

Een uitzonderlijk geconserveerde grote astarte *Tridonta borealis* (Schumacher, 1817) van Maasvlakte 2 te midden van de gebruikelijk geconserveerde exemplaren

Arthur Reinink¹

Inleiding

Tussen het materiaal van de Maasvlakte vond de auteur een uitzonderlijk bewaarde klep van de grote astarte, *Tridonta borealis* (Schumacher, 1817). Het exemplaar is aan de binnenzijde wit en heeft een opvallend dik en gaaf periostracum. Nabij de top is de schelp sterk aangetast. Het exemplaar wijkt af van het andere materiaal van deze algemene fossiele soort en de herkomst is onduidelijk. Maar ook de gebruikelijk geconserveerde kleppen zijn al intrigerend en roepen vragen op over geologische ouderdom, voorkomen, grootte en vorm.

De grote astarte, *Tridonta borealis* (Schumacher, 1817) is vrij algemeen op stranden van Maasvlakte 1 en Maasvlakte 2 (Janse, 2005; Mol *et al.*, 2014 en Reinink, 2014). De soort komt langs vrijwel de gehele Nederlandse kust voor, waar zandsuppleties plaatsvinden. Het meest noordelijk is zij bekend van Ameland (de Bruyne & de Boer, 2008). Voorts is zij bekend van het strand van Rockanje, van Hoek van Holland, van de Zandmotor en van Kijkduin (Bastemeijer, 1999; Janse, 2005a; Langeveld, 2011 en Langeveld, 2013). Vóór de grote suppleties was deze soort een zeldzame verschijning, onder meer bekend van Walcheren (Moerdijk *et al.*, 2010). Overigens is zij, vaak recent ogend, ook gemeld van gesuppleerd materiaal van dit schiereiland van het traject Westkapelle tot Domburg (Janse, 2010; Rijken, 2010).

De schelpen hebben vermoedelijk een laat-pleistocene ouderdom (Moerdijk *et al.*, 2010). De exacte stratigrafische herkomst van de vondsten is niet bekend, mogelijk leefde de soort hier in een koele periode voor of net na het Eemien optimum, in de regressiefase tijdens het Laat Eemien of het Weichselien (Janse, 1999; 2005b) of volgens Janse zelfs gedurende het Vroeg Holoceen (Langeveld, 2011). Wesselingh (2013) plaatst het voorkomen van dit weekdier in onze contreien aan het einde van het Eemien of aan het begin van het Weichselien. Hij veronderstelt dat het een belangrijke voedselbron vormde voor de destijds levende walrussen.

Een bijzonder exemplaar

Het bijzondere exemplaar komt van het strand van Maasvlakte 2 en is in het voorjaar van 2015 verzameld. Een groot gedeelte van het periostracum, de opperhuid van de schelp, is nog aanwezig; het is bruinzwart tot roestbruin van kleur (fig. 1a). Anders is het gesteld met het linker middendeel en aan de top, waar de schelp lelijk tot diep in de witte prismalaag is aangevreten. Het bovengedeelte van de top ontbreekt zelfs geheel. De binnenzijde van de schelp heeft een zachte porseleinglans en is vuilwit en naar het midden

toe variërend van licht roestkleurig tot roestkleurig (fig. 1b). Het verdiepte vlakje direct onder het slot rechtsboven, waar de schelp donker roestkleurig is, is lichtdoorlatend.

Al eerder zijn er van de Maasvlakte kleppen van de grote astarte gemeld met resten van het periostracum en soms

1a. Buitenzijde van de grote astarte *Tridonta borealis* (Schumacher, 1817) van Maasvlakte 2 met periostracum. De lengte van de schelp bedraagt 43,60 mm, de hoogte 33,95 mm, de schelpdikte gemeten langs de verdikking van de tand 4,15 mm en de schaaldikte ter hoogte van de mantellijn 2,10 mm. Foto: Joris Aben.



1b. Binnenzijde van dezelfde klep van de grote astarte als in figuur 1a. Foto: Joris Aben.



het ligament (Janse, 2005b). Ook kwamen we in de eigen collectie van de Maasvlakte nog zes kleppen en een fragment met periostracum tegen. En in bouwzand dat afkomstig is van dezelfde winlocaties en gebruikt werd in Schiedam, Delft, Den Haag en Leiden, zijn ook dergelijke kleppen aangetroffen (Bastemeijer, 1999; Cadee, 1999 en Wesselingh, 1999). Het gaat hier echter altijd om kleppen die grijs tot blauwgrijs zijn en het periostracum is maar voor een klein gedeelte bewaard. Voor de conservering van organisch materiaal, zoals het dikke periostracum zijn uitzonderlijke condities nodig, daar organisch materiaal in gewone omstandigheden snel achteruit gaat. Mogelijk is de klep afkomstig uit een kleilens of veenbank, waar het gelegen kan hebben onder zuurstofarme omstandigheden.

Meer uitzonderlijke exemplaren

In onze zoektocht naar de oorsprong van het bijzondere exemplaar kwamen we in contact met de Zeeuwse verzamelaar Riaan Rijken Hij bleek een dergelijk exemplaar gevonden te hebben bij Domburg van de suppleties 2008-2009. Ook hier gaat het om een exemplaar met opvallend zwart periostracum, een witte binnenzijde en een ontbrekend topgedeelte. Daarnaast vond hij kleppen die enigszins lichtdoorlatend zijn (Riaan Rijken, pers. comm.). De herkomst van de suppletie wordt door Rijkswaterstaat aangeduid als winvak S8E dat vanaf de locatie tussen Westkapelle en Domburg in gerekend 15 kilometer buitengaats ligt ten zuiden van de Steenbanken. Het materiaal bevat veel blauwgrijs en roodbruin verkleurde holocene schelpen en daarnaast koude laat-pleistocene soorten, waaronder bijvoorbeeld de IJslandse tepelhoorn, *Amauropsis islandica* (Gmelin, 1791) (Rijken, 2010). Riaan wees erop dat de laatste jaren bij Gorishoek in de oostelijke Oosterschelde ook grote astartes met goed ontwikkeld periostracum gevonden worden. Deze recent ogende exemplaren komen samen voor met ovale astarte, *Tridonta elliptica* (Brown, 1827), daarvan soms zelfs doubletten, en pelikaansvoeten, *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758) waar de vleesresten nog in zaten. Volgens hem gaat het om materiaal dat is aangevoerd uit noordelijke wateren.

Van de verzamelaar Peter de Bruijn vernamen we vervolgens tot onze grote verrassing dat hij al vorig jaar op 29 juni 2014 een dergelijk exemplaar met zwart periostracum, beschadigde top en witte binnenzijde gevonden had op Maasvlakte 2 en onlangs op 12 augustus 2015 een tweede exemplaar. Daarmee zijn van Maasvlakte 2 nu drie exemplaren bekend.

Huidig voorkomen en habitat

De grote astarte heeft een panarctisch verspreidingsgebied en komt tot op midden boreale hoogtes voor. Van west naar oost komt zij voor vanaf de kust van Alaska tot zuidoostelijk van de Zee van Ochotsk en tot aan Japan en in de Beringzee.

In onze regio komt de soort voor tot in de noordelijke Noordzee en het westelijke deel van de Oostzee. Van het Nederlands Continentaal Plat is een melding bekend van een levend exemplaar (Daan *et al.*, 2013).

De soort is levend aangetroffen vanaf de laagwaterlijn tot op 463 meter diepte ten noorden van Spitsbergen. Dode schelpkleppen zijn aangetroffen tot 2170 meter diepte in het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan. Het weekdier leeft op alle bodemtypes; op grind- of harde kleibodems, maar vooral op zachte klei, zandige klei of zand (Ockelmann, 1958) en filtreert voedsel uit het water (Skazina *et al.*, 2013). De soort kan meer dan 20 jaar oud worden (Skazina *et al.*, 2013), plant zich voort in de late lente tot in de vroege zomer en groeit vooral tijdens de zomermaanden (Gagayev, 1989). Voorheen werd aangenomen dat de grote astarte een protandrische hermafrodit zou zijn (Ockelmann, 1958), maar andere onderzoekers veronderstellen dat de soort van gescheiden geslacht is (Skazina *et al.*, 2013). Het pelagisch larvestadium is of heel kort of geheel afwezig (Ockelmann, 1958).

Conclusies over de schelpkleppen met periostracum

De gepresenteerde gegevens maken een indeling mogelijk in een groep van grijzige tot blauwgrijzige niet lichtdoorlatende kleppen met restanten van het periostracum en in een groep van lichtdoorlatende exemplaren met dekkend periostracum en witte binnenzijde. Bij de eerste groep gaat het duidelijk om fossiele schelpen. De lichtdoorlaatbaarheid van de schelpkleppen van de tweede groep geeft aan dat het om jong materiaal gaat. De schelpen hebben immers niet of nauwelijks de tijd gehad te rekristalliseren, waardoor ze lichtdoorlatend zijn. Ook hebben ze nauwelijks verkleuring ondergaan. Daar de exemplaren van Maasvlakte 2 er niet vers uitzien en mat wit van kleur zijn aan de binnenzijde, gaat het vermoedelijk om subrecente schelpkleppen evenals het exemplaar met periostracum en de overige lichtdoorlatende exemplaren van Domburg. Bij de schelpkleppen van de Gorishoek zal het mogelijk om recent materiaal gaan, daar ze gevonden werden in combinatie met doubletten van de ovale astarte en pelikaansvoeten met vleesresten. Wat kenmerkend is aan de exemplaren van de tweede groep is dat zij een sterk ovale vorm hebben in vergelijking met de fossiele exemplaren van Maasvlakte 2, die voor een groot deel door zeewormen, *Polydora*, zijn aangetast en een meer ronde vorm hebben (Frank Wesselingh, pers. comm.). Deze vondsten alsook de melding van een levend exemplaar van het Nederlands Continentaal Plat duiden mogelijk op een kleine populatie vlak voor de kust. De schelpen kunnen door de zeestroming aangevoerd zijn naar het strand.

Het valt op dat de top van de exemplaren voor een groot gedeelte is opgelost. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn voor een conservering in veen, daar dit bij een te zuur milieu met een lage pH-waarde vanaf 3,8 de eigenschap heeft kalk op te lossen (Casparie, 1990). In het bijzonder van hoogveen zijn de conserverende eigenschappen bekend. Organische stoffen worden hierin het best geconserveerd in licht zuur milieu met een pH-waarde van 5,5 tot 6,5 (Aufferde, 2003). Het water is zuurstofarm tot zuurstofloos. De Sphagna mosplantjes creëren met hun sphagnine een

voedselarm ofwel oligotroof milieu, waardoor organische stoffen niet meer worden afgebroken (Aufderheide, 2013; Casparie, 1990). Dit hoogveen kan deels door de zee zijn weggeslagen en elders op de zeebodem zijn afgezet. Ook zou het kunnen gaan om veen van mariene herkomst, *sea peat*, dat afkomstig is van zeewieren (Aufderheide, 2003), dat mogelijk eveneens conserverende eigenschappen heeft. Het kan zijn dat de grote astarte zich in het veen ingraaft. Waarschijnlijker is dat zij daarbij gebruik maakt van eerder door andere organismen gegraven veengangen, zoals ruwe boormossels of kreeften. Ook kan het zijn dat de schelpen met ander materiaal en veen in een laag zijn samengespoeld (Frank Wesselingh, pers. comm.).

Ook ander uit zee afkomstig organisch materiaal zoals keratine zou in veen geconserveerd kunnen zijn. Vermeldenswaard in deze context en heel bijzonder is de door de heer Stolzenbach in Stellendam opgekochte keratine-hoorn met hoornpit van ruim 50 centimeter lang van een oeros, *Bos primigenius* (Bojanus, 1827) afkomstig uit de Noordzee (Stolzenbach, 1984).

De vele andere pleistocene exemplaren

Van de grote astarte zijn niet alleen de subrecente schelpkleppen met periostracum interessant, maar ook die vele pleistocene exemplaren verdienen het nader bekeken te worden. In het kort zal ingegaan worden op de geologische ouderdom en op het voorkomen in onze contreien. Wat dieper zal ingegaan worden op de grootte en vorm van de schelpkleppen, waarbij aan de hand van gegevens van onderzoek naar huidige populaties getracht wordt hiermee nader wat te kunnen zeggen over het Maasvlakte 2 materiaal.

Geologische ouderdom

Het huidige voorkomen van de grote astarte is in arctisch en boreaal gebied. In onze contreien is deze soort vooral bekend van gesuppleerd zand uit het Laat Pleistoceen. Het probleem dat zich daarbij aandient is dat deze koudeminnde arctische en boreale soort vooral in samenhang met warmteminnde soorten gevonden wordt, die doet denken aan een Eemien ouderdom (Janse, 1999). Dit levert discussie op waar in het Laat Pleistoceen het voorkomen van de grote astarte te plaatsen is. Om hier meer inzicht in te krijgen zou het van belang zijn vele schelpkleppen van de grote astarte van verschillende locaties langs onze kust te bemonsteren voor ¹⁴C-datering. De kans op een dergelijke aanpak is klein, daar ¹⁴C-datering hoge kosten met zich meebrengt en het meest rendabel en reëel lijkt in een grootschalig wetenschappelijk onderzoek, nog afgezien van het gegeven in hoeverre het schelpmateriaal geschikt blijkt te zijn voor deze dateringsmethode.



2. Links de grootst gemeten schelpklep van de grote astarte *Tridonta borealis* (Schumacher, 1817) van Maasvlakte 2 met een lengte van 44,4 mm en een hoogte van 43,4 mm. Rechtsboven de schelpklep van dezelfde soort van Maasvlakte 2 met de kleinst gemeten lengte van 17,8 mm, het ronde driehoekige type en rechtsonder idem een exemplaar met de kleinst gemeten hoogte van 15,8 mm. Getoond is de binnenzijde, daar deze meer schelpkarakteristieken vertoont dan de buitenzijde. Foto: Joris Aben.

Voorkomen van de grote astarte in onze contreien

Hoewel het de moeite waard is overal langs onze kust waar zand gesuppleerd is uit te kijken naar de grote astarte, komt zij niet overal in dezelfde hoeveelheden voor. Het meest algemeen is zij van Maasvlakte 2, terwijl zij elders minder frequent wordt aangetroffen. Vermeldenswaard in deze context is Langeveld's waarneming dat de soort bij Hoek van Holland maar liefst zes maal vaker wordt aangetroffen dan op de Zandmotor, wat erop lijkt te wijzen dat het gesuppleerde sediment van Hoek van Holland in vergelijking met dat van de Zandmotor vaker onder arctische of boreale omstandigheden is afgezet (Langeveld, 2013). Het toont het belang aan fossielen goed gescheiden per vondst-complex te bewaren om nadere duiding te kunnen geven aan het gesuppleerde materiaal.

Variatie in grootte

Het valt meteen op aan het voorkomen van de grote astartes op Maasvlakte 2. De schelpkleppen kunnen vrij groot zijn. Waar Moerdijk *et al.* (2010) voor de grote astarte een lengte tot aan 35 millimeter vermeldden, zijn exemplaren van Maasvlakte 2 met een lengte van 40 millimeter niet ongewoon. Zo meldden we van Maasvlakte 2 al een exemplaar van 42 millimeter lang (Reinink, 2015). Bij het meten van de grootste exemplaren kwamen we er nog eentje tegen met een lengte van 44,4 millimeter (fig. 2). De maximale lengte die de schelp in arctisch gebied bereiken kan is 55 millime-

ter (Gusev & Rudinskaya, 2014). Kleine juveniele exemplaren van de grote astarte lijken minder vaak voor te komen op Maasvlakte 2, maar dit kan een vertekend beeld zijn ten gevolge van de meest gehanteerde zoekmethode van de auteur: lopend over het strand. De vraag die zich voordoet bij het fenomeen van verschil in grootte is of hier factoren een rol kunnen spelen als milieuomstandigheden, predatie, geografische verspreiding of voorkomen in de tijd. Deze vraagstelling past deels in het plaatje van de stelling van Chrpa (2013) dat de door Ockelmann geconstateerde niet pelagische voortplanting van deze soort, waarbij het ouderdier de eieren in de directe nabijheid op substraat afzet, er de oorzaak van is dat de vorming en groei van de juveniele weekdieren bepaald wordt door de directe milieuomstandigheden. Interessant in dit kader is om ter illustratie naast de gegevens van lengte en hoogte van de grote astarte van Maasvlakte 1 en 2 die van huidige populaties te leggen. Zie de tabel en figuur 3.

Wanneer je de gegevens uit de tabel doorneemt, valt als eerste op dat de exemplaren uit de populatie van de Oostzee niet erg groot worden. De onderzoekers Gusev en Rudinskaya (2014) verzamelden hier de exemplaren op 95 meter van de Gotland diepte. Aan de hand van de jaarringen konden zij in kaart brengen dat de weekdieren in leeftijd varieerden van meer dan drie tot meer dan acht jaar oud met een meest voorkomende leeftijd van meer dan vijf jaar oud. Opvallend is de afwezigheid van juveniele weekdieren jonger dan drie jaar, een fenomeen dat de onderzoekers wijten aan het lage zuurstofgehalte op grotere diepte van de Oost-

zee, dat de overlevingskansen negatief beïnvloedt. Dit verschijnsel nam ook Zettler (2012) waar voor de populaties van de Mecklenburgerbocht. Juveniele exemplaren werden frequent waargenomen. In de nazomer echter neemt dieper dan 22 meter de aanwas en groei van juveniele exemplaren drastisch af, wat te wijten is aan een afname van het zuurstofgehalte. Volgroeide exemplaren lijken hiervoor meer tolerantie te vertonen. Ook Gagayev (1989) nam voor de populatie van Chaunskaya Baai waar dat juveniele exemplaren relatief weinig voorkomen en dat de meeste weekdieren van middelbare leeftijd waren. Gusev en Rudinskaya (2014) leggen voorts een direct verband tussen de langzame groei van de weekdieren en het in de Oostzee voorkomende lage zoutgehalte. Opmerkelijk zijn de onderzoeksresultaten van Skazina *et al.* (2013). Het onderzoeksgebied bestaat uit de Ilistaya baai van het eiland Gorely nabij de Luvenga archipel van de Witte Zee. De diepte van de baai varieert van nul tot zes meter en de bodem bestaat vrij monotoon uit silt met hier en daar wat grind. In de periode van 1978 tot 1995 worden uitsluitend volgroeide exemplaren van de grote astarte waargenomen. Vanaf 1987 neemt het aantal schelpkleppen van de overleden weekdieren toe en neemt het aantal levende volgroeide exemplaren gestaag af, terwijl vanaf 1994 het aantal jonge individuen explosief toeneemt. Deze fluctuatie in de populatie kunnen de onderzoekers niet verklaren door predatie of veranderende milieufactoren zoals schommelingen in de temperatuur. Uiteindelijk noemen zij het ontbreken dan wel voorkomen van vast substraat als de schakel die de fluctuaties teweegbrengt. Voor het uitkomen van de bevruchte eieren van de grote astarte, die omgeven zijn

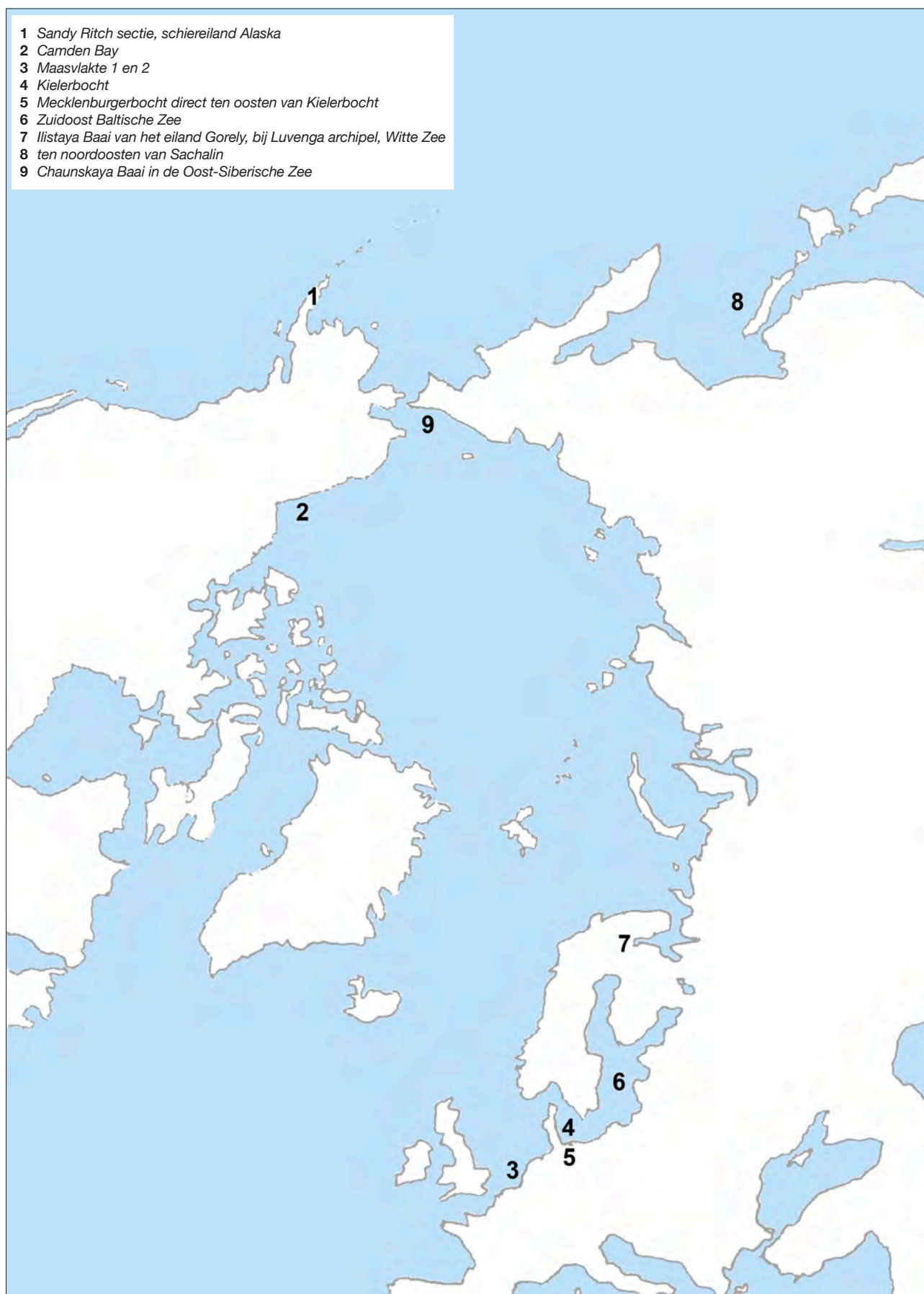
Tabel. Lengte- en hoogtemarges van schelpkleppen bij populaties van de grote astarte *Tridonta borealis* (Schumacher, 1817).

lengtemarge in mm	hoogtemarge in mm	aantal	regio	locatie	nrs op kaart van figuur 3	datering	onderzoeker
32,56 - 42,10	27,61 - 36,09	13	schiereiland Alaska	Sandy Ridge sectie mariene afzetting Milky River formatie	1	Pliocene	Chrpa, 2013
20,79 - 36,92	18,76 - 33,54	225	Noordwest kust Alaska	Camden Bay	2	recent	Chrpa, 2013
17,80 - 44,40	15,80 - 43,40	1530	Nederland	Maasvlakte 1 en 2	3	Laat Pleistoceen	Reinink, 2015 *
±13,8 - ±29	±1,9 - ±29	305	Denemarken	Kielerbocht	4	recent	Schaefer <i>et al.</i> , 1985
01,20 - 31,20	±1,0 - 26,40 hoogte/lengte ratio 270	414	Duitsland / Denemarken	Mecklenburgerbocht	5	recent	Zettler, 2002 **
09,96 - 21,09	08,05 - 18,15	61	Baltische staten / Zweden	Zuidoost Baltische Zee (Oostzee)	6	recent	Gusev & Rudinskaya, 2014
00,60 - 42,20	-	2863	Rusland	Witte Zee (Ilistaya baai)	7	recent	Skazina <i>et al.</i> , 2013 ***
05,80 - 52,40	05,10 - 48,70	70	Rusland	Noordoost Sachalin	8	recent	Selin, 2007

* Reinink 2015: Achteraf bezien is het jammer dat de auteur de schelpen van Maasvlakte 1 met die van Maasvlakte 2 heeft samengevoegd, daar het gesuppleerde zand van Maasvlakte 1 een andere herkomst blijkt te hebben dan dat van Maasvlakte 2. Procentueel gezien is het materiaal van Maasvlakte 1 echter verwaarloosbaar, daar het om ongeveer 5 exemplaren op een totaal van 1530 gaat. Voor het aantal zijn alleen die schelpkleppen opgenomen, waarvan de lengte en / of de hoogte bepaald kon worden. Daaruit is een selectie gemaakt van de kleinste en de grootste exemplaren voor het verkrijgen van de meetgegevens. Daarbij kon vastgesteld worden dat een lengte van 40 mm voor exemplaren van Maasvlakte 2 niet ongewoon is.

** Zettler 2002: Zettler geeft voor de hoogte / lengte ratio in de tekst een totaal van (221 en 49) 270, maar in zijn grafiek een totaal van 271.

*** Skazina *et al.* 2013: De som van het aantal is: 676 x levend volgroeid, 1891 x dood volgroeid, 261 x levend juveniel en 35 x dood juveniel.



3. Kaart met de in de tabel en de tekst genoemde locaties.

door een kleverig membraan, is vast substraat nodig waarop ze kunnen worden afgezet. Dit is op de siltbodem nagenoeg afwezig en het schaars aanwezige grind is veelal weggezaakt. Daardoor kunnen de grote astartes zich niet voortplanten. Nadat op bepaald moment de bodem voldoende vergeven is van schelpkleppen van de overleden weekdieren, bieden deze uitkomst als hard substraat voor het afzetten van de bevruchte eieren, die vervolgens succesvol kunnen uitkomen. Na verloop van tijd zullen die achtergebleven schelpkleppen vergaan en begint de cyclus van voren af aan. Als alternatief scenario noemen de onderzoekers overigens het in de zomer van 2000 in de baai door scuba duikers massaal waargenomen zeewier van het geslacht *Laminaria* op een diepte van vier tot zes meter, dat eveneens als hard substraat kan fungeren.

Interessant zijn ook de onderzoeksresultaten van Chrpa (2013). Hoewel het aantal gemeten schelpen van de Sandy Ridge sectie gering is, is het verleidelijk te concluderen dat in de Alaskische Zee exemplaren van pliocene populaties gemiddeld genomen grotere afmetingen bereikten dan die van populaties van tegenwoordig.

Bovengenoemde onderzoeksresultaten van huidig levende populaties van de grote astartes vertellen ons meer over de grootte van hun externe skeletten, de schelpen. We proberen een vertaalslag te maken door te kijken of we nu wat kunnen zeggen over de grootte van de schelpen van Maasvlakte 2. Ons was opgevallen dat juveniele exemplaren van de grote astarte op Maasvlakte 2 niet veel gevonden worden. Dit zou een artefact ofwel een vertekend beeld kunnen zijn, ten gevolge van de gehanteerde zoekmethode, maar een mogelijke natuurlijke verklaring ligt nu voorhanden. Bij onderzoek naar huidige populaties zagen we dat juveniele exemplaren drastisch in aantal kunnen afnemen of periodiek geheel ontbreken. Directe milieuomstandigheden, zoals tijdelijke afname van het zuurstofgehalte of het ontbreken van vast substraat zijn hiervan de oorzaak. De weekdieren worden hier direct door beïnvloed door hun niet pelagische levenswijze. Ongetwijfeld zullen dergelijke directe milieuomstandigheden gedurende het Laat Pleistocene in het gebied van Maasvlakte 2 eveneens aan fluctuaties onderhevig geweest zijn. Dit zou zijn weerslag kunnen hebben in het paleontologische bodemarchief, waardoor er minder juveniele dan volgroeide exemplaren gevonden kunnen worden. Verder zien we dat ook de mate van groei bepaald wordt door de directe milieuomstandigheden. Een laag zoutgehalte bijvoorbeeld vertraagt de groei. Interessant zou zijn om te zien of we met dit gegeven wat kunnen met het materiaal van Maasvlakte 2; in hoeverre er al dan niet sprake is van in verhouding kleine en grote volgroeide schelpkleppen.

Variatie in vorm

De schelpkleppen van Maasvlakte 2 kunnen niet alleen vrij groot zijn, maar ook de diversiteit in vorm is enorm. Qua vorm kunnen er voor Maasvlakte 2 twee typen onderscheiden worden: een enigszins ovale vorm, zij het minder op-

vallend dan de hierboven besproken subrecente exemplaren, naast een meer gedrongen ronde vorm. De vraag die zich voordoet bij het fenomeen van verschil in vorm van de grote astarte is of we hier eigenlijk te maken hebben met een *Tridonta borealis* complex waarachter mogelijk meer soorten schuilgaan.

Naast haar meetonderzoek deed Chrpa (2013) ook onderzoek naar de veelvormigheid van de schelpomtrek. Daarvoor gebruikte ze 641 linkerkleppen van Camden Bay en elf kleppen van de Sandy Ridge sectie. Hierop voerde ze een multivariabele analyse uit met als resultaat een grote statistiekwolk. Hierin vallen voor Camden Bay twee vormen op, die tegenpolen van elkaar zijn met als ene uiterste de tussen een in een rechthoek in te passen ovale en als andere uiterste de in een driehoek in te passen ronde tot driehoekige vorm. De meeste exemplaren van de populatie concentreren zich echter in een standaard middenvorm en gradatie van vorm tussen het rechthoekige en het ovale type verloopt niet als een continuüm. Verder is opvallend dat variatie in de hoogte van de schelp vaker voorkomt dan in de lengte. De verkregen resultaten brengen fraai de veelvormigheid van de grote astarte in kaart en laten ook zien dat de ratio tussen lengte en hoogte van de schelp geen constante is. Dit wordt bevestigd door het gegeven dat van de schelpen van Camden Bay de grootst gemeten hoogte door Chrpa niet gemeten werd op dezelfde schelpklep als de grootst gemeten lengte en dat van de schelpen van Maasvlakte 2 de kleinst gemeten hoogte door de auteur niet gemeten werd op dezelfde schelpklep als de kleinst gemeten lengte (fig 2).

Ondanks de veelvormigheid zijn er volgens Bernard (1979) toch drie kenmerken die de grote astarte onderscheiden van de overige astartesoorten: de onderrand aan de binnenzijde is nooit gecreneleerd, de umbones zijn vrijwel centraal gelegen en de concentrische ribben zijn altijd beperkt tot de umbonale regio. Merk echter op dat Chrpa (2013) voor een heel enkel geval ook voor de grote astarte het voorkomen van zeer lichte crenulatie aan de binnenzijde van de onderrand constateert. Het periostracum, dat geel tot zwart van kleur kan zijn, een compact en gepolijst uiterlijk, maar ook een vezelig ruw oppervlak kan hebben, noemt Bernard (1979) een minder goed determinatiekenmerk. Microscopisch onderzoek toont echter aan dat het periostracum een uitstekend kenmerk is om de grote astarte te onderscheiden van overige astartesoorten, zoals bijvoorbeeld de ovale astarte *Tridonta elliptica* (Brown, 1827) of de driehoekige astarte *Tridonta montagui* (Dillwyn, 1817) (Chrpa, 2013; Ockelmann, 1958 en Skazina *et al.*, 2013). Bij hun langlopende onderzoek naar de grote astarte populaties in de Witte Zee, lopend van 1978 tot 2007, slagen Skazina *et al.* (2013) er voor het eerst met succes in juveniele exemplaren als grote astartes te determineren op grond van microscopisch onderzoek van het periostracum.

Laat het onderzoek van Camden Bay zien dat de populatie geconcentreerd is rond een algemeen voorkomende mid-

denvorm, toch lijken er geografisch gezien verschillende variëteiten of vormen voor te komen. Voor het *Astarte borealis* complex brengt Høpner Petersen (2001) er tien van in kaart: *Astarte arctica*, *A. borealis*, *A. jenseni*, *A. placenta*, *A. semisulcata*, *A. sericea*, *A. richardsoni*, *Crassina depressa*, mogelijk *C. compressa* en *C. corrugata*. Van deze vormen of variëteiten beschouwt hij er drie als een biologische soort: *Astarte borealis*, *A. richardsoni* en *A. jenseni*. Bovendien splitst hij de vorm *placenta* op in twee nieuwe biologische soorten: *Astarte moerchi* en *A. nuuki*. Verder beschouwt hij *Crassina corrugata* als een mogelijk Brits endemische soort en stelt hij dat nader onderzoek nodig is om vast te stellen of het bij de vormen *Astarte arctica* en *A. semisulcata* ook om nieuwe soorten gaat. Voor Selin (2007) staat vast dat *artica* een eigen soort is en hij noemt als soortonderscheidend kenmerk de compacte en meer ronde vorm. Er zijn echter ook onderzoekers als Ockelmann (1958) die al bij de indeling naar vorm of variëteit vraagtekens stellen. Bovendien stellen Moerdijk *et al.* (2010) terecht dat het onderzoek van Høpner Petersen niet genetisch onderbouwd is. Momenteel worden door WoRMS (World Register of Marine Species) naast *borealis* nog twee van de tien door Høpner Petersen genoemde vormen als biologische soort erkend: *Astarte arctica* (Gray, 1824) en *Astarte sericea* Posselt, 1895.

Bovenstaande gegevens maken aannemelijk dat binnen het *Astarte borealis* complex variëteiten voorkomen, maar onderbouwen onvoldoende Høpner Petersen zijn constatering dat hierachter vrij veel soorten schuilgaan. Het onderzoek van Camden Bay laat zien dat binnen een levende populatie veel vormen voorkomen, die echter geconcentreerd zijn rond een algemene basisvorm. Het materiaal dat we nu van Maasvlakte 2 gezien hebben spiegelt zich deels aan het beeld van de levende populatie van Camden Bay: zowel een enigszins ovale als een vrijwel ronde tot driehoekige vorm komen voor. Nog onduidelijk is echter in hoeverre de schelp geconcentreerd is rond een algemene middenvorm. Om dat te kunnen bepalen zou een multivariabele analyse uitgevoerd dienen te worden op de schelpkleppen. Bovendien dien je in je achterhoofd te houden dat die van Maasvlakte 2 waarschijnlijk niet afkomstig zijn van één populatie maar van meer populaties en is voornamelijk onduidelijk wat de tijdsspanne is van het voorkomen gedurende het Laat Pleistoceen. Moerdijk *et al.* (2013) noemen overigens de aanslag op de schelpen door borende zeewormen, *Polydora*, die beschadigingen en infecties veroorzaken, als waarschijnlijke oorzaak voor de ronde vorm.

Samenvattende conclusies over grootte en vorm

De verkregen onderzoeksresultaten van de huidige populaties tonen aan dat directe milieuomstandigheden op de korte termijn door de niet pelagische levenswijze van het weekdier van invloed zijn op de samenstelling van en de groei binnen de populatie. Verder ontlokken zij bij ons de hypothese dat de genetische pool van de grote astarte een rijke schakering aan schelpvormen mogelijk maakt, ook binnen een popula-

tie, en dat vormkarakteristieken binnen deze soort mogelijk veroorzaakt kunnen worden door milieuomstandigheden op de langere termijn zoals geografische ligging.

Tot slot

Het periostracum van een gevonden grote astarte van Maasvlakte 2 vormde de aanleiding me meer te verdiepen in het voorkomen van deze boeiende soort. Dit periostracum bleek verrassend genoeg ook de sleutel om de grote astarte als zodanig tot soort te kunnen determineren. Alleen heb je daar met fossiele kleppen niet veel aan, daar het meestal ontbreekt. Veel voldoening geeft het om te zien dat de bestudering van verkregen onderzoeksresultaten van huidige populaties van de grote astarte meer kan vertellen over de fossiele schelpkleppen van Maasvlakte 2, hoewel er nog veel vragen over blijven. Hopelijk dat dit weekdier in de nabije toekomst interessant genoeg blijkt om uitgebreid genetisch onderzoek naar te verrichten. We hopen in elk geval dat dit artikel een aanzet zal zijn tot nader onderzoek van de grote astarte van Maasvlakte 2 en andere locaties langs de Nederlandse kust. Er valt hier nog veel te ontdekken.

Naschrift

Na afsluiting van het artikel vond de auteur op Maasvlakte 2 een nog kleiner exemplaar van de grote astarte. Het betreft een schelpje van 17,5 millimeter lang en 15,7 millimeter breed.

Dankbetuiging en verantwoording

Frank Wesselingh zeg ik graag dank voor het kritisch door-nemen van een eerste concept, waarvan met name het eerste gedeelte, zijn vele suggesties en zijn doorverwijzingen naar Riaan Rijken en Peter de Bruijn. Riaan Rijken en Peter de Bruijn dank ik voor aanvullende informatie en Riaan voor zijn herinnering aan het artikel van Stolzenbach 1984. De foto's zijn gemaakt door de Leidse fotograaf Jos Aben.

Literatuur

- Aufderheide, A.C., 2003. The scientific study of mummies. – Cambridge University Press.
- Bastemeijer, A., 1999: Aanvulling op “*Tridonta borealis* in bouwzand in de Randstad”. – Afzettingen WTKG 20 (3): 53-55.
- Bernard, F.R., 1979: Bivalve molluscs of the Western Beaufort Sea. – Contributions in Science 313. Natural History Museum of Los Angeles County. Editor Edward Ostermayer.
- Bruyne, R.H. de & Th.W. de Boer, 2008. Schelpen van de Waddeneilanden. Gids van de schelpen en weekdieren van Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog. Fontaine Uitgevers, 's-Graveland.
- Cadée, M., 1999. *Tridonta borealis* in bouwzand in de Randstad. – Afzettingen WTKG 20 (2): 33-35.
- Casparie, W.A., 1990. Het veen. In: Mens en moeras. Veenlijken in Nederland van de bronstijd tot en met de Romeinse tijd (red. W.A.B. van der Sanden). Drents Museum Assen: 26-45.

- Chrpa, M.E., 2013. Morphology of *Astarte borealis* (Mollusca: Bivalvia) of Camden Bay, Northern Alaska. – Charles E. Schmidt College of Science Florida Atlantic University, Boca Raton. Thesis.
- Daan, R., R. de Bruyne, S. Wijnhoven, W. Kuijper, M. Faasse, G. van Moorsel, A. Gmelig Meyling & S. van Leeuwen, 2013. Tweekleppigen – Bivalvia. In: Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca) (red.: R. de Bruyne, S. van Leeuwen, A. Gmelig Meyling & R. Daan). Tirion Natuur & Stichting Anemoon: 47-174.
- Gagayev, S.Yu., 1989. Growth and production of mass species of bivalves in Chaun Bay (East Siberian Sea). – *Oceanology* 29 (4): 504-507.
- Gusev, A.A. & L.V. Rudinskaya, 2014: Shell Form, Growth, and Production of *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) (Astartidae, Bivalvia) in the Southeastern Baltic Sea. – *Oceanology* 54 (4): 458-464.
- Høpner Petersen, G., 2001. Studies on some Arctic and Baltic *Astarte* species (Bivalvia, Mollusca). – *Meddelelser om Grønland, Bioscience* 52.
- Janse, A., 1999. *Tridonta borealis*, het begin.....? – *Afzettingen WTKG* 20 (4): 67-68.
- Janse, A., 2005a. Opmerkelijke vondsten. *Carcharodon* – 2. – *Afzettingen WTKG* 26 (3): 44-45.
- Janse, A., 2005b. Waarnemingen van een wandelaar, ofwel stratigrafie vanaf de wal: strandsuppleties Goeree Voorne (Zuid-Holland). – *Afzettingen WTKG* 26 (4): 59-63.
- Janse, A., 2010: Opmerkelijke vondsten. Eoceen uit de Noordzee. – *Afzettingen WTKG* 31 (4): 95-96.
- Langeveld, B., 2011. Fossiele mollusken van het strand van Hoek van Holland. – *Afzettingen WTKG* 32 (4): 76-82.
- Langeveld, B., 2013. De Zandmotor versus het strand van Hoek van Holland: opvallende verschillen in de vondstfrequentie van fossiele kleppen van bivalven geven informatie over de geologische geschiedenis van de zandwingebieden. – *Afzettingen WTKG* 34 (4): 177-181.
- Moerdijk, P.W., A.W. Janssen, F.P. Wesselingh, G.A. Peeters, R. Pouwer, F.A.D. van Nieulande, A.C. Janse, M. Vervoenen, L. van der Slik & J.J. ter Poorten, 2010. Bivalvia (Tweekleppigen). In: De fossiele schelpen van de Nederlandse kust (red. F.P. Wesselingh & P.W. Moerdijk). NCB Naturalis, KNNV: 67-289.
- Mol, D., B. Langeveld, A. Janse, W. Langendoen & J. Smolarz, 2015. Determinatiedag fossiele strandvondsten van Maasvlakte 2 in futureland: Een verslag. – *Cranium WPZ* 32 (1): 49-58.
- Ockelmann, W.K., 1958. The zoology of East Greenland. Marine lamellibranchiata. – *Meddelelser om Grønland* 122 (4).
- Reinink, A., 2015. Opmerkelijke vondsten. De ovale *Astarte* *Tridonta elliptica* van Maasvlakte 2. – *Afzettingen WTKG* 36 (1): 10-11.
- Rijken, 2010. De zandsuppletie Domburg-Westkapelle 2008 (Deel 1). – *Voluta Werkgroep Geologie KZGW* 16 (1): 15-20.
- Schaefer, R., K. Trutschler & H. Rumohr, 1985. Biometric studies on the bivalves *Astarte elliptica*, *A. borealis* and *A. montagui* in Kiel Bay (Western Baltic Sea). – *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 39: 245-253.
- Selin, N.I., 2007. Shell Form, Growth and Life Span of *Astarte arctica* and *A. borealis* (Mollusca: Bivalvia) from the Subtidal Zone of Northeastern Sakhalin. – *Russian Journal of Marine Biology* 33 (4): 232-237.
- Skazina, M, E. Sofronova & V. Kaitov, 2013. Paving the way for new generations: *Astarte borealis* population dynamics in the White Sea. – *Hydrobiologia* 706 (1): 35-49.
- Stolzenbach, L., 1984. Vondstmelding. Een keratine-hoorn van de oeros (*Bos primigenius* Bojanus 1827) uit de Noordzee. – *Cranium WPZ* 1 (2): 63-65.
- Wesselingh, F.P., 1999: Enkele opmerkingen naar aanleiding van “*Tridonta borealis* in bouwzand in de Randstad”. – *Afzettingen WTKG* 20 (2): 36.
- Wesselingh, F.P., 2013: De oorsprong van de Nederlandse mariene weekdierfauna. In: Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca) (red.: R. de Bruyne, S. van Leeuwen, A. Gmelig Meyling & R. Daan). Tirion Natuur & Stichting Anemoon: 35-38.
- Zettler, M.L., 2002. Ecological and morphological features of the bivalve *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) in the Baltic Sea near its geographical range. – *Journal of Shellfish Research* 21 (1): 33-40.

¹Arthur Reinink, e-mail: paard66@online.nl