

MAMMOETEN EN NEUSHOORNS VAN TWEE VINDPLAATSEN UIT HET STROOMGEBIED VAN DE OER-MAAS GECORRELEERD

DICK MOL NATUURHISTORISCH MUSEUM ROTTERDAM, C/O GUDUMHOLM 41, 2133 HG HOOFDDORP, DICKMOL@TELFORT.NL

ANTON VERHAGEN MUSEUM HERTOGSGEMAAL, C/O KASTEELDREEF 22, 5236 XL EMPEL, ANTON_VERHAGEN@HOTMAIL.COM

HANS VAN DER PLICHT CENTRUM VOOR ISOTOPEN ONDERZOEK, NIJENBORGH 4, 9747 AG GRONINGEN,

J.VAN.DER.PLICHT@RUG.NL

Samenvatting

Onderzoek aan overblijfselen van grote zoogdieren uit het Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen van de vindplaatsen De Groote Wielen bij 's-Hertogenbosch en de Eurogeul, in de Noordzee, voor de kust van Zuid-Holland, laten veel overeenkomsten zien. De faunasamenstelling is vrijwel gelijk. Resultaten van ^{14}C dateringen laten zien dat de mammoetfauna's van de twee vindplaatsen uit het laatste deel van het Weichselien niet veel in ouderdom verschillen. Dit heeft er toe geleid dat de fossiele beenderen uitermate geschikt zouden kunnen zijn voor onderzoek aan oud DNA. Wij geven in dit overzicht de reeds bekende en gepubliceerde ^{14}C dateringen van De Groote Wielen en van de Eurogeul en presenteren een tiental nieuwe resultaten van de wolharige mammoet (*Mammuthus primigenius*) en de wolharige neushoorn (*Coelodonta antiquitatis*) die aantonen dat deze diersoorten vrijwel gelijktijdig geleefd hebben in het stroomgebied van de oer-Maas. Onlangs zijn een tiental beenderen bemonsterd voor DNA-onderzoek in Duitsland.

Summary

Investigations of skeletal remains of late Pleistocene megafaunal species and early Holocene mammals from two sites show a lot of similarities. The sites are De Groote Wielen near 's-Hertogenbosch and the Eurogeul (Eurogully), North Sea, off the coast of the province of South-Holland, the Netherlands. The faunal composition is almost identical. ^{14}C dates indicate that the mammoth fauna from the Weichselian of the two localities are more or less of the same age. These results could be very interesting for DNA investigations on species such as woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) and woolly rhinoceros (*Coelodonta antiquitatis*). In this overview the published ^{14}C dates are summarized and new ^{14}C results of woolly mammoth and woolly rhinoceros are presented for the first time. These new results show that the populations of the woolly mammoth and woolly rhinoceros of the localities De Groote Wielen and the Eurogeul existed contemporaneously in the floodplains of the ancient river Meuse, with its delta somewhere in the area of the present-day Eurogeul in the North Sea, off the coast of South-Holland. Ten skeletal parts of both woolly mammoth and woolly rhinoceros have been sampled for DNA investigations in Germany.

In 2005 werd begonnen met de ontgroning van de zandput De Groote Wielen bij Rosmalen, Noord-Brabant (coördinaten: 15° 30' 49" N- 41° 65' 64" E.). Veel bouwzand werd gewonnen voor de aanleg van een nieuwe woonwijk. Het zand werd aanvankelijk opgezogen van een diepte tot 7 meter beneden de waterspiegel, een laag die niet bekend staat om fossiele rijkdom. Omdat er steeds meer zand nodig was, gaf de Provincie Noord-Brabant toestemming om ook dieper te zuigen: tot ruim 13 meter beneden de waterspiegel.

Rond de plaatsen Kerkdriel, Gewande, Heerwaarden, Alem, Maren-Kessel en Lith zijn in de uiterwaarden van de Maas in het verleden al miljoenen kubieke meters bouwzand gewonnen. Dat waren ooit allemaal afzettingen van zand en grind uit het Pleistoceen, om precies te zijn, uit de laatste koude fase van de periode tussen 100.000 en 11.000 jaar geleden: het Weichselien.

Het zand voor de woonwijk De Groote Wielen komt uit het stroomgebied van de oer-Maas. De juiste plek is bepaald door middel van grondboringen. Voor de verschillende soorten bouwzand werd precies bepaald op welke diepte

ze te vinden waren. De geschikte plek bleek dus de huidige plas van 45 hectare bij de nieuwe wijk te zijn, ongeveer twee kilometer ten zuiden van de huidige loop van de Maas.

In de eerste en tweede fase van de ontgroning is bijna 2 miljoen kubieke meter zand opgezogen. De vorm van de plas, de diepte en de zuigtechniek, overal zijn strenge regels voor opgesteld. Van oost naar west mocht de plas niet groter worden dan 1800 meter en de gemiddelde lengte van de langste oevers moest 250 meter bedragen. Voor de mensen die in fossielen geïnteresseerd zijn was er nog een veel belangrijker voorwaarde: de verschillende zandlagen – grof drainagezand, ophoogzand of fijn metselzand – moesten van elkaar gescheiden blijven. De bouwers zouden zo de verschillende typen bouwzand van verschillende hopen op de stort kunnen halen. En de fossielenverzamelaars zouden dan precies weten uit welke laag – en dus uit welke tijd – een eventueel fossiel afkomstig zou zijn.

Voor de zandwinning in De Groote Wielen werd een zogenoemde cutter- of snijkopzuiger ingezet. Met een ronddraaiende snijkop maakt de zuiger het zand los van de bodem. Hardere stukken en ook compacte lagen uit de bodem



Fig. 1 Vuistbijl vervaardigd uit vuursteen van de vindplaats De Grootte Wielen. Baggerschip "Den Otter", november 2009. Diepte: -10 meters beneden ANP. Collectie: Paleontologisch-Archeologisch Museum Hertogsgemaal, 's- Hertogenbosch. Maatstreef: 10 cm. Foto: Hans Wildschut.

kunnen door deze zuiger met gemak worden losgewoeld en opgezogen, waarna een zuigpijp en een perspijp het losgewoelde sediment, zand en grind naar een zanddepot spuiten.

Om de scheiding van verschillende korrelgroottes mogelijk te maken heeft de snijkopzuiger in zogenoemde slagen van een bepaalde dikte zand gewonnen. Normaal wordt er zand van de bodem van een put geslobberd. Zanden grindlagen van hoger gelegen afzettingen zakken dan van de randen naar het diepste punt van de zuigput. De instortingen die dan onder water worden veroorzaakt worden bressen genoemd. In zo'n geval wordt er een mix van verschillende lagen met een verschillende ouderdom omhoog gehaald. In het mengsel van zand, grind, klei, stukjes hout en veen kunnen altijd resten van dieren zitten, of archeologisch materiaal. Maar uit welke laag dat materiaal precies komt zul je dan nooit weten. Een mammoetbot kan samen met een wapen uit de Spaanse tijd naar boven komen. Voor een ouderdomsbepaling op basis van radioactief koolstof ontbreekt meestal het geld. De gecontroleerde slagen van de snijkopzuiger hebben dit probleem in De Grootte Wielen opgelost. Letterlijk van iedere berg zand op het depot is de diepte en de ouderdom bekend. Dit maakt de verzameling fossiele en archeologische resten van deze plek uniek.

Op de verschillende zanddepots is een enorme hoeveelheid paleontologisch en archeologisch materiaal verzameld dat door ons werd onderzocht en waaraan ook ^{14}C dateringen zijn uitgevoerd. Verhagen & Mol (2009) publiceerden een aantal ^{14}C dateringen die toen bekend waren. Dat overzicht van dateringen hebben wij in deze bijdrage aangevuld. Daarmee is het aantal beschikbare ^{14}C dateringen van deze vindplaats aanzienlijk toegenomen.

^{14}C DATERINGEN 'DE GROOTE WIELEN'

Op basis van de beschikbare ^{14}C dateringen (Tabel 1) concluderen we dat de mammoetfauna van De Grootte Wielen met o.a. wolharige mammoet, wolharige neushoorn, paard, reuzenhert, rendier, steppewisent, leeuw en wolf tussen 24.140 en 48.900 geleefd heeft in het gebied grenzend aan de loop van de oer-Maas. De zeearend en de poolvos zijn uit een fauna die aanzienlijk jonger is dan die wij aanduiden als de mammoetfauna. Deze resten zijn van dieren die hier nog leefden toen de mammoet en zijn tijdgenoten reeds lang

LAAT-PLEISTOCENE FAUNA VAN DE EUROGEUL

Castor fiber – bever

Mammuthus primigenius – wolharige mammoet

Coelodonta antiquitatis – wolharige neushoorn

Equus caballus – wild paard

Panthera leo spelaea – leeuw

Ursus sp. – beer, vermoedelijk een bruine beer

Crocuta spelaea – hyena

Canis lupus – wolf

Bison priscus – steppewisent

Ovibos moschatus – muskusos (figuur 2)

Megaloceros giganteus – reuzenhert

Rangifer tarandus – rendier (figuur 3)

LAAT-PLEISTOCENE MARIENE FAUNA

Erignatus barbatus – Baardrob

Pusa hispida – Ringelrob

Phoca groenlandica – Zadel rob

Odobenus rosmarus – Walrus

Delphinapterus leucus – Beloega

Eschrichtius robustus – Grijs walvis



Fig. 3 Fragment van de rechter onderkaak met de gebitselementen p4 en m1-m3 (mandibula dext.) van het rendier, *Rangifer tarandus*. Vindplaats: Draaicirkel in Eurogeul voor de kust van Zuid-Holland, juli 2010. Leg.: Bemanning OD 7. Collectie: Dick Mol, Hoofddorp. Maatstreef: 10 cm. Foto: Hans Wildschut.

Fig. 2 Rechter middenvoetsbeen (Metatarsale dext.) van de muskusos, *Ovibos moschatus*. Vindplaats: Draaicirkel in Eurogeul voor de kust van Zuid-Holland, juli 2010. Leg.: Bemanning OD 7. Collectie: Dick Mol, Hoofddorp. Maatstreef: 10 cm. Foto: Hans Wildschut.



Fig. 4 Fragment van een linker opperarmbeen (humerus sin.) van een wolharige neushoorn, *Coelodonta antiquitatis* (BLUMENBACH, 1799). Vindplaats: De Grootte Wielen, 's-Hertogenbosch. Baggerschep "Den Otter", 25 Maart, 2009. Diepte: -10 meters beneden ANP. Collectie: Paleontologisch-Archeologisch Museum Hertogsgemaal, 's-Hertogenbosch. Links: vooraanzicht (cranial). Rechts: achteraanzicht (caudal). Maximale breedte: 17 cm. Maatstreef: 10 cm. Foto: Hans Wildschut.

Monsternaam	Materiaal	Monsternummer	¹⁴ C ouderdom (BP)
Dgw 27B	Veen	GrN-30223	40.000 (+800,-700)
Dgw 67B	Dennenhout met knaagsporen bever	GrN-30224	>45.750
Dgw 68B	Borstwervel mammoet	GrN-30225	44.700 (+2000,-1600)
Dgw 79B	Hout met brandsporen	GrN-30226	>46.800
Dgw 117B	Ivoor mammoet	GrN-30227	45.600 (+3300,-2300)
Dgw 118B	Dijbeen paard	GrN-30228	40.700 (+1100,-1000)
Dgw 119B	Scheenbeen neushoorn	GrN-30229	36.100 ±700
Dgw 217B	Scheenbeen rendier	GrN-30230	29.820 ±380
Dgw D1	Dennenappel	GrA-34602	43.300 (+2000,-1100)
Dgw 289	Schedel poolvos	GrA-35844	21.890 (+100,-90)
Dgw 316	Opperarmbeen beer	GrA-34605	>45.000
Dgw 317	Spaakbeen reuzenhert	GrA-34606	42.400 (+1600,-950)
Dgw 319	Vliegenpoppen	GrA-35816	26.600 ±150
Dgw 246	Opperarmbeen zwarte zee-eend	GrA-34955	23.350 (+130,-120)
Dgw 456	Dennenhout met knaagsporen bever	GrA-31018	41.900 (+1200,-1000)
Dgw 258	Scheenbeen steppewisent	GrN-30601	33.130 (+630,-590)
Dgw 447	Scheenbeen rendier	GrA-37631	41.860 (+550,-440)
Dgw 464	Geweitak rendier	GrA-37632	37.300 (+330,-290)
Dgw 01	Veen	GrA-39926	29.810 (+140,-130)
Dgw 02	Spaakbeen paard	GrA-39928	36.690 (+240,-220)
Dgw 229a	Schedel wolf	GrA-41749	24.250 ±110
Dgw 578	Middenvoetsbeen edelhert	GrA-39930 GrA-39932	2.475 ±30 2.475 ±30
Dgw 475	Schedel steppewisent	GrA40408	>45.000
Dgw 548	Middenvoetsbeen leeuw	GrA- 40406	27.400 ±110

Tabel 1 ¹⁴C dateringen 'De Grootte Wielen'.

verdwenen waren uit het stroomgebied van de oer-Maas.

Uit jongere afzettingen uit het gehele Holoceen, die afgezet zijn door de Maas liggende op de Pleistocene sedimenten, zijn faunaresten veiliggesteld. Daaronder bevinden zich resten van o.a. *Cervus elaphus* (edelhert) die slechts enkele duizenden jaren oud zijn. Ook slachtafval uit de IJzertijd en de Romeinse tijd is uit deze recente afzettingen tevoorschijn gekomen. Ook na het overzicht van Verhagen & Mol (2009) zijn een groot aantal nieuwe vondsten gedaan. Daaronder veel resten van mammoeten en neushoorns uit het Laat-Pleistoceen. Menselijke resten uit het Laat-Pleistoceen en uit het Vroeg-Holoceen ontbreken. Wel zijn er stenen werktuigen en tot artefacten bewerkte beenderen gevonden. Een bijzondere, recent gedane vondst (november 2009), is een vuursteen bijl (figuur 1). De bijl is 8,4 cm hoog, 5,3 cm breed en de dikte bedraagt 2,5 cm. Hij wordt geplaatst in de MTA-cultuur (Moustérien de Tradition Acheuléenne, circa 60 tot 35 duizend jaar geleden) en is opgezogen op een diepte van 9,5 meter beneden de waterspiegel van De Grootte Wielen. Uit deze laag zijn o.a. ook resten van *Rangifer tarandus* (rendier) geborgen die een ouderdom hebben van circa 40 tot 30 duizend jaar oud (zie tabel 1).

DE VINDPLAATS: DE EUROGEUL

Geologisch onderzoek, indertijd uitgevoerd door de toenmalige Rijks Geologische Dienst, de vele uitgevoerde Noordzee expedities op de Eurogeul en onderzoek aan vegetatieresten en de fossiele zoogdierresten laten duidelijk zien dat de fossiele zoogdierresten uit het Laat-Pleistoceen geplaatst kunnen worden in het Weichselien. Het Eurogeul gebied maakte toen deel uit van de mammoetsteppe die zich van Engeland in het westen tot over Europa, Azië en het noorden van Noord-Amerika uitstrekte. Paleobotanisch onderzoek heeft aangetoond dat we hier te maken hebben

met boomloze droge graslanden, de mammoetsteppe. In de zuidelijke bocht van de Noordzee hebben toen de delta's gelegen van grote rivieren zoals de Rijn en de Maas. Deze rivieren hebben dikke pakketten zand afgezet die afgewisseld worden door dikke en dunne kleilagen. Deze kleilagen hebben er voor gezorgd dat de Laat-Pleistoceen beenderen in uitstekende conditie bewaard zijn gebleven.

Tijdens de verzameltochten in het Eurogeul gebied zijn aan boord van viskotters overblijfselen van land- en zeezoogdieren aangetroffen. Onmiddellijk viel op dat de skeletdelen van beide categorieën in eenzelfde goede conditie verkeerden, de fossilisatie is vrijwel identiek. Om vast te stellen of de mariene fauna in de mondingen van rivieren hebben rondgezwommen op het moment dat de aangrenzende mammoetsteppe bewoond werd, zijn de mariene zoogdierresten aan verschillende onderzoeken onderworpen. Als eerste zijn alle resten op soort gedetermineerd en zijn enkele daarvan bemonsterd voor ¹⁴C -dateringen. Op die wijze heeft men kunnen vaststellen dat in het Eurogeul gebied, in het Laat-Pleistoceen, land- en zeezoogdieren op niet grote geografische afstanden vlak na elkaar of soms samen voorgekomen zijn (Mol & Post, dit nummer).

De zoogdieren in het kader genoemd zijn allemaal gedateerd aan de hand van goed bewaarde botmonsters. De dateringen zijn uitgevoerd aan het Centrum voor Isotopenonderzoek van de Rijks-universiteit Groningen. De resultaten zoals gepubliceerd in Mol *et al.*, 2008 zijn weergegeven in Tabel 2 en 3. Van deze dateringen kon worden afgeleid dat 1) het Eurogeul gebied tussen ruwweg 50.000 en 25.000 jaar geleden deel heeft uitgemaakt van het mammoetsteppe ecosysteem en 2) meer dan 45.000 jaar geleden mariene zoogdieren in deze delta-biotoop hebben rondgezwommen. Dat kan ook wel 100.000 jaar of langer geleden geweest zijn. Het zou kunnen zijn dat het toen zee is geweest of dat het een grote delta is geweest met een verbinding met open zee.

Soort en skeletdeel	Laboratorium nummer	14C ouderdom (BP)
Wolharige mammoet, schedelfragment	GrN-27410	37.580 (+810,-740)
Wolharige neushoorn, bekkenfragment	GrN-27411	39.910 (+1070,-950)
Grottenleeuw, schouderblad	GrA-31471	39.970 ±320
Grottenleeuw, ellepijp	GrA-23151	45.230 (+570,-530)
Steppenwisent, lendewervel	GrN-28261	45.350 (+ 2400,-1850)
Wilde paard, ellepijp	GrA-22585	43.550 (+1200,-1050)
Wolharige mammoet, kuitbeen	GrA-20134	43.800 (+600,-550)
Wolf, linker dijbeen	GrA 22183	48.400 (+5800,- 3300)
Reuzenhert, gewei	GrA-32599	40.750 (+440,-380)
Bever, dijbeen	GrA-33828	24.670 ± 150

Tabel 2 Dateringen van de mammoetfauna elementen van de Eurogeul

GrA = Groningen, AMS datering (Accelerator Mass Spectrometry)
GrN = Groningen, conventionele ¹⁴C datering

Soort en skeletdeel	Laboratorium nummer	14C ouderdom (BP)
Grijze walvis, wervel	GrA-22182	> 45.400
Beloega, atlas	GrA-22179	> 47.500
Walrus, schedelfragment	GrA-22178	> 48.500

Tabel 3 Dateringen van mariene zoogdieren van de Eurogeul

GrA = Groningen, AMS datering (Accelerator Mass Spectrometry)

Echter, de fossilisatie van zowel de zee- als landzoogdieren is identiek. Wij kunnen ons een scenario voorstellen waar land- en zeezoogdieren op niet grote geografische afstanden vlak na elkaar of soms samen voorgekomen zijn.

VROEG-HOLOCEEN

Bovenop de Laat-Pleistocene sedimenten is in het Vroeg-Holoceen een pakket zanden en kleien afgezet. Ook uit deze jonge afzettingen zijn skeletelementen van verschillende zoogdieren en veenkluiten voor onderzoek verzameld. Voor de resultaten van het veenonderzoek dat is uitgevoerd door Dr Bas van Geel van de Universiteit van Amsterdam verwijzen wij naar Mol *et al.*, 2008.

Een aantal van deze diersoorten zijn gedateerd en hebben een ouderdom tussen 9.000 en 7.000 jaar geleden. Een tijdspanne waarin de Noordzee langzaam maar zeker door temperatuurstijging begon vol te lopen, maar zeker nog niet zijn huidige zeespiegelstand bereikt had. De kustlijn van de provincies Noord en Zuid-Holland lagen toen nog ver zee inwaarts. Deze kuststroken waren toen nog droog land waar het voor de mens goed vertoeven was als jager en verzamelaar. Onderzoek aan vegetatieresten uit die tijd

tonen aan dat het een bebost gebied moet zijn geweest. Een heel ander biotoop dan dat uit het laatste deel van het Laat-Pleistoceen. In het landschap uit het Vroeg-Holoceen moet de mens intensief jacht gemaakt hebben op zoogdieren als het edelhert, de eland en mogelijk ook de ree, grote dieren uit een bosbiotoop. Van deze zoogdieren zijn verschillende delen van geweien gevonden die door de mens bewerkt zijn tot werktuigen. Ook heeft de mens zich toentertijd bezig gehouden met visserij. Er zijn op de stranden van Hoek van Holland en Rockanje/Oostvoorne een groot aantal onderdelen van werktuigen ten behoeve van visvangst gevonden, zoals fraai bewaarde vishaken en pijlpunten voorzien van kerven zoals we die kennen van harpoenen. Deze archeologische voorwerpen komen uit de sedimenten uit het Eurogeul gebied die gebruikt worden voor de kustlijnsuppleties (kustlijnsuppletie is een kustverdedigingsmaatregel waarbij sediment opgespoten wordt om de kust van extra zand te voorzien). Dergelijke vondsten worden vooral gedaan op de stranden van de genoemde locaties, aan boord van de door ons uitgevoerde expedities zijn deze tot op heden nog niet aangetroffen. De omvangrijke collecties van Jan Hendriks (Oudenhorn) en Theo Dijkstra (Schiedam) van dergelijke objecten mogen hier niet onvermeld blijven. Zij hebben ontelbare uren op de stranden gespeurd en getuurd naar objecten uit het Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen, en zeker niet zonder succes.

VROEG-HOLOGENE FAUNA VAN DE EUROGEUL

Homo sapiens – moderne mens

Castor fiber – bever

Lutra lutra – otter

Canis familiaris – hond

Sus scrofa – wild zwijn

Alces alces – eland

Cervus elaphus – edelhert

Capreolus capreolus - ree

DATERINGEN VAN DE HOLOCENE FAUNA ELEMENTEN VAN DE EUROGEUL

Uit Tabel 4 is duidelijk dat het Eurogeul gebied een rijke en vooral ook een unieke onderwatervindplaats is van overblijfselen van wat eens de mammoetfauna is geweest. De combinatie van land- en zeezoogdieren is niet uniek, maar is van hoge potentie voor toekomstig onderzoek. De afzettingen uit het Vroeg-Holoceen boven op de Laat-Pleistocene riviersedimenten en de daarin bewaarde sporen van menselijke bewoning uit een tijd dat de Noordzee nog niet zijn huidige zeespiegel heeft bereikt bieden een unieke kans voor onderzoek naar de vroege bewoning van de Lage Landen. Wij zijn dan ook zeer verheugd dat de Noordzee na velen jaren van intensief verzamelen en bestuderen van alle mogelijke resten, ook de belangstelling heeft gewekt van verschillende (onderzoeks-) instituten in binnen- en buitenland.

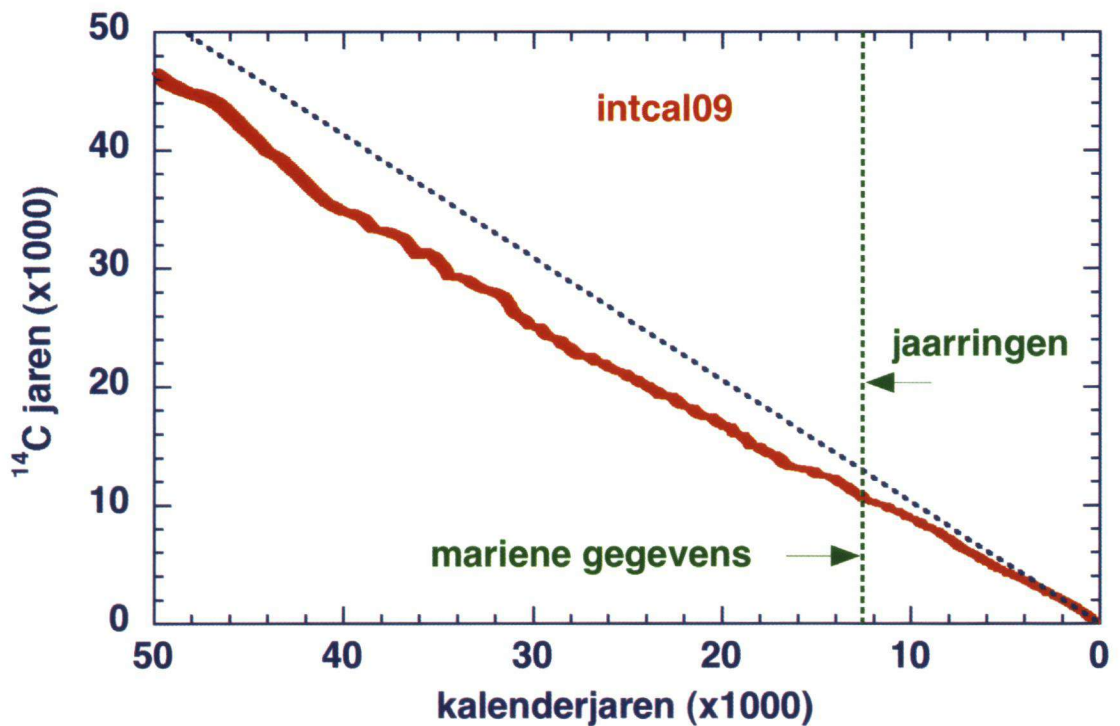
Met de uitbreiding van Nederland voor de kust van Zuid-

DE IJING VAN DE ^{14}C TIJDSCHAAL

De ^{14}C -klok, welke teruggaat tot 50.000 jaar geleden, is gebaseerd op het verval van het radioactieve isotoop ^{14}C . Een simplistisch model zegt dat als een monster de helft bevat van de huidige natuurlijke ^{14}C concentratie, het monster een ouderdom heeft gelijk aan de halveringstijd (5730 jaar). Simplistisch, omdat we er dan van uitgaan dat de ^{14}C concentratie in de natuur niet verandert. Dat blijkt niet het geval te zijn. De natuurlijke ^{14}C concentratie is onder andere afhankelijk van de sterkte van het magnetisch veld van de aarde en van de activiteit van de zon. Beide zijn niet constant. Dit veroorzaakt dat de ^{14}C -tijdschaal "elastisch" is, en nogal grillig verloopt vergeleken met de kalender. Zo weten we nu dat een datering van 10.000 ^{14}C -jaren (uitgedrukt in BP) overeenkomt met ongeveer 12.000 kalenderjaren geleden, doordat de natuurlijke ^{14}C concentratie toen 20% hoger was dan vandaag; organismen die toen leefden hadden meer ^{14}C in hun lichaam als "startwaarde", waardoor ^{14}C dateringen jonger uitkomen. We weten dit doordat de ^{14}C tijdschaal kan worden geijkt naar kalenderjaren. Een ijkgrafiek kan worden verkregen door monsters met een bekende ouderdom te dateren met ^{14}C . Hiervoor maken we dankbaar gebruik van de dendrochronologie. Dat is mogelijk tot ca. 12.500 (kalender)jaar geleden. Voor oudere monsters zijn er geen absolute dendrochronologische kalenders. Hier is de ijkgrafiek gebaseerd op mariene gegevens, voornamelijk koralen en foraminiferen welke zowel met ^{14}C als met een andere, onafhankelijke methode zijn gedateerd. Dit tijdtraject is uiteraard van belang voor de in dit artikel besproken dateringen. De complete ijkgrafiek is in de figuur weergegeven, de ^{14}C jaren (in duizenden jaren BP) verticaal, de kalenderjaren (in duizenden jaren gerekend vanaf 1950) horizontaal.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de ijkgrafiek voorbij het dendrochronologische gedeelte niet voor 100% vastligt. Er zijn onzekerheden in zowel ^{14}C dateringen (reservoireffecten) van mariene gegevens als in absolute dateringen. Bovendien nemen de onzekerheden toe naarmate men verder terug gaat in de tijd.

Het woord "ijkgrafiek" suggereert daarom wellicht teveel, namelijk "absoluut". Dat is teveel gezegd, maar we verwachten niet dat er dramatische correcties nodig blijken. Voor een diepgaande discussie wordt verwezen naar de literatuur (Reimer *et al.*, 2009).



De ^{14}C -ijkgrafiek: het verband tussen ^{14}C dateringen in BP en de kalender tijdschaal, gebaseerd op dendrochronologie (tot 12.500 jaar geleden) en mariene gegevens.

Holland met het Maasvlakte 2 project van het Havenbedrijf Rotterdam, waarbij 240.000.000 kubieke meter Holocene en Laat-Pleistocene sedimenten in het Eurogeul gebied worden opgebaggerd, bieden ongekende mogelijkheden voor de nabije toekomst. Als het strand van Maasvlakte 2 eenmaal opgesteld wordt, kan er volop verzameld worden. Wel is het waar dat dit vondsten zijn waarvan de precieze herkomst en diepte onbekend is maar zij kunnen met zekerheid getraceerd worden in het zandwingsgebied voor de Maasvlakte 2. Daarom zijn zij ook van grote wetenschappelijke waarde. Nieuwe vondsten kunnen gedetermineerd en gedateerd (^{14}C)

worden en met enige zekerheid worden geplaatst in de Laat-Pleistocene mammoetfauna, dan wel in de Vroeg-Holocene fauna van het Eurogeul gebied die tot op heden nog lang niet compleet zijn (Mol & Reumer, 2010).

Zoals reeds aangegeven zal er op de stranden van Maasvlakte 2 hoofdzakelijk kleine skeletresten en archeologisch materiaal gevonden gaan worden, maar die zijn juist nu belangrijk. Skeletresten van grote dieren uit de mammoetfauna zijn (bijna) voldoende bekend en zullen op de stranden nauwelijks gevonden gaan worden. Een eerste zoekactie op

Soort en skeletdeel	Laboratorium nummer	¹⁴ C ouderdom (BP)
Hond, bovenkaak met gebitselementen	GrA-24209	8.780 ±50
Wild zwijn, opperarmbeen	GrA-32600	8.710 ±45
Ree, gewei	GrA-33949	8.405 ±45
Edelhert, gewei	GrA- 22999	8.070 ±50
Eland, afgeworpen geweitak	GrA-23201	7.970 ±60
Wild zwijn, atlas	GrA-30721	7.780 ± 50

Tabel 4 Dateringen van de Holocene fauna elementen van de Eurogeul
GrA = Groningen, AMS datering (Accelerator Mass Spectrometry).

het strand van Maasvlakte 2 in februari 2010 met de inzet van een mega-beach-cleaner door het Havenbedrijf Rotterdam heeft dat aangetoond. Dergelijke zoekacties zijn naar onze mening dan ook zeker voor herhaling vatbaar. Evenals het inzetten van Eurokotters voor het gericht korren voor de zoogdierpaleontologie. Iedere zoogdierpaleontologische expeditie uitgevoerd op de Noordzee heeft zijn nut bewezen: is het niet een voor de Eurogeul onbekende diersoort die nog niet aangetoond was, dan was het wel een extreem groot of gaaf skeletelement van een mammoet of steppewisent die niet misstaat in een museum expositie over de wording van Nederland in het Pleistoceen!

Omdat de skeletresten van het Eurogeul gebied zo perfect bewaard zijn gebleven lenen zij zich zeer goed voor ¹⁴C dateringen. Op dit moment vindt er ook aDNA onderzoek plaats aan resten van *Mammuthus primigenius* en *Coelodonta antiquitatis*. In samenwerking met Dr. Alex Greenwood van de afdeling Wildlife Diseases, Leibniz-Institute for Zoo and Wildlife Research & Faculty of Veterinary Medicine, Freie Universität in Berlin wordt nagegaan of er in ¹⁴C gedateerde skeletresten van wolharige mammoeten en wolharige neushoorns van de Eurogeul en De Grootte Wielen (Verhagen & Mol, 2009) aDNA bewaard is gebleven en in welke conditie dit verkeert. Vervolgens wordt nagegaan aan de hand van aDNA of er tussen de populaties mammoeten en neushoorns verbanden kunnen worden gelegd. Voor dit onderzoek zijn 10 grote skeletelementen van mammoeten en neushoorns bemonsterd. Het betreft grote monsters waarvan de ene helft van het monster voor conventionele ¹⁴C dateringen is aangewend en de andere helft van het monster voor aDNA onderzoek gebruikt gaat worden. Omdat de ¹⁴C dateringen al beschikbaar zijn en nog niet eerder bekend gemaakt, geven wij die hier weer in Tabel 6.

DE BETROUWBAARHEID VAN ¹⁴C DATERINGEN

De ¹⁴C methode is bijzonder gevoelig, wat wordt veroorzaakt door de zeer geringe concentratie van dit isotoop in de natuur. De relatieve ¹⁴C/¹²C verhouding in modern materiaal is 10⁻¹² (0.000000000001); voor monsters van 50.000 jaar oud is dit afgenomen met een factor 1000 tot 10⁻¹⁵. Dit is de

reden dat de meetgrens ergens in de buurt van 50.000 BP ligt; hier voorbij is de ¹⁴C concentratie te gering om te meten. De belangrijkste oorzaak is contaminatie. Bijvoorbeeld, een monster met een ¹⁴C ouderdom van 45.000 BP zal als 35.000 BP worden gemeten als het verontreinigd is met 1% modern materiaal. Grote monsters (grammen koolstof) worden met de radiometrische methode gemeten; de afscherming voor natuurlijke achtergrondstraling heeft ook een praktische limiet van ongeveer 50.000 jaar. Dit geldt niet voor de AMS meetmethode voor kleine monsters (milligram koolstof). Deze methode is ongevoelig voor radioactiviteit. Maar kleine monsters zijn weer extra gevoelig voor contaminatie, elk ongewenst ¹⁴C atoom telt hier harder aan. Daardoor is ook voor AMS de achtergrond niet beter dan ca. 50.000 BP. Voor beide meetmethoden (radiometrie, ook wel conventionele methode genoemd, en AMS) wordt de achtergrond bepaald door dateringen te verrichten aan materialen met een oneindige (op de ¹⁴C tijdschaal) ouderdom, zoals antraciet of CO₂ gewonnen uit aardgas. Bovenstaande vormt het belangrijkste ingrediënt bij discussies over betrouwbaarheid van ¹⁴C dateringen uit het laatste stukje Pleistoceen.

De ¹⁴C laboratoria testen in het algemeen de betrouwbaarheid via zgn. intercomparisons. De meest recente grootschalige onderlinge vergelijking is VIRI (Fifth International Radiocarbon Intercomparison), en omvatte een aantal monsters (genaamd A-I) van diverse materialen met twee laboratoria onder één dak aanwezig zijn: conventioneel en AMS. De consensus waarden zijn de gemiddelde resultaten van alle deelnemende laboratoria. De resultaten zijn gepresenteerd als ouderdommen in BP, of als ¹⁴C activiteit in % voor moderne monsters. De gerapporteerde fouten zijn 1-sigma. Tabel 5 laat zien hoe de ¹⁴C praktijk werkt. Het resultaat van Groningen is in ieder geval goed te noemen. Toch zijn er enige kanttekeningen te maken.

Allereerst is voor zo'n wereldwijde uitwisseling veel materiaal nodig, in de orde van kilogrammen. Verder gebruiken de laboratoria meestal antraciet als achtergrond, ook bij het dateren van andere materialen zoals bijvoorbeeld bot. Dat is om praktische redenen maar moet wel worden meegewogen bij erg oude monsters. Het kan voorkomen dat de achtergrond voor houtskool 50.000 BP is, en voor botcollageen 40.000 BP. Meer details over de VIRI resultaten kunnen worden gevonden op de website van het vaktijdschrift Radiocarbon (www.radiocarbon.org).

Code	Monster	Conventioneel (GrN)	AMS (GrA)	Consensus waarde
A	Gerst	109.84±0.25%	109.60±0.49%	109.1 %
B	Verkoold graan	2840±25	2835±40	2820 BP
C	Gerst	109.82±0.25%	111.45±0.61%	110.7%
D	Verkoold graan	2835±25	2850±40	2836
E	Bot mammoet	37850 (+1100,-950)	39950 (+410,-360)	39305
F	Bot paard	2540±20	2570±30	2513
G	Bot mens	--	970±30	969
H	Bot walvis	9545±35	9485±45	9528
I	Bot walvis	8295±35	8355±40	8331

Tabel 5 resultaten van beide Groningse laboratoria voor de meest recente onderlinge vergelijking (VIRI) tussen de ¹⁴C laboratoria.

	Groningen Univ. #	Materiaal	Vindplaats	Diepte	Datum	Resultaten
Monster 1: aDNA-1	GrN 32232	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799) Rib van een wolharige mammoet.	Eurogeul, 52.01.9800 N – 03.53.2000 E	26-29 m	22 juni 2009	45700 +2200/-1700 BP
Monster 2: aDNA-2	GrN 32233	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Rechter dijbeen van een wolharige mammoet.	Eurogeul, 52.01.9800 N – 03.53.2000 E.	26-29 m	22 juni 2009	46000 +2700/-2000 BP
Monster 3: aDNA-3	GrN 32234	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Linker dijbeen van een wolharige mammoet stier.	Eurogeul, 52.01.9800 N – 03.53.2000 E	26-29 m	22 juni 2009	43400 +1900/-1500 BP
Monster 4: aDNA-4	GrN 32235	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Rib van een wolharige mammoet.	Eurogeul, 52.01.9800 N – 03.53.2000 E	26-29 m	22 juni 2009	43900 +1600/-1400 BP
Monster 5: aDNA-5	GrN 32236	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Slagtand van een wolharige mammoet.	De Groote Wielen, Baggerschip "Den Otter"	10 m	mei 2009	36600 +800/-700 BP
Monster 6: aDNA-6	GrN 32237	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Dijbeen van een onvolwassen individu.	De Groote Wielen, Baggerschip "Den Otter"	10 m	mei 2009	42400 +1500/-1200 BP
Monster 7: aDNA-7	GrN 32238	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Eerste rib van een wolharige mammoet.	De Groote Wielen, Baggerschip "Den Otter"	10 m	mei 2009	42100 +1300/-1100 BP
Monster 8: aDNA-8	GrN 32239	<i>Mammuthus primigenius</i> (BLUMENBACH, 1799). Dijbeen van een jonge wolharige mammoet.	De Groote Wielen, Baggerschip "Den Otter"	10 m	mei 2009	30300 +300/-300 BP
Monster 9: aDNA-9 (figuur 4)	GrN 32240	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (BLUMENBACH, 1799). Opperarmbeen van een wolharige neushoorn.	De Groote Wielen, Baggerschip "Den Otter"	10 m	25 maart 2009	41800 +1500/-1300 BP

Tabel 6 Nieuwe ^{14}C dateringen.

Recente discussies betreffende betrouwbaarheid van ^{14}C dateringen betreffen veelal materiaal van Laat-Pleistocene ouderdom. Zaken van belang hier zijn achtergronden, kwaliteit van het monster, kwaliteit van het laboratorium, chemische voorbehandeling, achtergrond, calibratie, en aard van het monster (hout, houtskool, veen, bot, kalk, etc.).

Materialen zoals houtskool zijn betrekkelijk gemakkelijk in de zin dat er geen complexe chemische behandeling nodig is, het koolstofgehalte is hoog, en er is doorgaans geen degradatie. Met speciale behandeling is de meetgrens soms tot 60.000 BP op te rekken.

Veen is een lastig materiaal omdat het mobiele fracties bevat. De ^{14}C meting op zich is vrijwel altijd goed, maar de vraag is wat er precies gedateerd is. Dit is o.a. het geval bij een veenmonster uit De Groote Wielen (Dgw 27B). Dit is gedateerd op 40.000 BP, terwijl op grond van botanische resten in hetzelfde veen de ouderdom rond de 70.000 (dus gemeten als ^{14}C -achtergrond, >50.000 BP) zou moeten zijn.

Carbonaten zijn een klasse apart, wat betreft dateringen. Technisch is dit recht-toe-recht-aan materiaal, omdat kalk gemakkelijk oplost en via het vrijkomende CO_2 de ^{14}C activiteit kan worden gemeten. Dus, ingewikkelde chemische voorbehandeling en verbranding van de geëxtraheerde fractie is niet nodig. Maar ook hier is de vraag, wat wordt er precies gedateerd. Druipstenen bijvoorbeeld zijn afhankelijk van hydrologische omstandigheden tijdens hun groei, en vertonen vaak grote en in de tijd variërende reservoir-effecten.

Schelpen en koralen kunnen open systeem gedrag vertonen, waardoor ze door opname van recente ^{14}C te jong uitkomen. Er zijn schelpen bekend van geologische ouderdom, oorspronkelijk bedoeld als achtergrondmateriaal voor ^{14}C , maar die toch een ouderdom van rond de 35.000 BP opleveren. Eén en ander speelt een grote rol bij het vaststellen van de ijkgrafiek, die immers voor het tijdtraject voorbij de dendrochronologie op dit type monsters is gebaseerd. Stringente kwaliteitseisen aan dit type monsters zijn dan ook vereist. Voor deze kwaliteitseisen verwijzen we naar Reimer *et al.* (2009) en de daarin opgenomen literatuur.

En dan fossiel botmateriaal. Met name deze categorie vormt aanleiding tot soms heftige debatten over de betrouwbaarheid van ^{14}C dateringen. Er zijn goede botten en slechte botten (wat betreft de kwaliteit), en er zijn goede metingen en slechte metingen. Er is niet noodzakelijkerwijze een één op één correlatie tussen deze twee zaken.

Van botmateriaal wordt collageen (de organische fractie) geïsoleerd als dateerbare fractie. Voor collageen zijn kwaliteitsparameters vastgesteld, zoals het koolstofpercentage, het stikstofgehalte, de C/N verhouding, en de stabiele isotopen concentraties. Niet gedegradeerd materiaal is zoals altijd ideaal. Als extreem voorbeeld uit de Groningse praktijk noemen we hier bot van de Arilakh mammoet uit Siberië. Perfect materiaal uit de permafrost. Van een groot stuk bot zijn een aantal dateringen verricht, met als uiteindelijk resultaat een datering van 55.000 BP. Dit is een extreem voorbeeld, en de kans dat het monster veel ouder is (dus

achtergrond voor ^{14}C) kan niet helemaal worden uitgesloten. Deze datering is gedetailleerd beschreven door Mol *et al.* (2006). Ook het gevierde babymammoetje Lyuba is in perfecte staat gevonden, en leverde een goede datering van 42.000 BP op. Deze dateringen (en ook andere aan botten uit de permafrost) vormen een bewijs dat de ^{14}C methode in principe betrouwbaar is.

Moeilijker wordt het als het bot niet goed is geconserveerd. In het bijzonder geldt dit voor oud materiaal. Contaminatie gebeurt doorgaans met modern(er) materiaal, zodat dateringen te jong uitkomen. Het ^{14}C laboratorium van Oxford heeft hiervoor een methode ontwikkeld, de zogenaamde ultrafiltratie. Inderdaad is aangetoond dat in voorkomende gevallen ultrafilters contaminatie uit collageen kunnen verwijderen, althans te jonge dateringen worden in de oudere (gewenste) richting bijgesteld. Maar het gaat ook wel eens mis, filters zelf kunnen ook ongewenste koolstof inbrengen. De waarde van de methode staat na uitgebreide tests ter discussie, wat kan worden nagelezen in de proceedings van het laatste congres "Radiocarbon and Archaeology" in het vaktijdschrift *Radiocarbon*. Het Groninger laboratorium heeft deze techniek niet ingevoerd. Momenteel wordt tussen Groningen (zonder filters) en Oxford (met filters) een eigen intercomparison uitgevoerd met Neanderthaler botmateriaal. Tot nu toe liggen de dateringen binnen elkaars foutenmarge. Er zij opgemerkt dat dit botmateriaal (uit Spy, België) goed is geconserveerd, er zijn geen problemen met degradatie.

Het is ook waar dat er minder goede laboratoria zijn, of waren. Dit blijkt allereerst juist bij deze categorie monstermaterialen: fossiele botten met ouderdommen in de buurt van de ^{14}C -detectiegrens. Het is bekend bij onderzoekers van de mammoetsteppe dat de literatuur vervuld is met onjuiste (doorgaans te jonge) dateringen, zowel voor Eurazie als voor Noord-Amerika. Af en toe worden oudere dateringen herzien. We noemen hier weer ter illustratie een voorbeeld uit de praktijk van Groningen: een oorspronkelijke Amerikaanse Holocene datering van een Canadese mammoet (Muirkirk) is nu met behulp van AMS teruggezet naar het Laat-Glaciaal. Kortom, voorzichtigheid is geboden bij interpretaties van (met name oudere) gegevens. In het bijzonder als naast de ^{14}C datering de eerder genoemde kwaliteits parameters niet zijn te achterhalen.

Tenslotte is bij fossiele botten vaak sprake van een apart probleem wat niet ongenoemd mag blijven. Het betreft mogelijke contaminatie met conserveermiddelen. Conserveermiddelen zijn doorgaans gemaakt op lijmbasis, wat collageen is - dezelfde component dus uit het bot wat gedateerd wordt. Dit collageen kan zowel een moderne oorsprong hebben (beenderlijm) als fossiel (petrochemische industrie).

Een voorbeeld is een monster van De Groote Wielen, een Pleistocene wolf (Dgw 229a). Deze leverde eerst een onmogelijke datering van 2430 ± 30 BP op. Bij nadere inspectie bleek het stuk bot met (blijkbaar modern) conserveermiddel te zijn behandeld. Een tweede datering van een schoon stuk bot resulteerde in een goede datering, 24.250 ± 110 BP. Ook dit voorbeeld illustreert duidelijk de grote invloed van vervuiling en de extreme gevoeligheid van de ^{14}C methode. De methode is betrouwbaar, maar er komt nogal wat bij kijken, zowel wat betreft de kwaliteit van het monster als van het laboratoriumwerk.

CONCLUSIES

De Nederlandse vindplaatsen De Groote Wielen en de Eurogeul met de mammoetfauna uit het Laat-Pleistoceen zijn unieke onderwaterlocaties. De Eurogeul voor de kust van de provincie Zuid-Holland vanwege de unieke en intensieve onderzoeken, in de ruimste zin des woords, die daar uitgevoerd zijn. De Groote Wielen nabij 's-Hertogenbosch vanwege de unieke wijze van zandwinning en de uitgebreide multidisciplinaire onderzoeken die daar uitgevoerd worden. Beide vindplaatsen leveren fossiele beenderen van ongekend goede kwaliteit, die zich in iedere geval goed lenen voor ^{14}C onderzoek.

De nieuwe ^{14}C datering resultaten ten behoeve van aDNA onderzoek van de wolharige mammoeten en wolharige neushoorns van de Eurogeul en De Groote Wielen liggen allemaal zeer dicht bij elkaar. Op zich is dat niet verwonderlijk. Beide vindplaatsen hebben eenzelfde fauna associatie uit het Weichselien opgeleverd (met uitzondering van mariene zoogdieren die in de fauna van De Groote Wielen volledig ontbreken) en liggen geografisch gezien niet ver uit elkaar. De afstand tussen beide locaties is ongeveer 100 kilometer, een afstand die voor mammoeten toentertijd makkelijk in een dag of twee afgelegd kon worden. We hopen dat de resultaten van het DNA-onderzoek zullen aantonen dat er enige vorm van relatie tussen de mammoetpopulaties van deze vindplaatsen is aan te tonen. Ook hopen we dat het in de toekomst mogelijk is ook andere diersoorten uit het Laat-Pleistoceen bij dit onderzoek te betrekken, zoals de wolharige neushoorns, opdat we een nog beter inzicht kunnen krijgen hoe het betreffende gebied er in de tijdspanne tussen 100.000 en 10.000 jaar geleden uitgezien moet hebben en welke diersoorten daar hebben rondgelopen en in de ondiepe wateren hebben gezwommen.

DANKWOORD

Klaas Post was zo vriendelijk een eerste versie van dit manuscript door te nemen en het van kritische kanttekeningen te voorzien die wij dankbaar hebben verwerkt. Hans Wildschut vervaardigde de foto's bij dit artikel en Vangelis Vlachos bewerkte deze tot de figuren 1 tot en met 4. Dank aan allen.

LITERATUUR

Mol, D., J. de Vos, R. Bakker, B. van Geel, J. Glimmerveen, H. van der Plicht, K. Post (2008): *Kleine encyclopedie van het leven in het Pleistoceen: mammoeten, neushoorns en andere dieren van de Noordzeebodem*. Veen Magazines, Diemen.

Mol, D., K. Post (2010): Gericht korren op de Noordzee voor de zoogdierpaleontologie: een historisch overzicht van de uitgevoerde expedities. In dit nummer.

Mol, D., J.W.F. Reumer (2010): The North Sea – Maasvlakte 2 project. *Quaternaire, Hors Serie, 3. Volume of Abstracts of the Vth International Conference on Mammoths and their Relatives, Le Puy-en-Velay, August 30 – September 5, 2010*, 196.

Mol, D., A. Tikhonov, J. van der Plicht, R.-D. Kahlke, R. DeBruyne, B. van Geel, J.P. Pals, C. de Marliave, J.W.F. Reumer (2006): Results of the Cerpolex/Mammuthus expeditions on the Taimyr peninsula, arctic Siberia, Russian federation. *Quaternary International* 142-143, 186-202.

Reimer, P.J., M.G.L. Baillie, E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, P.G. Blackwell, C. Bronk Ramsey, C.E. Buck, G.S. Burr, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, I. Hajdas, T.J. Heat, A.G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B. Kromer, F.G. McCormac, S.W. Manning, R.W. Reimer, D.A. Richards, J.R. Southon, S. Talamo, C.S.M. Turney, J. van der Plicht, C.E. Weyhenmeyer (2009): IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0 - 50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 51, 1111-1150.

Verhagen, A., D. Mol (2009). *De Groote Wielen: er was eens... Wie woonden er in De Groote Wielen in de ijstijd?* Uitgeverij Druk-Ware, Norg.