

Paleo-ecologische studie van een laatglaciale organische laag onder de mottesite van Poederlee (Antwerpen, BE)

Annelies STORME, Luc ALLEMEERSCH, Frédéric CRUZ, Pieter LALOO, Ruben VERGAUWE, Ignace BOURGEOIS & Philippe CROMBÉ

1. Inleiding

Finaal-paleolithische sites zijn in de Belgische zandstreek vooral te vinden aan de oevers van laatglaciale zoetwaterdepressies die vandaag begraven zijn onder een dik pakket alluvium of stuifzand. Organische afzettingen in dergelijke depressies laten toe om de leefomgeving van deze mensen te reconstrueren en zijn onder andere bekend in de paleomeren ten zuiden van de dekzandrug Maldegem-Stekene (Bos *et al.*, 2018; Heyse & Demoulin, 2018) en in duinpannen in de Kempen (Munaut & Paulissen, 1973). Een diep begraven Pleistoceen substraat heeft als voordeel dat het paleolithische oppervlak minimaal verstoord werd tijdens het Holoceen, maar betekent ook dat deze niveaus moeilijk detecteerbaar zijn. Zeker bij afzettingen in kleinere plassen is een zekere dosis geluk nodig om ze aan te treffen bij landschappelijk booronderzoek.

Nog verrassender is het om deze afzettingen te vinden tijdens het onderzoek van een middeleeuwse mottesite. Dat was het geval bij de middeleeuwse castrale motte Ouden Hofberg in Poederlee. Deze mottesite bevindt zich in de vallei van de Aa, een bijrivier van de Kleine Nete (Fig. 1). Hier toonde landschappelijk booronderzoek duidelijk de aanwezigheid aan van een motteheuvel en een opgehoogd neerhof, beide omringd door een gracht (Cruz *et al.*, 2018). Boringen door deze grachtvullingen vertoonden aan de basis telkens enkele tientallen centimeter fijnkorrelig, organisch materiaal dat wijst op een geleidelijke opvulling in aquatische omstandigheden. Dergelijke sedimenten zijn geschikt voor paleo-ecologisch onderzoek. De palynologische en macrobotanische studie van deze laag, aangevuld met ^{14}C -dateringen, vormt het onderwerp van deze bijdrage.

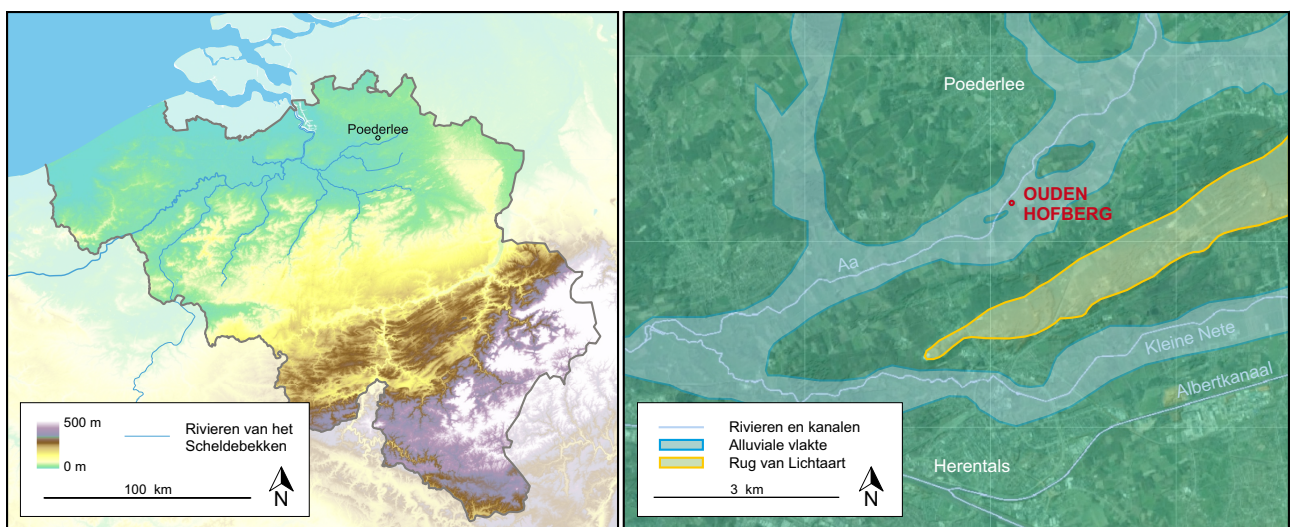


Fig. 1 – Locatie van de Ouden Hofberg langs de Aa in Poederlee. DHM op basis van SRTM data (NASA *et al.*, 2002). Detailkaart op basis van de Quartairgeologische kaart (1/200 000) geraadpleegd op geopunt.be.

Palynologisch onderzoek omvat de studie van pollen en plantensporen, maar ook andere microfossielen met een organische wand, zoals algen of schimmelsporen. Dankzij hun resistente wand kunnen deze microscopische resten lange tijd in de ondergrond bewaard blijven op voorwaarde dat de afzetting afgesloten is van zuurstof. De determinatie en telling van deze microfossielen laten toe om de regionale vegetatie en de lokale aquatische omstandigheden ten tijde van de opvulling te reconstrueren.

Bij macrobotanisch onderzoek worden voornamelijk zaden en vruchten bestudeerd. Ook deze resten blijven bewaard in zuurstofarme condities, maar zijn iets minder resistent voor oxidatie dan pollenkorrels. Ze geven bijkomend detail wat betreft de lokale vegetatie. Bovendien vormen botanische macroresten van terrestrische planten betrouwbaar materiaal voor ^{14}C -dateringen omdat het risico op hardwatereffect, herwerking en intrusie van jonger materiaal zo geminimaliseerd wordt ten opzichte van dateringen op bulkstalen.

Hoewel de oorspronkelijke vraagstelling van dit onderzoek vooral gericht was op de waterhuishouding, de vegetatie en het landgebruik ten tijde van de bewoning op de motte, bleek al snel dat het bestudeerde materiaal hier geen antwoord op zou geven. Wel ontloopte de site zich tot een interessante locatie voor de studie van het laatglaciale landschap, dat gelinkt kan worden aan regionale evoluties in klimaat, vegetatie en geomorfologie.

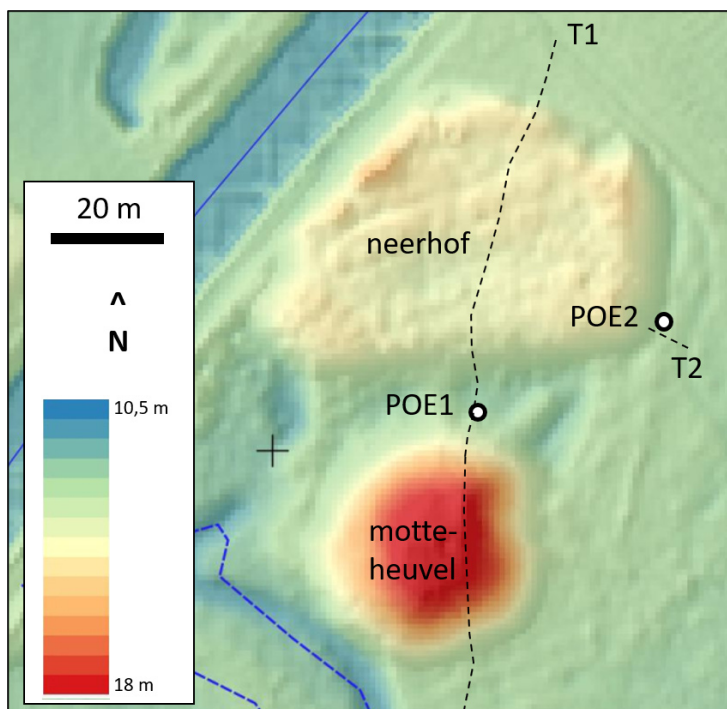


Fig. 2 – Situering van transecten T1 en T2 en boorkernen POE1 en POE2 op DTM (bron: GDI Vlaanderen). POE1: $x = 182836,44$ m; $y = 211507,66$ m; $z = 12,32$ m TAW en POE2 : $x = 182870,73$ m; $y = 211521,74$ m ; $z = 12,68$ m TAW.

2. Materiaal

In het voorjaar van 2018 voerde GATE Archaeology in opdracht van de dienst Erfgoed van de provincie Antwerpen een landschappelijk booronderzoek uit op de Ouden Hofberg in Poederlee. 21 landschappelijke boringen lieten toe om twee transecten te construeren (Fig. 2, Fig. 3): één dwars doorheen de motteheuvel en het neerhof (T1) en één dwars op de neerhofgracht (T2). Het booronderzoek toonde aan dat bij de aanleg van de motte gebruik werd gemaakt van het aanwezige natuurlijke duinreliëf ('duinzand' in Fig. 3): de motteheuvel werd ingeplant op de hoogste zone terwijl het vermoedelijke neerhof op een aangrenzende, iets lagere zone werd aangelegd. De heuvels werden verder verhoogd met de grond die werd gewonnen bij het uitgraven van de grachten ('antropogene ophoging' in Fig. 3).

Beide grachten vertonen in de basis een dunne laag sterk organisch tot weinig materiaal, die in eerste instantie geïnterpreteerd werd als alluvium. De verdere opvulling van de grachten wordt aangeduid als colluvium: materiaal dat na aanleg van de motte en het neerhof door hellingprocessen in de gracht terechtgekomen is.

Voor palynologisch en macrobotanisch onderzoek werden op basis van het landschappelijk booronderzoek twee locaties geselecteerd: één ter hoogte van de mottegracht in transect 1 en één ter hoogte van de neerhofgracht in transect 2 (respectievelijk POE1

en POE2 in Fig. 2 & Fig. 3). Op deze twee locaties werden in juni 2020 boorsten genomen van de organische laag onder de colluviale grachtvullingen. Daartoe werd met een Edelmanboor het bovenliggende zand uitgeboord, waarna de beoogde laag met een gutsboor van 6 cm diameter continu werd bemonsterd.

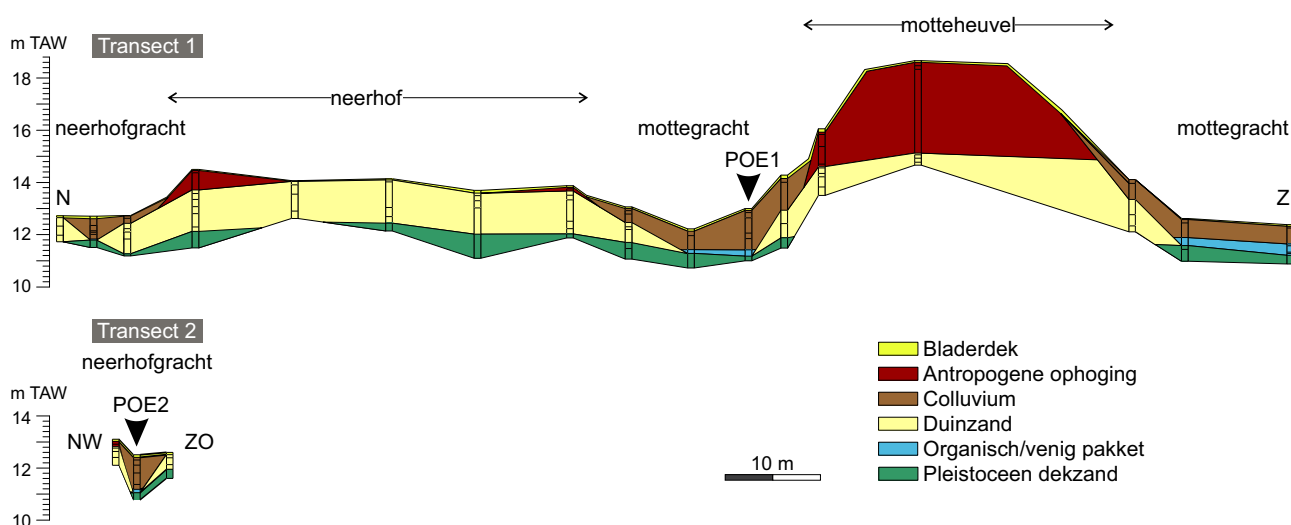


Fig. 3 – Transecten op basis van landschappelijke boringen. Boven: T1, een transect over de motte en het aanpalende neerhof. Onder: T2, een transect over de neerhofgracht.

Boorkern POE1 leverde een 23 cm dik pakket gelaagd materiaal op met een afwisseling van meer organische laagjes en zeer vivianietrijke laagjes (10,93 – 11,16 m TAW; Fig. 4). De volledige sequentie is kalkhoudend en bevat concreties (kalk en/of vivianiet). Vivianiet is een witachtig mineraal (gehydrateerd ferro-fosfaat) dat bij aanraking met lucht verkleurt naar helderblauw. Voor zijn vorming heeft het specifieke omstandigheden nodig: een bron van ijzer, fosfaat en water en lage concentraties zuurstof en sulfide (McGowan & Prangnell, 2006). Vivianiet komt regelmatig voor in de vorm van concreties in veenafzettingen en wijst op anoxische omstandigheden onder de watertafel. Boorkern POE2 bevatte ca. 15 cm venig materiaal (11,21 – 11,36 m TAW; Fig. 4) dat compacter wordt naar boven toe.

Uit de organische lagen werden eerst substalen genomen voor palynologisch onderzoek. Het overblijvende materiaal werd bemonsterd in plakken van 1 tot 2 cm dikte. Daarbij werden de lithologische grenzen zo veel mogelijk gevolgd en werd de buitenste, mogelijk gecontamineerde schil verwijderd.

Uit POE1 werden 6 substalen geselecteerd voor macrobotanisch en 7 voor palynologisch assessment (Fig. 4). Uit POE2 kozen we 5 substalen voor macrobotanisch en 3 substalen voor palynologisch assessment (Fig. 4). Op basis van de assessment-resultaten werd beslist welke niveaus geanalyseerd en/of gedateerd werden.

3. Methode

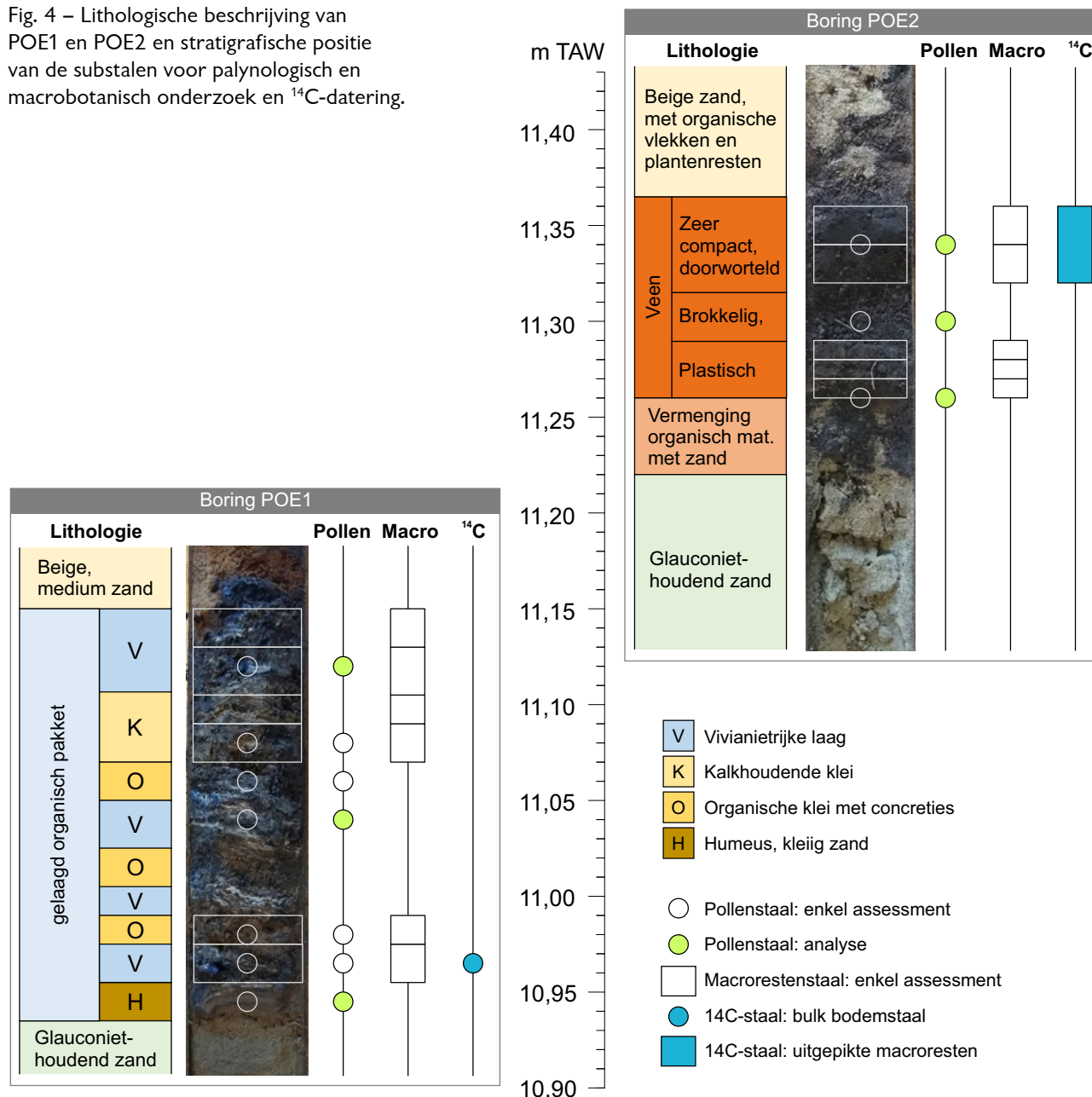
3.1. Palynologisch onderzoek

De geselecteerde palynologische substalen werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent behandeld volgens de standaardprocedure voor pollenpreparatie (Moore et al., 1991), inclusief acetolyse en oplossing in waterstoffluoride. Tijdens de preparatie werd aan ieder monster een gekende hoeveelheid *Lycopodium*-sporen toegevoegd om na telling de pollenconcentratie voor ieder geanalyseerd niveau te kunnen inschatten.

De geprepareerde residu's werden bekeken met een lichtmicroscop op 400x vergroting. Eerst werd een assessment uitgevoerd. Daartoe werd de pollenconcentratie geschat op basis van de verhouding pollen/*Lycopodium*-sporen. De kwaliteit van bewaring werd geëvalueerd door een steekproef van 10 korrels een score te geven van 1 (zeer slecht) tot 5 (uitstekend) en hiervan het gemiddelde te berekenen. Ten slotte werd de samenstelling van het residu (matrix en pollenspectrum) gekarakteriseerd. Op basis van dit assessment werd een inschatting gemaakt van de haalbaarheid van analyse.

Bij de analyses werden pollen, sporen en non-pollen palynomorfen gedetermineerd (Moore et al., 1991; Beug, 2004; Shumilovskikh, 2020) en geteld tot een pollensom van minstens 400 korrels bereikt werd. De getelde taxa (pollen, sporen, non-pollen palynomorfen) worden uitgedrukt als percentage van de pollensom, i.e., alle pollenkorrels van niet-aquatische planten (AP: *arboreal pollen* of stuifmeel van bomen en struiken & NAP: *non-arboreal pollen* of stuifmeel van kruiden). Verder werd op basis van het aantal getelde *Lycopodium*-sporen de concentratie berekend van pollen en microhoutschoolfragmenten

Fig. 4 – Lithologische beschrijving van POE1 en POE2 en stratigrafische positie van de substalen voor palynologisch en macrobotanisch onderzoek en ¹⁴C-datering.



(> 10 µm). Deze gegevens (percentages, concentraties, bewaring) worden voorgesteld in een pollendiagram met behulp van TILIA software (Grimm, 2015).

3.2. Macrobotanisch onderzoek

De geselecteerde macrobotanische substalen werden gezeefd met kraantjeswater onder lage druk op zeven van 2 mm en 0,5 mm. Het achtergebleven materiaal van beide zeven is verder onder een binoculair bekeken: dit van 2 mm op 7x vergroting en dit van 0,5 mm op 10x vergroting. Herkenbare botanische macroresten werden uitgeraapt en het aantal taxa en exemplaren per monster werd genoteerd. Op basis van de inhoud werd de geschiktheid voor ¹⁴C-datering en voor een volledige macrobotanische analyse ingeschat.

3.3. ¹⁴C-datering

Waar mogelijk werden zaden en vruchten van terrestrische planten geselecteerd voor ¹⁴C-datering (POE2). Waar niet voldoende geschikt materiaal aanwezig was, werd een bulk bodemstaal genomen (POE1). De stalen werden ingediend bij het KIK voor AMS ¹⁴C-datering. De resulterende dateringen werden gekalibreerd met OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2009), gebruik makend van de IntCal20 kalibratiecurve (Reimer et al., 2020).

4. Resultaten

4.1. Palynologisch assessment

Uit het assessment van 10 substalen bleek dat analyse in principe overal mogelijk is, maar in sommige niveaus beperkt kan zijn door een lage concentratie, weinig residu of slechte bewaring (Tab. 1). Op basis van het assessment en met het oog op een goede spreiding over de diepte van de organische laag, werden in POE1 de substalen op 10,945, 11,04 en 11,12 m TAW geselecteerd voor analyse. In POE2 werden de drie niveaus geanalyseerd.

4.2. Palynologische analyse

De resultaten van de zes palynologische analyses zijn procentueel weergegeven in diagramvorm (Fig. 5). POE1 en POE2 worden daarbij boven elkaar afgebeeld op hun respectievelijke hoogtes, maar bevinden zich in werkelijkheid op ca. 40 m afstand van elkaar.

Boor-kern	Hoogte (m TAW)	Geschatte concentratie	Voldoende residu?	Geschatte bewaring	Haalbaarheid	Houtskool	Sediment	OM	Dominante taxa	Selectie analyse
POE2	11,34	extreem hoog	ja	slecht	moeilijk	+++	+	+++	Cyp., <i>Betula</i> , Po.	a
	11,30	hoog	ja	eerder slecht	redelijk	++	+	++	Cyp. > <i>Betula</i> > Po.	a
	11,26	extreem hoog	ja	eerder goed	goed	+	+	++	<i>Betula</i> > Cyp.	a
POE1	11,12	matig	ja	eerder slecht	redelijk	+++	+	+	Cyp., <i>Pinus</i> > <i>Betula</i> , Po.	a
	11,08	laag	nipt	matig	moeilijk	++	+	+	Cyp. > Po.	
	11,06	hoog	nipt	eerder slecht	moeilijk	+++	0	+	Cyp., Po.	
	11,04	hoog	ja	eerder slecht	redelijk	++++	0	+	Cyp. > Po.	a
	10,98	laag	ja	eerder slecht	moeilijk	++	+	+	Cyp. > Po. > <i>Betula</i>	
	10,965	heel hoog	ja	slecht	moeilijk	+	++	++	Cyp. > Po. > <i>Salix</i>	
	10,945	extreem hoog	ja	eerder slecht	goed	++	+++	++	Cyp. > Po. > <i>Salix</i>	a

Tab. 1 – Resultaten van het palynologisch assessment. OM = organisch materiaal; Cyp. = Cyperaceae; Po. = Poaceae.

4.2.1. Boorkern POE1

Het percentage boompollen is steeds laag in POE1 (< 40 %). *Salix* (wilg) vertoont in de basis een opvallend hoge frequentie (23 %). Het bovenste niveau van POE1 kent een piek van *Pinus* (den, 32 %) en in mindere mate van *Betula* (berk, 10 %). Tussenin vertoont het percentage boompollen een opvallende afname. Hoge waarden van deze pioniertaxa zijn typisch voor het laatglaciaal en het Vroeg-Holoceen. Daarnaast komt

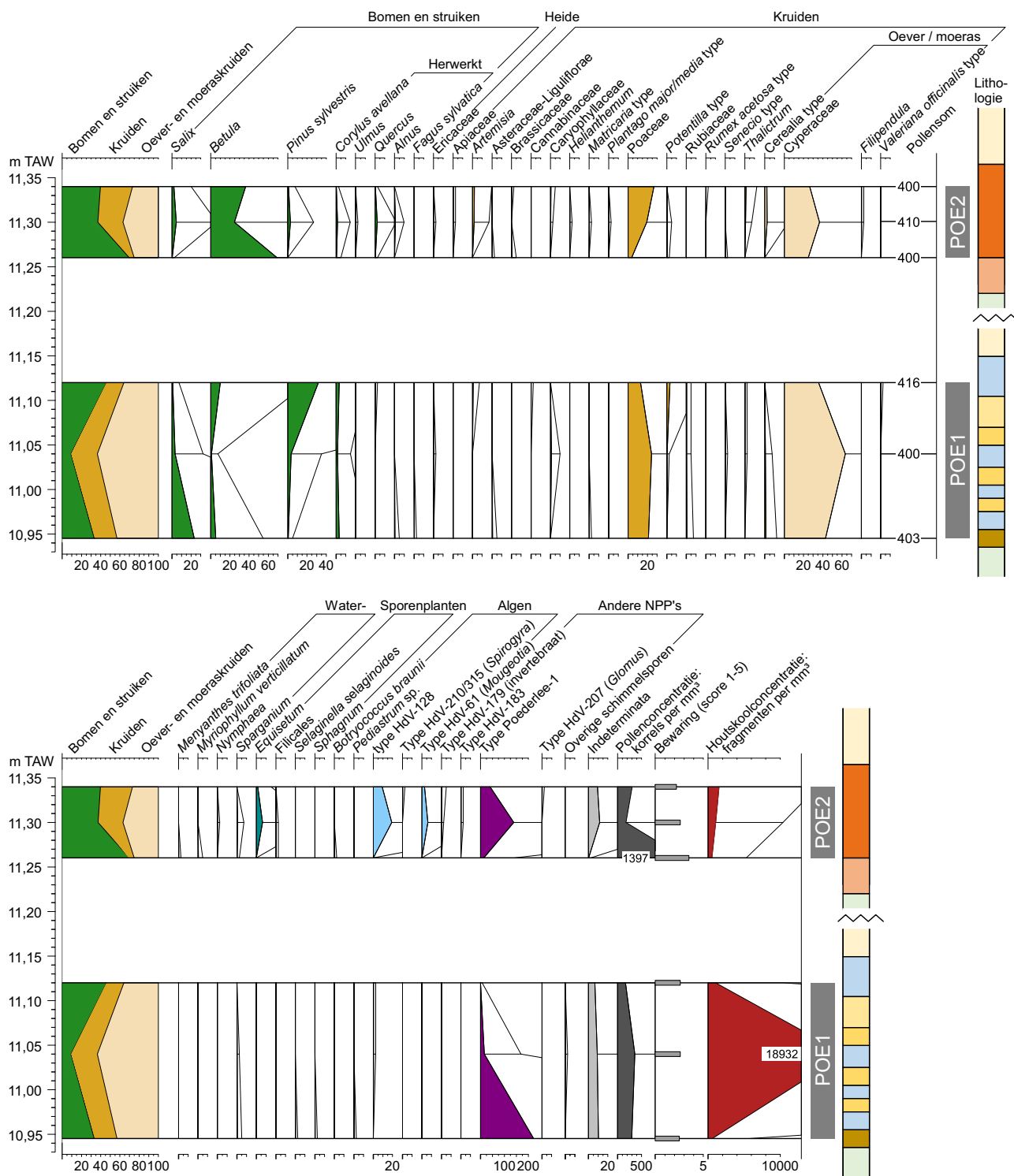


Fig. 5 – Procentueel pollendiagram met de resultaten van de palynologische analyse van drie stalen uit boring POE1 en drie stalen uit boring POE2. Overdrijving 10x. Legende lithologie: zie Fig. 4.

Corylus (hazelaar) ook continu voor met 1,5 tot 3 %. In het onderste niveau werden verder ook een korrel van *Fagus* (beuk) en twee korrels van *Alnus* (els) gevonden en in het bovenste niveau een korrel van *Quercus* (eik). Deze thermofiele boomtaxa verschijnen pas later in het Holoceen.

Bij de kruiden zijn Cyperaceae (zeggen) steeds het belangrijkste pollentype (35 tot 64 %), gevolgd door Poaceae (grassen) (13 tot 24 %). Het is niet zeker of deze pollenkorrels enkel de lokale moerasvegetatie vertegenwoordigen of ook afkomstig zijn uit de regionale vegetatie, die in dat laatste geval erg open geweest moet zijn. Andere kruidentypes zijn in kleine aantallen aanwezig, met maximum 1 % van de pollensom, behalve *Potentilla* (ganzerik) type, dat 3,5 % bereikt in het bovenste niveau. Naast eerder algemene kruidentaxa, zoals Caryophyllaceae (anjerfamilie) en diverse Asteraceae (composieten), gaat het onder andere om typisch laatglaciale taxa, zoals *Artemisia* (bijvoet), *Thalictrum* (ruit) en *Selaginella selaginoides* (Engels mos), en enkele korrels van mogelijke cultuurgewassen, met name Cannabaceae (hennepfamilie) en Cerealia (graan) type.

Naast (een deel van) de Cyperaceae en Poaceae zijn *Valeriana officinalis* (echte valeriaan) type, *Potentilla* type en *Sparganium* (egelskop) vermoedelijk afkomstig uit de lokale moerasvegetatie. Een exemplaar van *Pediastrum* (een geslacht van groenwieren, Fig. 6n) is de enige aanwijzing voor wat dieper, open water. Verder werden in de basis zeer hoge aantallen aangetroffen van een niet verder geïdentificeerd microfossiel (glad, bolvormig, bleek van kleur; Fig. 6k) dat we hier 'type Poederlee-1' noemen. Het is onduidelijk tot welke categorie van NPP's dit behoort of welke ecologie het vertegenwoordigt.

De houtskoolconcentratie is over het algemeen hoger in de bovenste helft van de organische laag (cf. assessment), met een uitschieter op 11,04 m TAW, waar de concentratie extreem hoog is (bijna 20.000 fragmenten per mm³). Dit wijst op branden in de zeer nabije omgeving.

4.2.2. Boorkern POE2

In POE2 bedraagt het aandeel boompollen ca. 40 tot 70 %. *Betula* domineert over de hele sequentie, met een piek van 69 % in de basis en 25 tot 36 % daarboven. *Pinus* en *Salix* kennen lagere waarden dan in POE1, met een maximum van respectievelijk 3 % en 5 % in het middelste niveau, waar *Betula* de laagste waarde kent. Bij de thermofiele taxa komen *Corylus* en *Quercus* continu voor. Ook bij deze bomen zien we hogere waarden in het middelste niveau. Op dat niveau komen ook *Ulmus* (iep) en *Alnus* voor.

Net als in POE1 zijn Cyperaceae en Poaceae ook in POE2 de voornaamste taxa bij de kruiden, al zijn de percentages van Cyperaceae hier lager (25 tot 37 %). Het hoge *Betula*-percentage in het onderste niveau vertaalt zich in lagere waarden van de meeste kruidentaxa, in het bijzonder Poaceae. De bovenste twee niveaus vertonen dan weer een

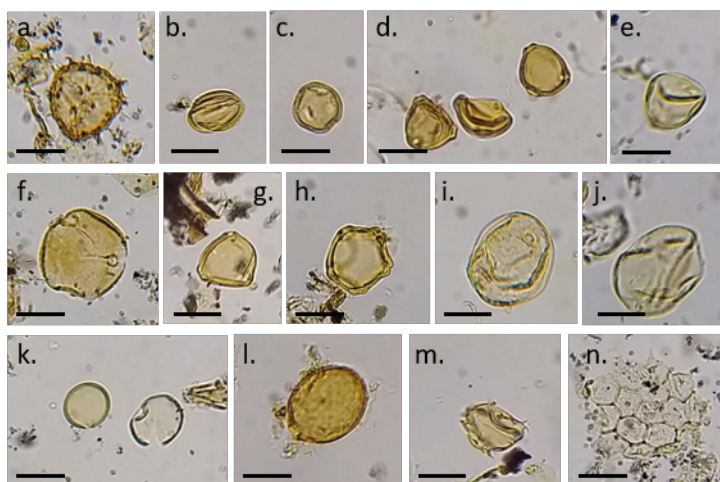


Fig. 6 – Microscoopbeelden van enkele pollentypes en andere palynomorfen uit boorkernen POE1 en POE2. Schaalbalkje = 20 µm.
 a. spore van *Selaginella selaginoides* (basis POE1); b. *Artemisia* (top POE2); c. *Thalictrum* (top POE2); d. *Betula* (basis POE 2); e. Poaceae (basis POE2); f. *Fagus* (basis POE1); g. *Corylus* (midden POE1); h. *Alnus* (midden POE2); i. Cerealia type (top POE2); j. Cyperaceae (basis POE2); k. onbekend bolvormig type Poederlee 1 (basis POE1); l. type HdV-179 (midden POE2); m. type HdV-183 (midden POE2); n. *Pediastrum* (basis POE1).

grote variatie aan kruiden, met o.a. *Cerealia* type, *Artemisia*, *Thalictrum* (elk 1 à 2,5 %) en een reeks sporadisch voorkomende taxa, waaronder *Helianthemum* (zonneroosje).

Het voorkomen van waterplanten zoals *Myriophyllum* (vederkruid) en *Nymphaea* (waterlelie) en algen, waaronder *Botryococcus*, type HdV-128 (tot 19 %), *Mougeotia* type (tot 6 %) en *Spirogyra*, wijst op – mogelijk seizoensgebonden – eutroof open water met minstens enkele decimeters diepte in de nabijheid. Ook types HdV-179 en -183 wijzen op ondiep, stilstaand, eutroof water. De lokale moerasvegetatie bestond wellicht voor een groot deel uit Cyperaceae, maar ook *Potentilla* type, *Filipendula ulmaria* (moerasspirea), *Menyanthes trifoliata* (waterdrieblad), *Equisetum* (paardenstaart, tot 6 %) en Filicales (varens) waren vermoedelijk in dit milieu te vinden. NPP type Poederlee-1 komt ook hier veelvuldig voor, wat wijst op moerasige omstandigheden als voorkeursmilieu van het organisme waarvan dit microfossiel afkomstig is.

Boring	Hoogte (m TAW)	Materiaal voor ¹⁴ C-datering	Haalbaarheid macrorestenanalyse
POE2	11,34 - 11,36	weinig (zie tabel 3)	nee
	11,32 - 11,34	weinig (zie tabel 3)	nee
	11,28 - 11,29	niets	nee
	11,27 - 11,28	niets	nee
	11,26 - 11,27	niets	nee
POE1	11,13 - 11,15	niets	nee
	11,105 - 11,13	niets	nee
	11,09 - 11,105	niets	nee
	11,07 - 11,09	niets	nee
	10,975 - 10,99	niets	nee
	10,955 - 10,975	niets	nee

Tab. 2 – Assessment macroresten met het oog op ¹⁴C-analyse en macrorestenanalyse.

4.3. Macrobotanisch onderzoek

De zeefresidu's van POE1 (Fig. 4) bestonden voor een groot deel uit (vivianiet)concreties en leverden geen herkenbare botanische macroresten op. Zowel ¹⁴C-datering als macrobotanische analyse zijn hier dus niet haalbaar (Tab. 2). Ook in de onderste drie stalen van POE2 (Fig. 4) werden geen herkenbare macroresten gevonden. De bovenste twee stalen bevatten wel enkele zaden die geschikt waren voor datering, maar ruim onvoldoende voor een volledige macrobotanische analyse (Tab. 2).

4.4. Resultaten ¹⁴C-datering

Aangezien in POE1 geen dateerbare macroresten werden gevonden, werd besloten om een bulk bodemstaal te laten dateren. Voor POE2 werd het uitgepikte materiaal van twee stalen uit het macroresten-assessment samengevoegd om aan een voldoende groot staal te komen voor datering (Fig. 4).

Beide dateringen geven betrouwbare resultaten die aantonen dat de monsters een laatglaciale ouderdom hebben (Tab. 3).

5. Interpretatie en discussie

5.1. Ouderdom en correlatie met klimaat en regionale vegetatie

De pollenspectra in de organische lagen van boorkernen POE1 en POE2 wijzen op wilg, berk en den als dominante houtige gewassen en bevatten heliofiële kruiden, zoals

Boorkern	Hoogte (m TAW)	Gedateerd materiaal	Labonummer	¹⁴ C ouderdom	2 σ waarschijnlijkheid
POE2	11,32-11,36	<i>Menyanthes trifoliata</i> (3 fragm.); <i>Carex</i> sp. (14 fragm.); <i>Ranunculus</i> sp. (1)	RICH-28968	11673 \pm 36 BP	13596-13465 cal BP
POE1	10,96-10,97	bulk sediment	RICH-28990	12221 \pm 35 BP	14308-14045 cal BP

Tab. 3 – Dateringsresultaten en gekalibreerde ouderdommen.

Artemisia, *Thalictrum* en *Helianthemum* en de mosvaren *Selaginella selaginoides*. Naast deze typisch laatglaciale elementen zijn er anderzijds ook enkele pollenkorrels van mogelijke cultuurgewassen en thermofiele bomen die een (Laat-)Holocene ouderdom lijken te suggereren. Er zijn dus zowel aanwijzingen voor een organische afzetting uit het laatglaciaal (finaal paleolithicum) als voor de oorspronkelijke hypothese, namelijk een grachtvulling geassocieerd met de middeleeuwse motte op de Ouden Hofberg. In combinatie met de ¹⁴C-dateringen (Tab. 3) kunnen we het middeleeuwse scenario echter uitsluiten. Het pollen van *Cerealia* type, dat in beide boorkernen teruggevonden werd, is hier dus vermoedelijk niet afkomstig van gekweekt graan, maar van wilde grassoorten die pollen produceren met dezelfde kenmerken, zoals *Glyceria* (vlotgras). In het geval van de korrel van Cannabaceae gaat het waarschijnlijk om pollen van *Humulus lupulus* (hop) en niet van hennep, een plant die in de laatste millennia veelvuldig gekweekt werd voor zijn vezels en oliehoudende zaden. De thermofiele boomtaxa (hazelaar, iep, eik, els en beuk), die pas later in het Holoceen terugkomen in de streek, worden ook regelmatig aangetroffen in laatglaciale of Vroeg-Holocene pollenspectra en worden daar geïnterpreteerd als herwerkt materiaal uit vroegere interglacialen (vb. Munaut & Paulissen, 1973 in de vallei van de Kleine Nete). We mogen dus besluiten dat het hier gaat om een laatglaciale afzetting.

Op basis van de ¹⁴C-dateringen en de pollenspectra proberen we de ouderdom verder te verfijnen (Fig. 7). Het spectrum in de basis van de organische laag in POE1 vertoont opvallend hoge waarden voor wilg. In de Nederlandse biozonatie (Hoek, 1997) is dit kenmerkend voor biozone 1c (Oudere Dryas), die gedateerd wordt in het eerste kwart van het 14^{de} millennium cal BP, tijdens het koude-interval GI-1d (Rasmussen et al., 2014 ; Fig. 7). In het Moervaartpaleomeer komen grote hoeveelheden pollen van (dwerg)wilg echter vooral voor in biozone 1b (Bølling s.l.), uit GI-1e, de eerste warmere periode van het laatste Weichsel interstadiaal (Bos et al., 2017). De ¹⁴C-datering 2 cm hoger geeft een ouderdom van 14310-14050 cal BP, op het einde van GI-1e (Fig. 7). Blijkbaar komt de vegetatie met veel wilg tijdens GI-1e (zie pollenspectrum in de basis van POE1) dus eerder overeen met de situatie in het Moervaartpaleomeer, dan met het Nederlandse patroon. Het gaat hier vermoedelijk om dwergvormen van wilg (*Salix herbacea*, *S. retusa*) in een toendra-achtige vegetatie (De Coninck et al., 1966; Bos et al., 2018). Het middelste pollenspectrum van POE1 vertoont zeer lage waarden voor boompollen en situeert zich vermoedelijk in de kruidenrijke biozone 1c (Oudere Dryas), tussen de *Betula*-pieken van biozones 1b en 2a. Dit correleert met het koude-interval GI-1d. De piek van *Pinus* in de top van de organische laag komt overeen met het bovenste deel van biozone 2 (2a2 of 2b, *Pinus*-fase van het Allerød) en wijst op een ouderdom van ca. 13 000 jaar (GI-1b of GI-1a). Het lijkt er dus op dat de 22 cm dikke laag in POE1 het grootste deel van interstadiaal GI-1 vertegenwoordigt (Fig. 7).

Voor de ouderdom van de organische laag in POE2 kunnen we voortgaan op de pollenspectra met hoge *Betula*-percentages – vooral in de basis – en lage *Pinus*-percentages, wat overeenkomt met biozone 2a1 (start Allerød) volgens de indeling van Hoek 1997 (Fig. 7). De achteruitgang van *Betula* in het bovenste deel van de sequentie zou kunnen overeenkomen met de overgang naar zone 2a2. De ¹⁴C-datering in de top van de laag geeft een ouderdom van 13600-13470 cal BP, tijdens het koudere interval GI-1c2 of de start van het warmere GI-1c1 (Rasmussen et al., 2014). Hier vertegenwoordigt de organische afzetting dus een veel korter deel van het laatglaciaal, namelijk de periode met berkenbos in het midden van het 14^{de} millennium cal BP (*Betula*-fase van het Allerød ; Fig. 7).

5.2. Lokaal paleomilieu

De lokale elementen in de pollenspectra van POE1 en POE2 wijzen op een combinatie van moerassige omstandigheden en eutroof, ondiep open water. Het kan gaan om één grote plas met een moerassige oever, maar het is ook mogelijk dat het in sommige

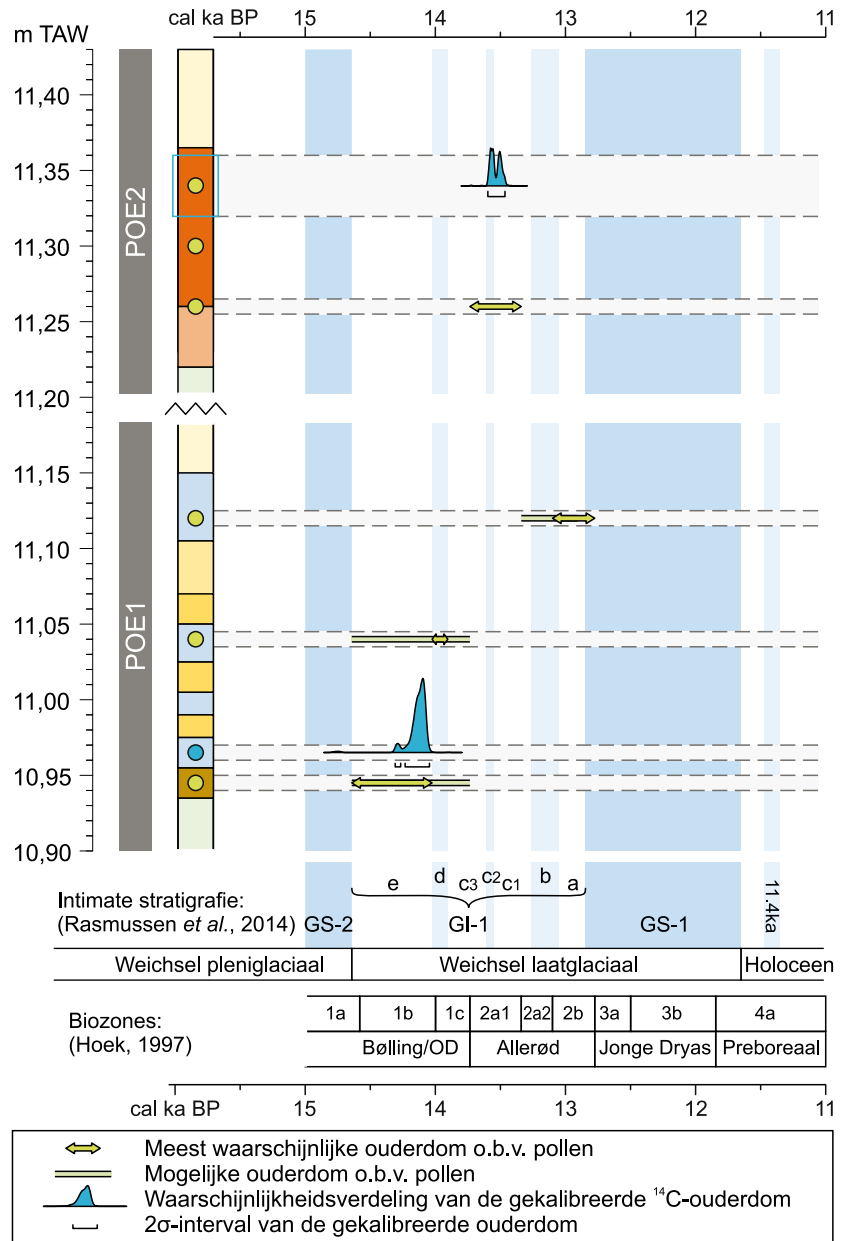


Fig. 7 – Gekalibreerde dateringen uit POE1 en POE2, geplot ten opzichte van de biozones volgens Hoek (1997) en de stadialen/interstadialen volgens de Intimate stratigrafie (Rasmussen *et al.*, 2014).

perioden eerder ging om een moerassige zone waarin – eventueel enkel in het natte seizoen – plassen ontstonden. De moerassige zone werd gedomineerd door zeggen. Daarnaast kunnen we oeverplanten zoals riet (valt onder Poaceae), vlotgras (valt onder Cerealia type), echte valeriaan (*Valeriana officinalis* type) en waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) ook in deze zone verwachten. In het water kwamen vooral ter hoogte van POE2 verschillende algentypes en waterplanten voor.

Dergelijke organische lagen met beperkte dikte zijn wel vaker palynologisch bestudeerd in de regio (vb. De Ploey, 1961; Munaut & Paulissen, 1973; Allemeersch & Storme, 2018) en worden gewoonlijk geïnterpreteerd als opvulling van deflatiekommen in een stuifzandmilieu. Hoewel in de regio geen organische alluviale pakketten bekend zijn die ouder zijn dan GI-1c (vb. Mullenders *et al.*, 1966; Munaut & Paulissen, 1973 met biozone 2a (Allerød) in de basis), kunnen we op deze locatie binnen de vallei van de Aa een alluviale oorsprong niet per definitie uitsluiten. Zeker de sequentie in POE1 vertoont enkele kenmerken die eerder typisch zijn voor een alluviale afzetting dan voor een meerafzetting, met name de gelaagdheid, het hoge kleigehalte en de aanwezigheid van vivianiet. Een combinatie van beide is eveneens mogelijk: één of meerdere (permanent)

natte depressies die in perioden van hoog debiet overstroomd raken door de rivier, waardoor klei en fosfaten aangevoerd worden en een gelaagdheid ontstaat.

De zeer verschillende lithologie van de beide sequenties kan het gevolg zijn van een verschillende positie binnen eenzelfde depressie of vallei, maar kan ook wijzen op twee verschillende kleinere depressies, al dan niet met alluviale input. De vivianietrijke afzetting van boring POE1 vereist anoxische omstandigheden en situeert zich eerder in het diepere deel van de depressie of de diepere van twee depressies. Deze lagere positie ten opzichte van de watertafel (Fig. 4) stemt overeen met de relatief lange periode van afzetting (GI-1, Fig. 7).

De veenlaag uit boring POE2 bevond zich vermoedelijk dicht bij de oever of in een tweede, hoger gelegen en minder diepe plas. De dalende kwaliteit van bewaring en de meer brokkelige en compacte staat van het veen bovenaan in POE 2 wijzen erop dat de top van het veen regelmatig droogviel. Ook de stijgende houtskoolconcentratie kan het gevolg zijn van relatieve aanrijking door oxidatie van de matrix. Deze evolutie getuigt van het geleidelijk uitdrogen en inkrimpen van (de oeverzone van) de plas of alluviale vlakke. Dit verklaart ook waarom de periode van veenvorming in POE2 veel korter was dan in POE1. Waarschijnlijk vertegenwoordigt dit veenpakket de maximale ruimtelijke uitbreiding van het moeras tijdens een periode met hoge grondwaterstand in het midden van het 14^{de} millennium BP.

Om uitsluitsel te kunnen geven over de aard van de afzettingsomstandigheden en de geomorfologische opbouw tijdens de vorming van de organische lagen is bijkomend booronderzoek nodig, aangevuld met sedimentologische analyses.

In het midden van de organische laag in POE1 zien we een opvallende piek van microhoutskool. Dergelijke houtskoolpieken zijn in de regio meestal gelinkt aan natuurlijke branden in dennenbossen (Crombé et al., 2019, 2020), maar aangezien de piek hier samenvalt met een bomenarme fase, kunnen we grootschalige bosbranden uitsluiten als oorzaak. In de Moervaartregio werd een piek van verkoolde deeltjes in verband gebracht met een regionale toename van natuurlijke branden in gras- en zeggevegetaties, als gevolg van de koude en droge omstandigheden tijdens GI-1c2 (Crombé et al., 2020). Waarschijnlijk is de piek ook hier een indicatie voor een droge fase, maar dan tijdens GI-1d.

6. Besluit

Palynologisch onderzoek en ¹⁴C-datering tonen aan dat de organische laag die aangeboord werd in de basis van motte- en neerhofgracht afgezet is tijdens het laatglaciaal. Vermoedelijk gaat het om een aquatische tot moerassige afzetting in  en of twee depressies in een duin omgeving, mogelijk met periodieke alluviale input. In boring POE1 bevindt de laag zich het diepst en bestaat ze uit vivianietrijk, gelaagd materiaal, dat geïnterpreteerd wordt als een onderwaterafzetting die plaatsvond gedurende een groot deel van de warmere fase van het Weichsel laatglaciaal (GI-1). In boring POE2 bestaat de laag uit veen dat naar boven toe meer uitgedroogd is en zich iets hoger bevindt dan de afzetting uit POE1. Deze veenafzetting vertegenwoordigt moerassige omstandigheden in een oeverzone tijdens de maximale uitbreiding van de plas(sen) in het midden van het 14^{de} millennium cal BP.

Er is dus geen relatie tussen het ontstaan van de organische laag en de middeleeuwse grachten. Het lijkt wel aannemelijk dat de keuze van de locatie van de motte mee beïnvloed werd door het reeds aanwezige duinreliëf.

Bibliografie

ALLEMEERSCH L. & STORME A., 2018. *Paleo-ecologische analyse van een organische laag uit een boorstaal van "Opstalvallei" in opdracht van de provincie Antwerpen - Deel 2: Laat-Glaciaal*. GATE-rapport, Lieux: 26 p.

BEUG H.-J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. München, Pfeil: 542 p.

BOS J. A. A., DE SMEDT P., DEMIDDELE H., HOEK W. Z., LANGOHR R., MARCELINO V., VAN ASCH N., VAN DAMME D., VAN DER MEEREN T., VERNIERS J. & CROMBÉ P., 2017. Multiple oscillations during the Lateglacial as recorded in a multi-proxy, high-resolution record of the Moervaart palaeolake. *Quaternary Science Reviews*, 162: 26-41.

BOS J. A. A., DE SMEDT P., DEMIDDELE H., HOEK W. Z., LANGOHR R., MARCELINO V., VAN ASCH N., VAN DAMME D., VAN DER MEEREN T., VERNIERS J., BOECKX P., BOUDIN M., COURT-PICON M., FINKE P., GELORINI V., GOBERT S., HEIRO O., MARTENS K., MOSTAERT F., SERBRUYNS L., VAN STRYDONCK M. & CROMBÉ P., 2018. Weichselian Lateglacial environmental and vegetation development in the Moervaart palaeolake area (NW Belgium); implications for former human occupation patterns. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 248: 1-14.

BRONK RAMSEY C., 2009. Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon*, 51: 337-360.

CROMBÉ P., STORME A., CRUZ F., ALLEMEERSCH L., VANDENDRIESSCHE H., DEFORCE K., MIKKELSEN J., ALUWÉ K., BOUDIN M. & SERGANT J., 2019. Early Holocene slope erosion in the Scheldt basin (Belgium): Naturally and / or human induced? *Geomorphology*, 337: 79-93.

CROMBÉ P., BOS J. A. A., CRUZ F. & VERHEGGE J., 2020. Repeated aeolian deflation during the Allerød/GI-1a-c in the coversand lowland of NW Belgium. *Catena*, 188: 104453 or <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104453>

CRUZ F., LALOO P. & VERGAUWE R., 2018. *Motte-onderzoek Poederlee Westmeerbeek Kasterlee (Prov. Antwerpen)*. GATE-rapport: 81 p.

DE CONINCK F., GREGUSS P. & VANHOORNE R., 1966. La superposition de dépôts tourbeux datant des oscillations Allerød et Bølling à Stabroek (Belgique). *Pédologie*, 16: 293-308.

DE PLOEY J., 1961. Morfologie en Kwartairstratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. *Acta Geografica Lovaniensia*, 1, Leuven: 130 p.

GRIMM E. C., 2015. *Tilia for Windows: Pollen Spreadsheet and Graphics Program. Versie 2.1.1*. Illinois State Museum, Research and Collections Centre, Springfield.

HEYSE I. & DEMOULIN A., 2018. The Flemish Valley: Response of the Scheldt Drainage System to Climatic and Glacio-Eustatic Oscillations. In: Demoulin A. (ed.), *Landscapes and Landforms of Belgium and Luxembourg - World Geomorphological Landscapes*, Cham: 297-311.

HOEK W. Z., 1997. Late-glacial and early Holocene climatic events and chronology of vegetation development in the Netherlands. *Vegetation History and Archaeobotany*, 6: 197-213.

MCGOWAN G. & PRANGNELL J., 2006. The Significance of Vivianite in Archaeological Settings. *Geoarchaeology*, 21: 93-111.

MOORE P. D., WEBB J. A. & COLLINSON M. E., 1991. *Pollen analysis*. Blackwell Science, Oxford: 216 p.

MULLENDERS W., GULLENTOPS F., LORENT J., COREMANS M. & GILOT E., 1966. Le tremblement de la vallée de la Nethen. *Acta Geographica Lovaniensia*, 4: 169-181.

MUNAUT A. V. & PAULISSEN E., 1973. Évolution et paléo-écologie de la vallée de la Petite Nèthe au cours du post-Würm (Belgique). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 96: 301-346.

NASA, NIMA, DLR & ASI, 2002. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Elevation Dataset*. <http://www.geo.cornell.edu/COCORP/Ghana/90x90mmap-1/area03/metadata.html>

RASMUSSEN S. O., BIGLER M., BLOCKLEY S. P., BLUNIER T., BUCHARDT S. L., CLAUSEN H. B., CVIJANOVIC I., DAHL-JENSEN D., JOHNSEN S. J., FISCHER H., GKINIS V., GUILLEVIC M., HOEK W. Z., LOWE J. J., PEDRO J. B., POPP T., SEIERSTAD I. K., STEFFENSEN J. P., SVENSSON A. M., VALLELONGA P., VINTHER B. M., WALKER M. J. C., WHEATLEY J. J. & WINSTRUP M., 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: Refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106: 14-28.

REIMER P. J., AUSTIN W. E. N., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUTZIN M., CHENG H., EDWARDS R. L., FRIEDRICH M., GROOTES P. M., GUILDERSON T. P., HAJDAS I., HEATON T. J., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KROMER B., MANNING S. W., MUSCHELER R., PALMER J. G., PEARSON C., VAN DER PLICHT J., REIMER R. W., RICHARDS D. A., SCOTT E. M., SOUTHON J. R., TURNEY C. S. M., WACKER L., ADOLPHI F., BÜNTGEN U., CAPANO M., FAHRNI S. M., FOGTMANN-

SCHULZ A., FRIEDRICH R., KÖHLER P., KUDSK S., MIYAKE F., OLSEN J., REINIG F., SAKAMOTO M., SOOKDEO A. & TALAMO S., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62: 725-757.

SHUMILOVSKIKH L., 2020. *Non-pollen palynomorphs*. <http://nonpollenpalynomorphs.tsu.ru/>

Samenvatting

Bij landschappelijk booronderzoek op de middeleeuwse mottesite van de Ouden Hofberg in Poederlee werd ter hoogte van zowel de motte- als de neerhofgracht een organische laag aangeboord. Paleo-ecologisch onderzoek van boorkernen op deze twee locaties leverde geen geschikte macroresten op, maar palynomorfen zijn wel voldoende bewaard voor analyse. Palynologisch onderzoek en ¹⁴C-datering wijzen uit dat het niet gaat om de basisopvulling van de middeleeuwse grachten, maar om een veel oudere afzetting die geïnterpreteerd wordt als de opvulling van één of meerdere duinpannes, mogelijk met periodieke alluviale input. De vivianietrijke organische laag in de diepste boorkern vertoont pollenspectra die overeenkomen met de Bølling s.l. tot en met de Allerød biozone. De laag wordt hier geïnterpreteerd als een onderwaterafzetting die gevormd werd gedurende de warmere fase van het Weichsel laatglaciaal (GI-1). De iets hoger gelegen veenafzetting in de tweede boorkern vertoont pollenspectra uit de *Betula*-fase van het Allerød. Dit pakket vertegenwoordigt een moerassige oeverzone tijdens de maximale uitbreiding van de waterplas in het midden van het 14^{de} millennium cal BP.

Trefwoorden: Antwerpse Kempen (BE), laatglaciaal, paleolandschap, palynologie, macrobotanie, klimaat, duinpanne.

Abstract

During a coring landscape survey on the medieval motte site of the *Ouden Hofberg* in Poederlee, an organic layer was uncovered, both at the motte and the bailey ditch. Palaeo-ecological research of cores from these locations did not yield suitable botanical macroremains, but palynomorphs were sufficiently preserved for analysis. Palynological investigation and radiocarbon dating indicate that this is not the basal infill of the medieval ditches, but a much older deposit that is interpreted as the infill of one or more dune slacks, possibly with periodic alluvial input. The vivianite-rich organic layer in the deepest core shows pollen spectra that correlate with the Bølling s.l. up to the Allerød biozone. At this location, the layer is interpreted as a subaquatic deposit that was formed during the warmer phase of the Weichselian lateglacial (GI-1). The peat deposit in the second core is located at a somewhat higher altitude and shows pollen spectra from the *Betula* phase of the Allerød. This layer represents a marshy riparian zone during the maximal extent of the lake in the middle of the 14th millennium cal BP.

Keywords: Antwerp Campine (BE), lateglacial, palaeolandscape, palynology, macrobotany, climate, dune slack.

Résumé

Au cours d'une campagne de forages sur le site de la motte castrale de *Ouden Hofberg* appartenant à la commune de Poederlee, des niveaux organiques ont été découverts dans les fossés de la motte et de la basse-cour. Les études paléoenvironnementales des forages pratiqués dans ces fossés n'ont pas livré suffisamment de macrorestes botaniques. En revanche, le contenu palynologique était suffisant bien préservé pour en effectuer des analyses. L'étude des palynomorphes et les datations radiocarbone ont mis en évidence des dépôts bien plus anciens, réfutant l'interprétation initiale de dépôts de fossés médiévaux. Ils ont été interprétés comme le remplissage d'une ou plusieurs panes dunaires pouvant être soumises à un alluvionnement. Les niveaux organiques riches en vivianite du forage le plus profond montrent des spectres polliniques qui se corrèlent avec les biozones du Bølling s.l. et de l'Allerød. Localement, ces niveaux sont interprétés comme des dépôts subaquatiques qui se sont mis en place au cours de la phase la plus chaude du Tardiglaciaire weichsélien (GI-1). Dans le second forage, les dépôts tourbeux sont situés à des altitudes plus hautes. Ils montrent un spectre pollinique issu de la phase *Betula* de l'Allerød et ils représenteraient une zone riparienne marécageuse, lors de l'extension maximale du plan d'eau durant le 14^e millénaire cal AP.

Mots-clés: Campine (BE), Tardiglaciaire, paléoenvironnement, palynologie, macrorestes botaniques, climat, panne dunaire.

Annelies STORME
Luc ALLEMEERSCH
Frédéric CRUZ
Pieter LALOO
Ruben VERGAUWE
GATE Archaeology
Venecolaan, 52M
BE – 9880 Aalter
annelies@gatearchaeology.be
allemeersch.luc@skynet.be
fredericcruz@hotmail.com
pieter.laloo@gatearchaeology.be
ruben@gatearchaeology.be

Ignace BOURGEOIS
Provincie Antwerpen, Dienst Erfgoed
Koningin Elisabethlaan 22
BE – 2018 Antwerpen
ignace.bourgeois@provincieantwerpen.be

Philippe CROMBÉ
Universiteit Gent, Vakgroep Archeologie
Sint-Pietersnieuwstraat 35
BE – 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be