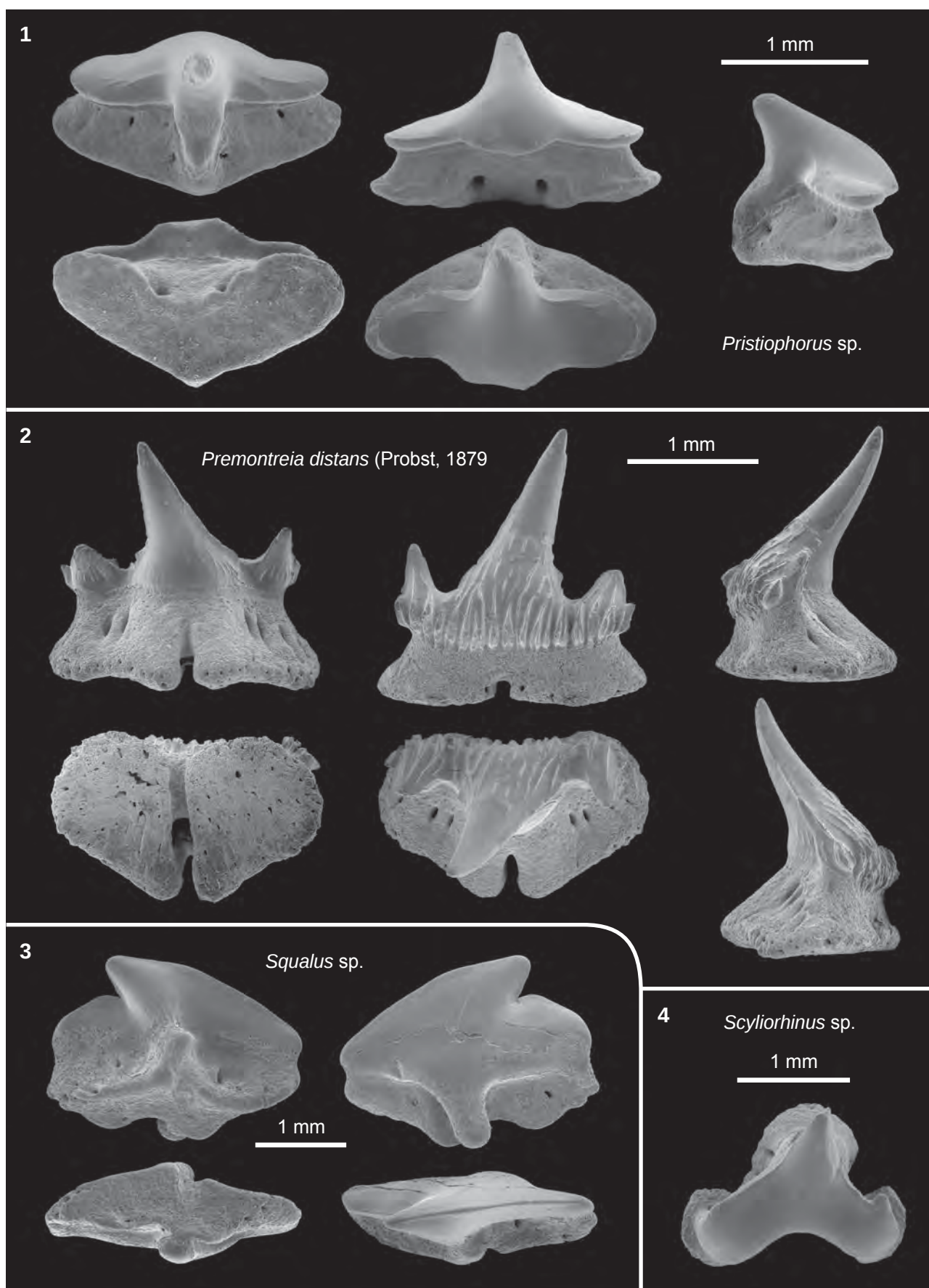
gave exemplaren gevonden. In de hiernavolgende tekst willen we een eerste indruk van de fauna van dit niveau geven, met de nadruk op de meer algemene soorten.

KRAAKBEENVISFAUNA

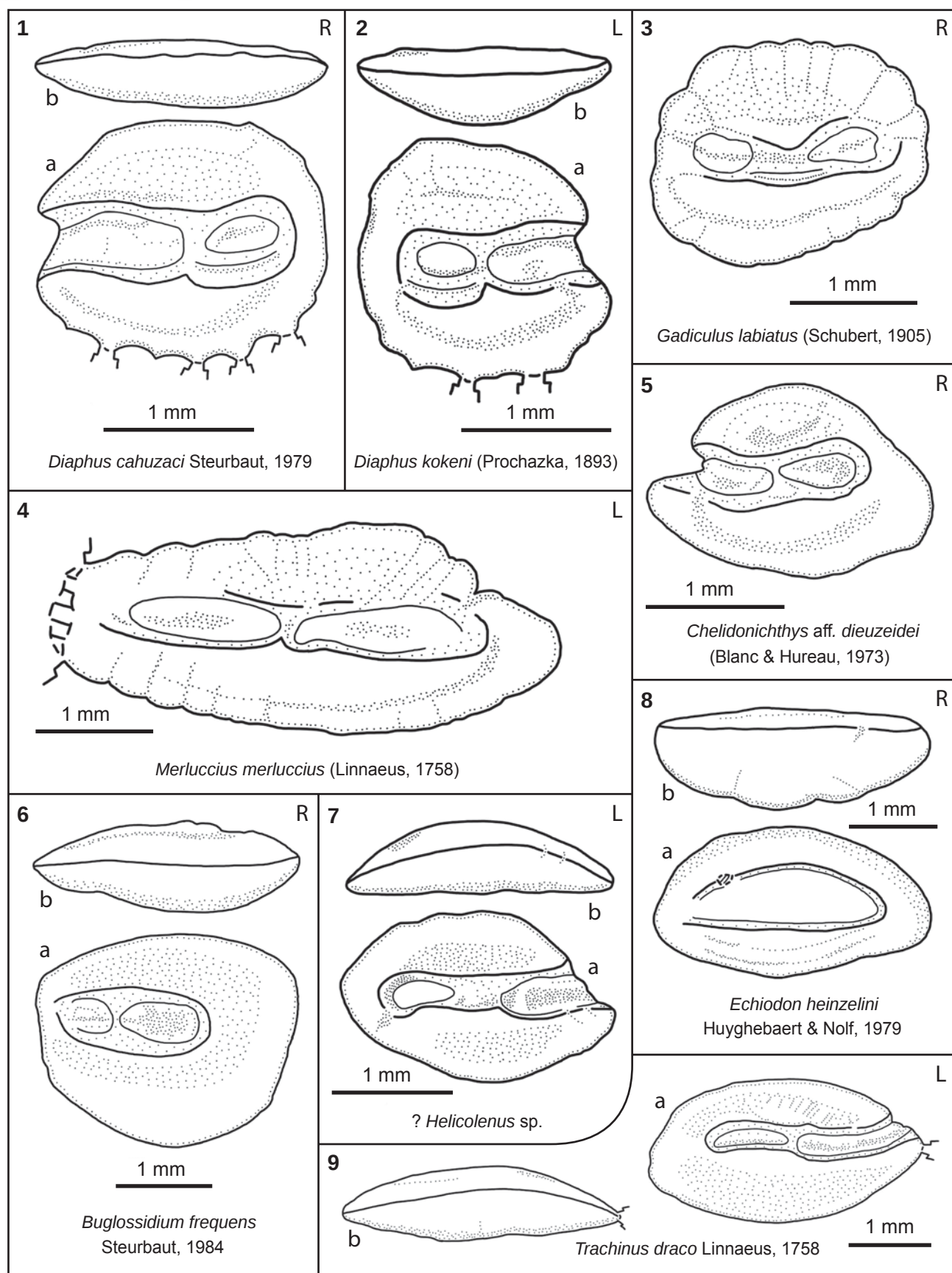
De kraakbeenvisfauna is armer aan soorten dan de lijst van Bor *et al.* (2012) doet vermoeden. Die lijst geeft een overzicht van de fauna uit het gedeelte van het Zand van Antwerpen onder de *Panopea*-laag. De *Panopea*-laag zelf en de niveaus erboven bevatten aanmerkelijk minder tanden van minder soorten, waarbij kleinere soorten duidelijk domineren. Tand van grote haaien soorten (bv. *Notorynchus primigenius* (Agassiz, 1835) of *Cosmopolitodus hastalis* (Agassiz, 1838)) zijn heel zeldzaam. Bij de kleinere soorten overheersen de Scyliorhinidae (pl. 1: fig. 2 en 4) en *Squalus* sp. (pl. 1: fig. 3), maar er werden ook enkele slecht bewaarde rostrale tanden en één goed bewaarde orale tand van *Pristiophorus* sp. (pl. 1: fig. 1) gevonden. Deze laatste lijkt wel op de *Pristiophorus rupe-liensis* Steurbaut & Herman, 1978 van Miste (zie Bor *et al.*, 2012), maar ons exemplaar heeft geen sculptuur op de rand van de kroon, vandaar dat we die in open nomenclatuur houden. Deze vondst is trouwens de eerste orale tand van *Pristiophorus* uit het Zand van Antwerpen. Ook de tanden van *Squalus* sp. laten we voorlopig onbenoemd, omdat we de tanden van de recente soorten nog niet goed kennen; er werden de laatste jaren trouwens enkele nieuwe soorten binnen dit genus beschreven (zie o.m. Viana *et al.*, 2016). Bij de roggentanden domineren die van *Raja*, terwijl tanden van *Dasyatis* opvallend weinig vertegenwoordigd zijn. Naar de reden daarvan is het voorlopig nog gissen, wellicht heeft het ondieper worden van de zee in dit gebied ermee te maken (zie Louwye *et al.*, 2010). In de niveaus onder de *Panopea*-laag zijn tanden van *Dasyatis* veel talrijker, alsook in de jongere miocene zanden in het Antwerpse (ongepubliceerde gegevens van de ontsluiting te Borsbeek, zie Hoedemakers & Dufraing, 2015). Roggentanden zijn ook niet zeldzaam in het Zand van Antwerpen in de ontsluiting 'AnHyp', maar er werd in de gepubliceerde tabel geen onderscheid tussen deze beide genera gemaakt, zodat een vergelijking niet mogelijk is (De Ceuster, 1987).

BEENVISFAUNA

De beenvisfauna kan gereconstrueerd worden aan de hand van otolieten en osteologische resten, beide zijn vaak niet zo fraai bewaard. De fauna wordt gedomineerd door Gadidae met *Gadiculus labiatus* (Schubert, 1905) (pl. 2: fig. 3) en *Trisopterus sculptus* (Koken, 1891), wat niet verwondert. Nolf (1977) en Huyghebaert & Nolf (1979) hebben deze vaststelling eerder al gemaakt voor het Zand van Zonderschot (= Zand van Antwerpen, zie Louwye, 2000) in Heist-op-den-Berg. Het blijkt, dat *G. labiatus* eveneens heel algemeen in de top van het Zand van Antwerpen te Antwerpen voorkomt, maar veel zeldzamer is in de onderste, kleiigere lagen. De reden daarvoor kan mechanische triëring zijn dat wil zeggen dat veel kleinere fossielen uit deze niveaus gespoeld werden want er komen in die kleiigere niveaus ook aanmerkelijk minder foraminiferen voor. Een andere reden kan ook zijn, dat de soort dichter bij de kust leefde. In Schwarzhans (2010) worden *Gadiculus labiatus*



Plaat 1: Enkele haaiantanden uit het schelpplaagje ca 60 cm boven de *Glycymeris*-bank, Zand van Antwerpen. 1. *Pristiophorus* sp. 2. *Premontreia distans* (Probst, 1879). 3. *Squalus* sp. 4. *Scyliorhinus* sp.



Plaat 2: Enkele otolieten uit het schelpplagje ca 60 cm boven de *Glycymeris*-bank, Zand van Antwerpen. 1. *Diaphus cahuzaci* Steurbaut, 1979. 2. *Diaphus kokeni* (Prochazka, 1893). 3. *Gadiculus labiatus* (Schubert, 1905). 4. *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758). 5. *Chelidonichthys* aff. *dieuzeidei* (Blanc & Hureau, 1973). 6. *Buglossidium frequens* Steurbaut, 1984. 7. ? *Helicolenus* sp. 8. *Echiodon heinzlini* Huyghebaert & Nolf, 1979. 9. *Trachinus draco* Linnaeus, 1758. (De letters in de rechter bovenhoek staan voor linker otoliet 'L' of rechter otoliet 'R').

en *Trisopterus sculptus* onder verschillende namen opgevoerd (zie Nolf, 2013; Hoedemakers & Van Hinsbergh, 2013).

De tweede belangrijke groep zijn de Clupeidae (haringachtigen), die in onze stalen echter niet door otolieten, maar wel door gehoorkapseltjes (os prooticum en os pterioticum, zie Hoedemakers & Wienrich, 2013) vertegenwoordigd worden. In de moderne visfauna's vormen Clupeidae een belangrijk onderdeel van de visbiomassa (Ganias, 2014) en zijn ze op alle vismarkten, zeker in de tropische gebieden, in enorme aantallen aanwezig. Als de visfauna enkel aan de hand van otolieten gereconstrueerd werd, zou één van de belangrijkste groepen helemaal uit beeld vallen. Er werden vele honderden gehoorkapseltjes van haringachtigen aangetroffen en op basis van hun aantal vertegenwoordigen zij de belangrijkste groep na de Gadidae. Deze gehoorkapseltjes zijn, net zoals otolieten, tenminste op genus determineerbaar. Verdere studie zal uitwijzen, of ze ook tot op soortniveau kunnen worden benoemd, maar het ziet er naar uit, dat dit inderdaad wel het geval is. Hun determinatie volgt later na vergelijking met modern materiaal. De lijst van miocene soorten van Clupeidae uit de Noordzee wordt momenteel uitsluitend gebaseerd op otolieten, maar zal wellicht aangepast worden na determinatie van de gehoorkapseltjes. In hoeverre de determinaties elkaar overlappen, moet nog uitgemaakt worden. Alle andere soorten zijn veel minder algemeen, waarbij de Myctophidae met onder meer *Diaphus cahuzaci* Steurbaut, 1979 (pl. 2: fig. 1) en *Diaphus kokeni* (Prochazka, 1893) (pl. 2: fig. 2), Phycidae (*Phycis blennioides* (Brünnich, 1768)), Carapidae (*Echiodon heinzlini* Huyghebaert & Nolf) (pl. 2: fig. 8), Trachinidae (*Trachinus draco* Linnaeus, 1758) (pl. 2: fig. 9) en de platvissen (o.m. *Buglossidium frequens* Steurbaut, 1984) (pl. 2: fig. 6) niet zeldzaam zijn. Veel zeldzamer zijn otolieten van Merlucciidae (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1958)) (pl. 2: fig. 4) en Triglidae (o.m. *Chelidonichthys* aff. *dieuzeidei* (Blanc & Hureau, 1973) (pl. 2: fig. 5, in Schwarzhans, 2010 als *Lepidotrigla modica* vermeld). Er werd ook een kleine otoliet van een schorpioenvis gevonden, die misschien bij het genus *Helicolenus* aanleunt (pl. 2: fig. 7). De otoliet is heel klein, afkomstig van een juveniel dier, waardoor de determinatie niet heel zeker is. We beelden hier ter vergelijking ook enkele otolieten van juveniele exemplaren van *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809) af (pl. 4: fig. 6 en 7).

Opvallend is de geringe aanwezigheid van otolieten van Goobiidae (grondels), die op andere vindplaatsen veel algemener zijn (bv. Heist-op-den-Berg).

OVERIGE GROEPEN

Bij de mollusken werden geen nieuwe soorten aangetroffen en dat verwachten we ook niet. De fauna is erg arm aan soorten en kon met behulp van het boek van Janssen (1985) gedetermineerd worden. Gastropoden werden niet gevonden, behalve wat brokstukken van *Turritella* en een zeldzaam fragment (de laatste windingen met mondopening) van *Cirsotrema* (*Cirsotrema*) *crassicosatum* (Deshayes, 1839). Bivalven waren echter alomtegenwoordig. Het schelpaagje was altijd en overal vrij dun (5-8 cm) en op de top lagen vaak

exemplaren van *Arctica islandica islandica* (Linné, 1758), altijd in gebroken toestand, zoals ook wel vaker voorkomt in andere ontsluitingen. Andere algemene soorten zijn *Venus* (*Ventricoloidea*) *multilamella multilamella* (Lamarck, 1818), *Scapharca* (*Scapharca*) *diluvii* (Lamarck, 1805), *Glossus lunulatus* (Nyst, 1835), *Korobkovia woodi* (Nyst, 1861), *Goodallia* (*Goodallia*) *waeli waeli* (Glibert, 1945) (pl. 3: fig. 3) en vooral *Astarte* (*astarte*) *radiata* Nyst & Westendorp, 1839 (pl. 3: fig. 1), *Goodallia* (*Goodallia*) *angulata* (Lehmann, 1885) (pl. 3: fig. 2) en *Erycinella chavani* (Glibert, 1945) (pl. 3: fig. 4), deze laatste niet zelden als doublet, net zoals in Miste. Enkel de algemene soorten werden tot nu toe gedetermineerd, er zijn ook nog kleppen of fragmenten van andere soorten aangetroffen, bijvoorbeeld van *Cardiomya* (*Cardiomya*) *costellata* (Deshayes, 1832), waarvan het 'rostrum' altijd afgebroken is. De meeste kleinere (< 2,5 mm) kleppen vertonen sporen van slijtage door rolling, maar ze zijn vrij vaak volledig. De grotere (> 2,5 mm) zijn heel vaak gebroken. In de fractie 1 tot 2,5 millimeter worden benthische Foraminifera heel algemeen gevonden, het betreft dan uiteraard de grotere soorten, waarvan enkele op plaat 4 zijn afgebeeld (gedetermineerd met behulp van De Meuter, 1980). De schaaltsjes zijn vaak, maar lang niet altijd, van goede kwaliteit. Resten van koralen (Anthozoa) en mosdiertjes (Bryozoa) zijn zeer zeldzaam. Brachiopoden van het genus *Discinisca* zijn heel algemeen, maar steeds als fragment bewaard.

Interpretatie van het afzettingsmilieu en ecologie

We beperken ons hier tot de niveaus van het Zand van Antwerpen boven de *Panopea*-laag (laag 5) van PHB-2.

De *Panopea*-laag zelf werd in een zandig milieu afgezet, wat op niet al te grote diepte wijst. Het voorkomen van *Discinisca* wijst ook in die richting: dit genus leeft tegenwoordig tot op diepten van ongeveer 50 meter. Het was een rustig milieu, getuige de graafgangen (bioturbatie) en het feit dat *Panopea* zich kon ingraven, wat in een woelig milieu niet zo makkelijk zou zijn. Kleppen van *Glycymeris* zijn niet talrijk in dit niveau en vaak van juvenielen afkomstig.

De *Glycymeris*-laag erboven is een compact geheel van (hoofdzakelijk) losse kleppen, met weinig andere fossielen of zelfs zand ertussen. In de zeef blijven vooral de kleppen hangen, hoewel er toch ook wat kleinere mollusken gevonden werden. De kleppen van *Glycymeris* liggen praktisch allemaal met de bolle kant naar boven. Dit zijn aanwijzingen dat het hier om een stormafzetting gaat, die in heel korte tijd tot stand kwam. De *Glycymeris* hebben niet ter plekke geleefd, maar werden van verder uit de kust aangebracht door de sterke stromingen en dan massaal in één beweging als een bank afgezet. Het lichtere spul bleef langer in suspensie hangen en werd geleidelijk aan boven de *Glycymeris*-bank afgezet. Als je het zand van dat niveau onder de binoculair bekijkt, maakt het een versleten indruk. Toen het milieu weer rustiger geworden was, kon er zich opnieuw benthos ontwikkelen met dezelfde soorten als in de *Panopea*-laag. Dit is dan het schelpaagje zo'n 60 centimeter boven de *Glycymeris*-bank. Dat schelpaagje vertoont alle kenmerken van de *Panopea*-laag onder de *Glycymeris*-laag, maar met minder soorten.

Vooral de afwezigheid van gastropoden en de aanwezigheid van talrijke *G. lunulatus* en *A. islandica islandica* vallen op. Ook hier zijn er alleen kleinere klepjes van *Glycymeris* te vinden. We vinden opnieuw ingegraven *Panopea* in levenspositie onder het schelpplaagje, maar veel minder vaak dan in de *Panopea*-laag. Ook hier zijn er talrijke vondsten van fragmenten van *Discinisca*, wat erop wijst, dat de zeediepte zowat dezelfde zal geweest zijn als die van de *Panopea*-laag. De bovenste, zandige niveaus van het Zand van Antwerpen werden in een rustig milieu afgezet, met uitzondering van de *Glycymeris*-bank, op een zachte modderbodem, waarin heel wat organismen zich konden ingraven. Het duidelijkste voorbeeld hiervan zijn de *Panopea*'s, maar ook de aanwezigheid van enkele vissen gaat in die richting: platvissen en pietermannen (*Trachinus draco*) leven ook op en in zachte bodems. *Pristiophorus* gebruikt zijn rostrum wellicht om in zachte bodems naar prooi te graven (Nevatte *et al.*, 2017). Bij de Elasmobranchii overheersen de kleinere soorten, tanden van grote soorten werden nauwelijks gevonden. Dit zou op een minder goede verbinding met de open oceaan kunnen wijzen, maar daartegenover staat dan de aanwezigheid van talrijke en soms goed bewaarde otolieten van Myctophidae (mesopelagische vissen), tenzij die via predatoren in het sediment gebracht werden. De diepte van afzetting zal maximaal 50 meter geweest kunnen zijn, afgaande op de aanwezigheid van *Discinisca*. De onderste, kleiige niveaus werden wellicht dieper afgezet tijdens de initiële fase van de transgressie, waarna de afzettingsdiepte afnam (zie ook Louwye *et al.*, 2010). De temperatuur van het zeewater was warmer dan die van de huidige zuidelijke Noordzee, getuige de aanwezigheid bij de vissen van genera die nu meer naar het zuiden voorkomen: *Echiodon*, *Pristiophorus*, *Dasyatis*, *Carcharhinus* en andere. De vrijwel afwezigheid van otolieten van Gobiidae is niet goed te verklaren, aangezien het leefmilieu voor deze dieren nagenoeg ideaal was en ze in het Zand van Zonderschot niet zeldzaam zijn (Huyghebaert & Nolf, 1979).

Dankwoord

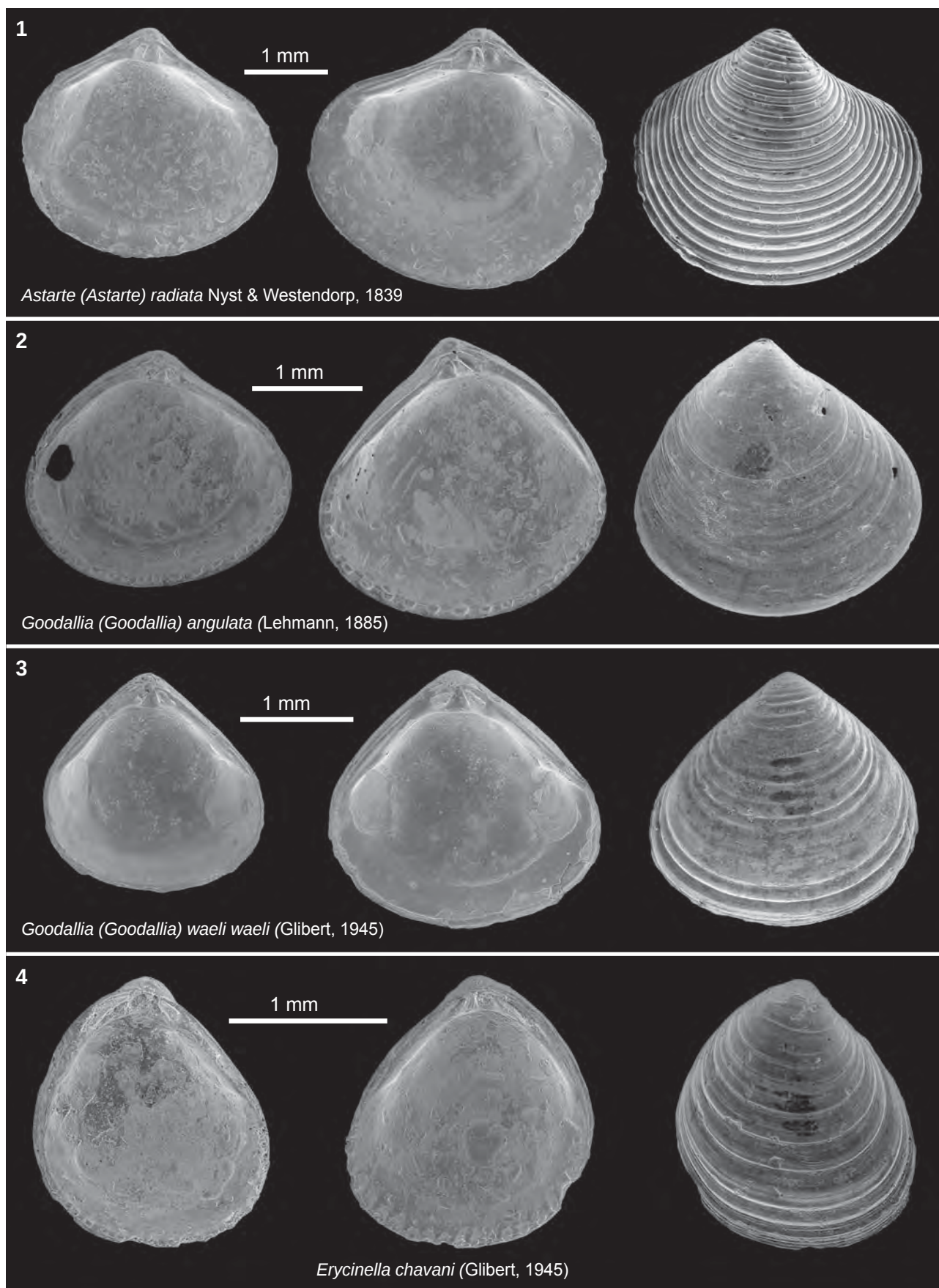
De auteurs wensen op deze plaats hun dank uit te spreken aan de heer ir. Jerry Hermans van het bedrijf Willemen NV voor de toelating om op de werf opzoekingen te doen en uitvoerig stalen te kunnen nemen. Verder spreken zij hun dank uit aan dr. R. Marquet en dr. T. Reinecke voor raadgevingen alsook aan de heer J. Cillis en mevrouw L. Despontin (KBIN) voor hun hulp bij het vervaardigen van SEM-afbeeldingen.

Literatuur

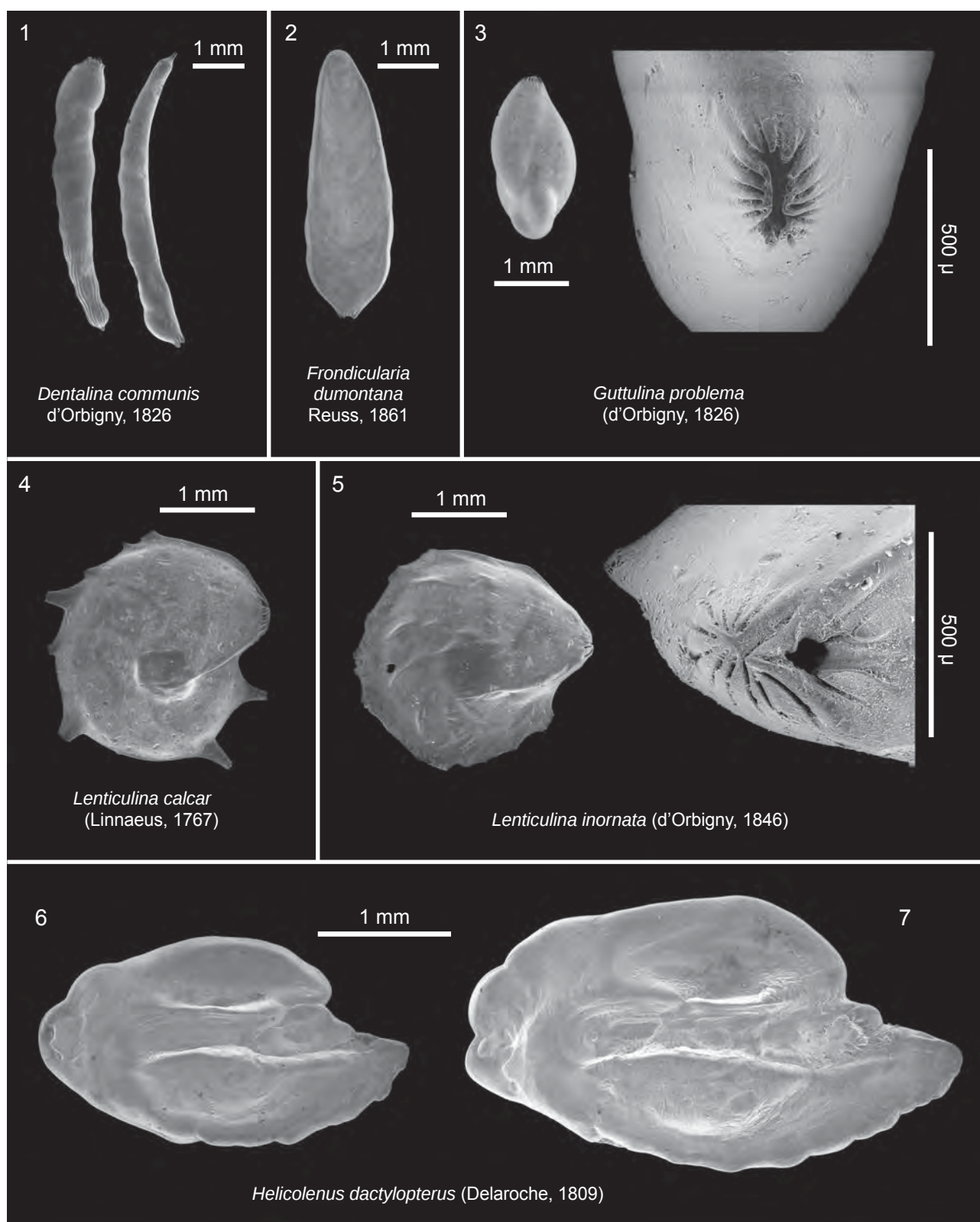
- Bor, T., Reinecke, T. & Verschueren, S., 2012. Miocene Chondrichthyes from Winterwijk-Miste, The Netherlands. – *Palaeontos* 21: 1-136.
- De Ceuster, J., 1987. A little known odontaspid shark from the Antwerp Sand Member (Miocene, Hemmoorian) and some stratigraphical remarks on the shark-teeth of the Berchem Formation (Miocene, Hemmoorian) at Antwerp (Belgium). – *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 24 (3): 231-246.
- De Meuter, F., 1980. Benthonic Foraminifera from the Miocene of Belgium. – *Aardkundige Mededelingen* 1: 81-170.
- Ganias, K. (ed.), 2014. *Biology and Ecology of Sardines and Anchovies*. CRC Press; Boca Raton, New York and London, 382 p.
- Hoedemakers, K. & Dufrain, L., 2015. Elasmobranchii in de ontsluiting aan de luchthaven te Borsbeek (prov. Antwerpen, België). – *Afzettingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 36 (1): 12-19.
- Hoedemakers, K. & Van Hinsbergh, V., 2013. Otolieten uit Miste en heist-op-den-Berg: een inventaris. – *Afzettingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 34 (4): 188-193.
- Hoedemakers, K. & Wienrich, G., 2013. Het os prooticum bij Clupeidae – een beperkte iconografie. – *Afzettingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 34 (4): 106-111.
- Huyghebaert, B. & Nolf, D., 1979. Otolithes de téléostéens et biostratigraphie des Sables de Zonderschot (Miocène moyen de la Belgique). – *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 16 (2): 59-100.
- Janssen, A.W., 1985. Mollusken uit het Mioceen van Winterwijk-Miste. KNNV, NGV en RGM.
- Louwye, S., 2000. Dinoflagellate cysts and acritarchs from the miocene Zonderschot Sands (northern Belgium): stratigraphic significance and correlation with contiguous areas. – *Geologica Belgica* 3 (1-2): 55-65.
- Louwye, S., De Coninck, J. & Verniers, J., 2000. Shallow marine Lower and Middle Miocene deposits at the southern margin of the North Sea Basin (northern Belgium): dinoflagellate cyst biostratigraphy and depositional history. – *Geological Magazine* 137 (4): 381-394.
- Louwye, S., Marquet, R., Bosselaers, M. & Lambert, O., 2010. Stratigraphy of an Early-Middle Miocene sequence near Antwerp in northern Belgium. – *Geologica Belgica* 13 (3): 269-284.
- Nevatte, R.J., Wueringer, B.E., Jacob, D.E., Park, J.M. & Williamson, J.E., 2017. First insights into the function of the sawshark rostrum through examination of rostral tooth microwear. – *Journal of Fish Biology* 91(6): 1582-1602.
- Nolf, D., 1977. Les otolithes des téléostéens de l'Oligo-Miocène belge. – *Annales de la Société royale zoologique de Belgique* 106 (1): 3-119.
- Nolf, D., 2013. The Diversity of Fish Otoliths, Past and Present. – Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel.
- Schwarzshans, W., 2010. The Otoliths from the Miocene of the North Sea Basin. – Backhuys Publishers & Margraf Publishers, Leiden & Weikersheim.
- Viana, S.T.D.F., De Carvalho, M.R. & Gomes, U.L., 2016. Taxonomy and morphology of species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). – *Zootaxa* 4133 (1): 1-89.

¹Kristiaan Hoedemakers, Minervastraat 23, 2640 Mortsel, België

²Leo Dufrain, Houtseweg 99, 2340 Beerse, België



Plaat 3: Enkele mollusken uit het schelpplagje ca 60 cm boven de *Glycymeris*-bank, Zand van Antwerpen. 1. *Astarte (Astarte) radiata* Nyst & Westendorp, 1839. 2. *Goodallia (Goodallia) angulata* (Lehmann, 1885). 3. *Goodallia (Goodallia) waeli waeli* (Glibert, 1945). 4. *Erycinella chavani* (Glibert, 1945).



Plaat 4: Fig. 1 t/m 5: Enkele benthische Foraminifera uit het schelpplagje ca 60 cm boven de *Glycymeris*-bank, Zand van Antwerpen. 1. *Dentalina communis* d'Orbigny, 1826. 2. *Frondicularia dumontana* Reuss, 1861. 3. *Guttulina problema* (d'Orbigny, 1826). 4. *Lenticulina calcar* (Linnaeus, 1767). 5. *Lenticulina inornata* (d'Orbigny, 1846). De detailfoto's geven steeds aperturaal zicht. Fig. 6 en 7: Linker otolieten van *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809). 6. Golf van Biscaye, station EVHOE 412, 179 m diepte; TL = 5,5 cm. 7. Middellandse Zee nabij Llança; TL = 8 cm.