

Paleoecologisch onderzoek van een Laat-Glaciale humeuze laag te Herentals-Langendonk



BIAXiaal

RAPPORTNUMMER

1629

DATUM

SEPTEMBER 2024

AUTEUR

F. VERBRUGGEN



Colofon

Titel:

BIAX*iaal* 1629 (concept)

Paleoecologisch onderzoek van een Laat-Glaciale humeuze laag te Herentals-Langendonk

Auteur: F. Verbruggen (Senior KNA Specialist Archeobotanie)

Opdrachtgever: Agentschap Onroerend Erfgoed

Projectcode: TV Dossier 43149

Gemeente: Herentals

Plaats: Herentals

Toponiem: Langendonk

Coördinaten onderzoeksgebied (Lambert 72): 184.765 / 209.062

ISSN: 1568-2285

© BIAx, Zaandam, 2024

Correspondentieadres:

BIAX *Consult*

Symon Spiersweg 7 D2

1506 RZ Zaandam

tel: 075 – 61 61 010

e-mail: verbruggen@biax.nl

www.biax.nl

1. Inleiding

In het voorjaar van 2023 is in de ondergrond aan de Langendonk te Herentals een humeuze laag aangetroffen, die is geïnterpreteerd als paleobodem. Het vermoeden bestond dat deze laag in het Laat-Glaciaal dateert. Om meer te weten te komen over de ouderdom van deze laag en de omstandigheden waarin zich deze laag heeft kunnen vormen, is natuurwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd aan de basis en de top van deze humeuze laag. Het paleoecologisch onderzoek is driedelig. Met behulp van palynologisch onderzoek zijn organische microresten in de laag onderzocht. Aan de hand van de samenstelling van het pollen en de sporen kan herleid worden welke plantengemeenschappen er lokaal en in de bredere omgeving voorkwamen, en daarmee, hoe het landschap er in het verleden uit zag. Andere microfossielen, zoals resten van algen en schimmels, geven daarbij belangrijke aanvullende informatie over het vroegere landschap. Ten tweede zijn de macroresten in de laag onderzocht. Plantaardige resten zoals zaden en vruchten tonen aan welke planten lokaal voorkwamen. De resultaten van het pollen- en macrorestenonderzoek vullen elkaar dan ook uitstekend aan. Ten slotte is daterend onderzoek uitgevoerd aan macroresten uit de basis van de humeuze laag, om te achterhalen wanneer deze is gevormd en om de landschappelijke reconstructie in een onafhankelijk tijds kader te plaatsen.

2. Materiaal en methoden

2.1 STAALNAME

In het profiel is pollenbak PB1 geslagen (zie *figuur 1*). Deze is vervolgens in het laboratorium van BIAx bemonsterd voor palynologisch onderzoek (2 stalen), macrorestenonderzoek (4 stalen) en daterend onderzoek (1 staal), waarbij zoveel mogelijk is getracht om wortelhoudende sedimenten te vermijden. De precieze niveaus waaruit de stalen zijn genomen zijn weergegeven in *bijlage 1*.



Figuur 1 Herentals-Langendonk, pollenbak PB1 doorheen het profiel met de humeuze laag (© Agentschap Onroerend Erfgoed).

2.2 PALYNOLOGISCH ONDERZOEK

De palynologische stalen zijn afkomstig uit de basis en de top van de laag (zie *bijlage 1*). Ze zijn opgewerkt tot pollenpreparaten volgens de standaardmethode van Erdtman.¹ Hierbij is een bekende hoeveelheid sporen van een in Vlaanderen zeer zeldzame wolfsklauwsoort (*Lycopodium clavatum*) toegevoegd, om de concentratie palynologische resten (pollen, sporen en niet-pollen palynomorfen) te kunnen bepalen.² De bereiding is uitgevoerd onder leiding van M. Hagen van het Laboratorium voor Sedimentanalyse van de Vrije Universiteit te Amsterdam.

De pollenpreparaten zijn onderzocht met behulp van een doorvallend-lichtmicroscop met vergrotingen tot 1000 maal (eventueel met fasecontrast). Het pollen en de sporen zijn gedetermineerd met behulp van determinatieliteratuur en aan de hand van de referentiecollectie van BIAx.³ Niet-pollen palynomorfen (NPP's) zoals resten van schimmels, zijn gedetermineerd met behulp van standaard NPP-determinatiewerken.⁴ Voor de analyse is een pollensom van minimaal 600 pollen en sporen gehanteerd. Voor het bepalen van de percentages van de aanwezige palynologische resten zijn pollen en sporen van alle planten in de pollensom opgenomen. De analyse is uitgevoerd door de auteur.

Voor het bepalen van de percentages van de aanwezige palynologische resten zijn pollen en sporen van alle planten in de pollensom opgenomen.

Tabel 1 Herentals-Langendonk, overzicht van de palynologische stalen.

staal	context	diepte in pollenbak	labcode	volume
PB1	top humeuze laag	16,5-17,5 cm	BX10758	4 ml
PB1	basis humeuze laag	22-23 cm	BX10759	5 ml

2.3 MACRORESTENONDERZOEK

In eerste instantie zou enkel de basis en de top van de laag bemonsterd worden voor paleoecologisch onderzoek. Echter, de concentratie macroresten in de basis en de top van de mogelijke bodem bleek laag, waardoor niet voldoende resten voor daterend onderzoek geselecteerd konden worden. Vervolgens is geopteerd om aanvullend twee tussenliggende niveaus te bemonsteren. Er zijn in totaal vier niveaus onderzocht. De vier botanische macrorestenstalen (zie *tabel 2*) zijn met leidingwater in het laboratorium van BIAx gezeefd over een serie zeven met maaswijdten van 1, 0,5 en 0,25 mm. De zeefresiduen zijn in hun geheel onderzocht met behulp van een opvallend-lichtmicroscop met een vergroting van maximaal 50 maal. De botanische macroresten zijn gedetermineerd volgens standaardwerken en met behulp van de referentiecollectie van BIAx.⁵ De analyse is uitgevoerd door de auteur.

¹ Erdtman 1960; Fægri *et al.* 1989; met modificaties van Konert 2002.

² Stockmarr 1971. Aan elk staal zijn twee tabletten met elk 17.197 sporen toegevoegd.

³ Beug 2004; Moore *et al.* 1991; Punt *et al.* 1976-2009.

⁴ Bijv. Van Geel 1976 en alle referenties in het verzamelwerk van Van Hove & Hendrikse 1998, met het zwaartepunt van de bijdragen daarin door Van Geel.

⁵ Berggren 1969, 1981; Anderberg 1994; Cappes *et al.* 2006; Körber-Grohne 1964, 1991.

Tabel 2 Herentals-Langendonk, overzicht van de macrorestenstalen.

staal	context	diepte in pollenbak	volume
PB1	top humeuze laag	16-19 cm	90 ml
PB1	onder top humeuze laag	19-20,5 cm	45 ml
PB1	boven basis humeuze laag	20,5-21,5 cm	30 ml
PB1	basis humeuze laag	21,5-24 cm	75 ml

2.4 DATEREND ONDERZOEK

Voor het daterend onderzoek is getracht om geschikte plantaardige resten uit elk van de macrorestenstalen te selecteren. Echter, de concentratie geschikte macroresten was dusdanig laag, dat er onvoldoende koolstof voor een ^{14}C -datering verkregen kon worden. In overleg met de opdrachtgever en met M. Boudin van het ^{14}C -laboratorium van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK-IRPA), onder wiens leiding het daterend onderzoek is uitgevoerd, is besloten om een bulkstaal van de basis ter datering in te sturen.

Tabel 3 Herentals-Langendonk, overzicht van het staal dat is ingestuurd ter datering.

staal	context	diepte in pollenbak	materiaal	gewicht
PB1	basis humeuze laag	20,5-24 cm	bulk	6,5 g

2.5 NAAMGEVING, INTERPRETATIE EN VERGELIJKING

De nomenclatuur van de resten volgt de gebruikte determinatieliteratuur. De naamgeving van de planten die het pollen, de sporen en de macroresten hebben geproduceerd, volgt de drieëntwintigste druk van de Heukels' Flora van Nederland.⁶ In de tekst worden de Nederlandse namen vermeld. De wetenschappelijke namen zijn te raadplegen in de bijlagen met de onderzoeksresultaten.

De verwachte standplaatsen van de wilde planten zijn bepaald met behulp van standaard ecologische naslagwerken.⁷

2.6 KWALITEITSBORGING EN ARCHIVERING

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de richtlijnen in de vigerende KNA, het protocol Specialistisch onderzoek (BRL 4006) en het interne kwaliteitshandboek van BIAx. Hiermee wordt tevens voldaan aan de eisen van de Code van Goede Praktijk.

De pollenbak en zeefresiduen zijn na analyse geretourneerd aan het Agentschap Onroerend Erfgoed. De pollenpreparaten zijn in verband met kwetsbaarheid opgeslagen in het archief van BIAx.

De onderzoeksgegevens zijn na twee jaar beschikbaar via www.biax.nl.

⁶ Van der Meijden 2005.

⁷ Lambinon *et al.* 1998; Weeda *et al.* 1985-1994; Tamis *et al.* 2004; Van der Meijden 2005.

3. Resultaten

3.1 OUDERDOM HUMEUZE LAAG

De resultaten van het daterend onderzoek zijn weergegeven in *bijlage 2*. De ^{14}C -datering suggereert dat de laag hoogstwaarschijnlijk in de periode 544-401 v.Chr. is gevormd.⁸ Hiermee zou de laag zich in de ijzertijd hebben gevormd. Echter, het palynologisch spectrum sluit niet aan bij een datering in de ijzertijd, zo blijkt uit een vergelijkend onderzoek met natuurwetenschappelijk onderzochte ijzertijdsporen in de regio. Een waterput uit de vroege tot midden-ijzertijd (755-414 v.Chr.) te Merksplas-Jaak Mertensstraat, een ijzertijdwaterkuil te Brecht-Veldstraat en een waterput uit de late ijzertijd (400-200 v.Chr.) te Brecht-Koningsstoel worden gekenmerkt door de gecombineerde aanwezigheid van pollen van diverse vegetatietypen, waaronder gemengde eikenbossen, graslanden en heide- en hoogveenmilieus (in wisselende verhoudingen).⁹ Bovendien bevatten ze indicatoren voor menselijke invloed. De humeuze laag van Herentals kent een compleet verschillende pollensamenstelling en bevat bovendien indicatoren van een koud klimaat.

Bovendien bevat de humeuze laag wortelfragmenten. Aangezien de laag zich relatief ondiep ten opzichte van het maaiveld, bevindt, is het aannemelijk dat er jonger koolstof in de laag is doorgedrongen. Dit, in combinatie met de afwijkende pollenspectra, maakt dat de ^{14}C -datering verworpen moet worden.¹⁰

Op basis van het pollenspectrum lijkt een datering in het Laat-Glaciaal, en meer specifiek in het Bølling-Allerød interstadiaal, het aannemelijkst.

3.2 LANDSCHAPSRECONSTRUCTIE

De resultaten van het palynologisch onderzoek en het macrorestenonderzoek zijn weergegeven in respectievelijk *bijlage 3* en *bijlage 4*.

3.2.1 Basis humeuze laag

3.2.1.1 *Regionale vegetatie*

De basis van de laag kenmerkt zich door zeer lage percentages boompollen. Maar liefst 80% van het pollen is geproduceerd door kruiden. De verhouding tussen het aandeel boompollen en kruidpollen is vaak indicatief voor de openheid van het landschap.¹¹ Immers, hoe bebooster een landschap, hoe meer boompollen er neer zal slaan. *Vice versa* zal het pollen van kruiden domineren in een landschap dat relatief open is. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er tijdens het begin van de vorming van de humeuze laag sprake was van een zeer open landschap, waarin de plantengemeenschappen grotendeels bestonden uit kruiden. Uit het

⁸ RICH-35101: 2403 ± 24 BP.

⁹ Merksplas-Jaak Mertensstraat: Verbruggen 2021a; Brecht-Veldstraat: Van der Meer 2016; Brecht-Koningsstoel: Van der Meer 2023.

¹⁰ De bulkdatering was niet op voorhand kansarm, aangezien de geobserveerde worteltjes ook van de toenmalige (bodenvormende) vegetatie afkomstig zouden kunnen zijn.

¹¹ Zie Groenman-van Waateringe 1986, 197; Svenning 2002, 135.

pollenspectrum van de basis van de laag blijkt dat grassen (28%), lintbloemige planten van de composietenfamilie (23%) en cypergrassen (17%) het best vertegenwoordigd zijn. Lintbloemige composieten zijn goed herkenbaar aan de typische gele bloeiwijzen.¹² Deze groep planten worden door insecten bestoven (en kennen zelfbestuiving). Dit houdt in de bestuiving zeer efficiënt verloopt: het pollen wordt direct van de ene naar de andere bloeiwijze gebracht, waardoor insectenbestuivers, in tegenstelling door planten die door de wind worden bestoven, niet veel pollen hoeven te produceren om tot een succesvolle bevruchting te komen. Het feit dat ongeveer een kwart van al het pollen afkomstig is van lintbloemige composieten, duidt er zonder meer op dat deze planten lokaal voorkwamen. Lintbloemige composieten komen voornamelijk voor in open, zonnige plekken.¹³ Het spectrum duidt op een open vegetatie die zich het best laat omschrijven als een toendra-achtige vegetatie, aangezien ook diverse koude-tolerante soorten in het landschap aanwezig waren. Een voorbeeld hiervan is IJslandse dennenwolfsklauw (zie *figuur 2*), die met 3% bijzonder goed vertegenwoordigd is.



Figuur 2 In de basis van humeuze laag van Herentals-Langendonk zijn sporen van IJslandse dennenwolfsklauw veelvoorkomend (© Saxifraga – Jeroen Willemsen).

Op basis van het hedendaagse verspreidingsgebied is vastgesteld dat IJslandse dennenwolfsklauw voorkomt op plekken met een minimumtemperatuur in de maand juli van 7-17 °C, met een optimum van tussen 10 en 14°C.¹⁴ Het is dan ook niet vreemd dat de soort vandaag de dag niet (meer) in onze contreien voorkomt. Wel is dit plantje met een enigszins mosachtig uiterlijk te vinden in het (sub)arctisch gebied, voornamelijk op vochtige plekken, bij voorkeur op kalkrijke

¹² Paardenbloem is waarschijnlijk de bekendste lintbloemige composiet.

¹³ Vandaag de dag hebben lintbloemige composieten hun zwaartepunt dan ook in graslanden en op akkers.

¹⁴ Kolstrup 1980, 219.

bodems. Voor de voorplanting van IJslandse dennenwolfsklauw is onder andere water vereist. Aangezien het een soort met een ondiep wortelsysteem is, moet er voor de verspreiding van deze soort dan ook ten minste een deel van het groeiseizoen sprake zijn van natte omstandigheden.¹⁵ IJslandse dennenwolfsklauw is niet zeer concurrentiekrachtig en komt om deze reden niet voor op plekken met een hoge, dichte vegetatie. Dit sluit goed aan bij een open, toendra-achtige vegetatie.

Een andere koude-indicator die aanwezig is in de basis van de humeuze laag, is Boreale jakobsbladder (zie *figuur 3*), die thans voorkomt in het arctisch gebied. Overige (vaak lichtminnende) kruiden die in het open landschap aanwezig waren, zijn onder andere alsem, maanvaren, ruit en planten van de anjer- en sterbladigenfamilie.



Figuur 3 Van Boreale jakobsbladder is pollen aangetroffen (links, de lengte van het fragment bedraagt 30 micrometer, © BIAx). De plant groeide ten tijde van de vorming van de humeuze laag in Herentals in de nabijheid (© J.A. de Raad).

Ca. 15% van het aanwezige pollen in de basis van de humeuze laag is afkomstig van berk. Het pollen is waarschijnlijk niet geproduceerd door bomen, maar zal grotendeels afkomstig zijn van dwergberk, een struikvormende soort die laag aan de grond blijft (zie *figuur 4*).

Ook wilg, die voor een insectenbestuiver met 3% goed vertegenwoordigd is, zal waarschijnlijk in struikvorm aanwezig zijn geweest in de omgeving. Er is dan ook waarschijnlijk sprake van een (dwerg)struiktoendra.

3.2.1.2 Lokale omstandigheden

De sporen van IJslandse dennenwolfsklauw duiden al op natte condities en de vondst van pollen van fonteinkruid en diverse resten van zoetwateralgen sluit hierop aan. *Pediastrum* en groenwieren van de Volvocaceae en Zygnemataceae familie duiden erop dat er sprake was van drassige tot natte omstandigheden (zie *figuur 5*), waardoor organisch materiaal niet afgebroken werd onder invloed van zuurstof, maar juist bewaard bleef.

¹⁵ Heidel & Handley 2006, 20.



Figuur 4 Dwergberk was waarschijnlijk alom te vinden in de toendra-vegetatie ten tijde van de vorming van de humeuze laag (© Hannes Grobe, AWI, CC-BY-SA-2.5).



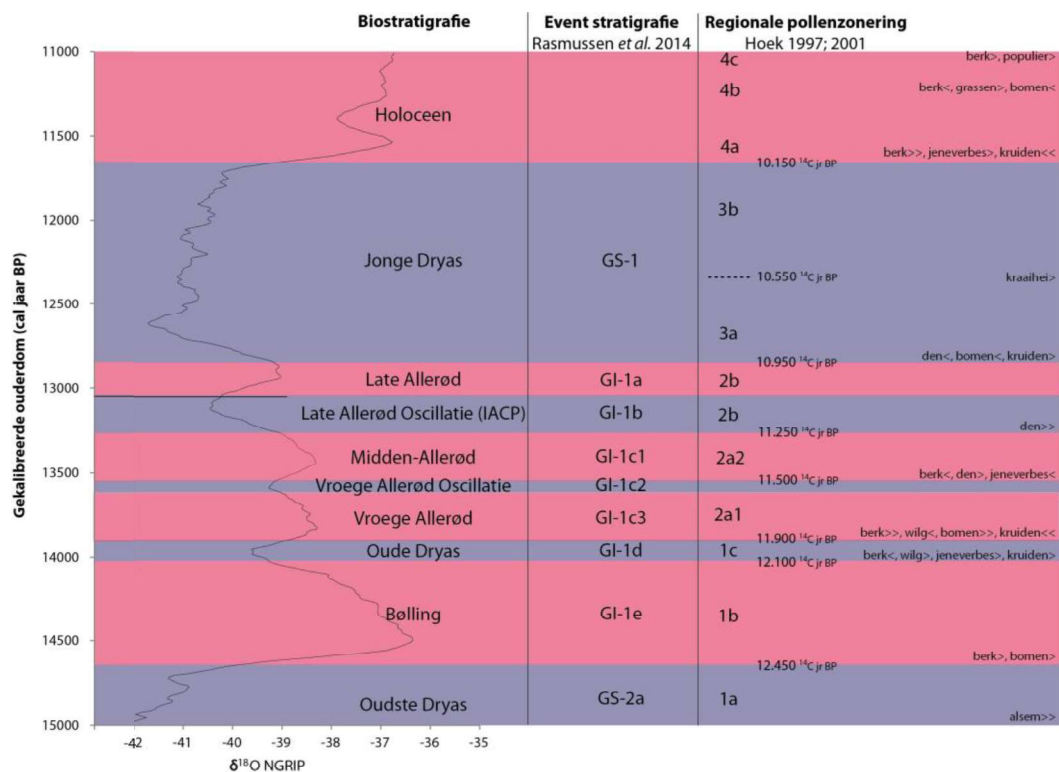
Figuur 5 In een open, toendra-achtig landschap dat gedomineerd werd door cypergrassen, grassen en dwergstruiken, zoals vandaag de dag het geval is op Groenland, kunnen drassige omstandigheden heersen (© J.A. de Raad & L.I. Kooistra).

3.2.1.3 Ouderdom

Om ondanks de niet-succesvolle ^{14}C -datering aan het bulkmateriaal toch inzicht te krijgen in de ouderdom van de basis van de humeuze laag, kan het pollenspectrum het best worden vergeleken met die van andere Laat-Glaciële profielen in de omgeving. Uit een (extra)regionale vergelijking, met onder andere uitvoerig onderzochte sequenties uit de Moervaartdepressie, blijkt dat een

ouderdom in het Bølling het aannemelijkst is. In deze periode is er in zandig Vlaanderen sprake van een (dwerg)struiktoendra.¹⁶ Het Bølling (ca. 14.600-14.000 jaar geleden) luidt het begin van het zogenaamde Bølling-Allerød interstadiaal in (Greenland Interstadial 1, of GI-1, zie *figuur 6*). Dit is de eerste warme periode na het Pleniglaciaal, een zeer koude periode aan het einde van het Weichselien (de ijstijd vóór het huidige tijdvak, het Holocene). Dit interstadiaal wordt gekenmerkt door een afwisseling van relatief warme en koude perioden. Het Bølling (GI-1e) is de eerste relatief warmere periode. Door het afsmelten van de toplaag van de permafrost in de bodem kon water zich ophopen in depressies en andere landschappelijke laagten, waarin zich organogene lagen, zoals veen, konden vormen.

Een andere mogelijkheid die niet geheel uitgesloten kan worden, is dat de basis van de organische laag zijn oorsprong vindt in de Jonge Dryas (GS-1, 12.800-11.700 jaar geleden), de laatste oude periode van het Laat-Glaciaal. Ook gedurende deze periode was er in het noorden van België sprake van open vegetatie, met name in de eerste helft van de Jonge Dryas.¹⁷ Echter, pollen van hei-achtigen, die vaak kenmerkend is voor een ouderdom in de tweede helft van de Jonge Dryas zijn in de onderzochte laag niet aanwezig.



Figuur 6 Stabiele zuurstofisotopencurve van de Groenlandse ijskern NGRIP, met daarin aangegeven relatief koude en warme fasen en hun relatie met de *event* stratigrafie van Rasmussen *et al.* 2014 en de regionale biozonering van Hoek 1997; 2001 (© BIAx).

¹⁶ Zie Verbruggen 2021b; 43; Bos *et al.* 2017, 34; Bos *et al.* 2018a, 5. Nabijgelegen sites zoals de veensequenties die zijn aangetroffen in Landschap De Liereman bevatten voor zover bekend geen lagen uit het Bølling.

¹⁷ Bos *et al.* 2018b.

3.2.2 Top humeuze laag

3.2.2.1 *Regionale vegetatie*

Ten opzichte van de basis van de humeuze laag zijn er duidelijk veranderingen in de regionale en lokale vegetatie opgetreden. Zo is het aandeel berk sterk toegenomen naar de top. Bijna twee derde van het aanwezige pollen is door berk geproduceerd! Hoewel niet precies bekend is welk aandeel boomberken en dwergberk hebben, duiden zulke percentages op de aanwezigheid van berkenbossen in de omgeving. Naast berk zijn ook cypergrassen (18%), grassen (10%) en den (5%) goed vertegenwoordigd in de top van de onderzochte laag. De berkenbossen hadden dan ook een open karakter (zie *figuur 7*).



Figuur 7 Ten tijde van de vorming van de top van het humeuze laag van Herentals-Langendonk was er sprake van open berkenbossen in de wijde omgeving (© Lukas Beck, CC-BY 4.0).

Op de open plekken in het landschap kwamen nog altijd diverse kruiden voor, waaronder Boreale jakobs ladder, ruit, alsem, sterbladigen, schermbloemigen, anjerachtigen en composieten (waarbij pollen van lintbloemige composieten slechts sporadisch aanwezig is in de top van de onderzochte laag). Ook is pollen aangetroffen van het grote klaproos-type. Vandaag kennen we klaproos met name uit akkervegetaties, maar in het verleden kwam klaproos ook voor in Laat-Glaciële vegetaties in Vlaanderen (zie *figuur 8*).

3.2.2.2 *Lokale omstandigheden*

Er was nog altijd sprake van drassige omstandigheden op de plek waar de humeuze laag zich vormde. Wel kan een afname van het aandeel resten van zoetwateralgen en de afwezigheid van pollen van waterplanten erop duiden dat het lokaal minder nat was dan wanneer de laag zich begon te vormen.



Figuur 8 Ook in het laat-Glaciaal kwam klaproos in Nederland en Vlaanderen voor. Het betreft dan waarschijnlijk niet de planten met oranje-rode bloeiwijzen die we vandaag de dag veelal op akkers zien, maar soorten met gele bloeiwijzen zoals deze Laplandse klaproos op Groenland (© J.A. de Raad).

3.2.2.3 *Ouderdom*

Dergelijke hoge percentages berkenpollen zijn niet vreemd in Laat-Glaciële afzettingen. Berk was namelijk van de eerste struik-/boomsoorten die het landschap koloniseerden naar gelang het warmer werd gedurende het Bølling-Allerød interstadiaal. Na het Bølling was er sprake van een kortdurende periode met een kouder klimaat (Oude Dryas, GI-1d), waarna een langere periode van opwarming aanving, het Allerød (GI-1c, -b en -a, ca. 13.900-12.800 jaar geleden).¹⁸ Als gevolg van veranderingen in klimaat, bodemgesteldheid en waterhuishouding, is er sprake van verschuivingen in de samenstelling van de vegetatie, waarbij diverse bomen op een kenmerkende volgorde zich noord(west)waarts migreerden vanuit hun refugia. Immers, plantensoorten kennen grote verschillen in onder andere migratiesnelheid, concurrentiebestendigheid en tolerantieniveau voor milieufactoren. Zo vormden koude-tolerante soorten zoals berk en den de eerste bomen die het landschap koloniseerden. Uit diverse paleoecologische onderzoeken is gebleken dat het Allerød een zogenaamde berkenfase kent, gevolgd door een dennenfase. Naar alle waarschijnlijkheid is de top van de humeuze laag gevormd tijdens deze berkenfase (GI-1c, ca. 13.900-13.260 jaar geleden). Dit impliceert echter dat er sprake is van een aanzienlijk hiaat in de laag. Het is goed denkbaar dat er tijdens de Oude Dryas geen sprake was van sedimentatie op ophoping van organisch materiaal, maar er zelfs mogelijk erosie is opgetreden.

¹⁸ Het Allerød was in klimatologisch (en daarmee ook vegetatiekundig) opzicht allerm minst stabiel en kende eveneens enkele warme en koelere fasen.

Een tweede mogelijkheid die hier genoemd moet worden, is dat de top van de laag niet in het Laat-Glaciaal, maar in het vroegste Holoceen dateert. Het begin van het Preboreaal, de eerste fase van het Holoceen wordt namelijk ook gekenmerkt door hoge percentages berkenpollen (de zogenaamde Friesland fase).¹⁹ Echter, jeneverbes is in deze fase vaak duidelijk zichtbaar in pollenspectra in gebieden met een zandige ondergrond. Hoewel de ondergrond in Herentals bestaat uit zand, is er geen stuifmeel van jeneverbes aangetroffen in de top van de laag.

4. Conclusies

Het paleoecologisch onderzoek van de humeuze laag die is aangetroffen te Herentals-Langendonk is naar alle waarschijnlijkheid gevormd in het Laat-Glaciaal. De basis van de laag dateert vermoedelijk in het Bølling (ca. 14.600-14.000 jaar geleden). Hoewel minder waarschijnlijk, kan een datering in de Jonge Dryas (ca. 12.800-11.700) niet geheel uitgesloten worden. De vegetatie kenmerkte zich gedurende de vorming van de basis van de humeuze laag als een open (dwerg)struiktoendra bestaande uit grassen, cypergrassen en dwergberk en tal van andere koude-tolerante soorten. Het pollenbeeld uit de top van de onderzochte laag wijst op een ouderdom in de eerste helft van het Allerød (ca. 13.900-12.800 jaar geleden), in een tijd dat het landschap begroeid was met open berkenbossen. Een vergelijkbaar beeld met veel berk is gekend voor de Friesland fase van het Preboreaal, de vroegste fase van het huidige tijdvak, het Holoceen, waardoor een datering in deze periode niet geheel uitgesloten is.

5. Literatuur

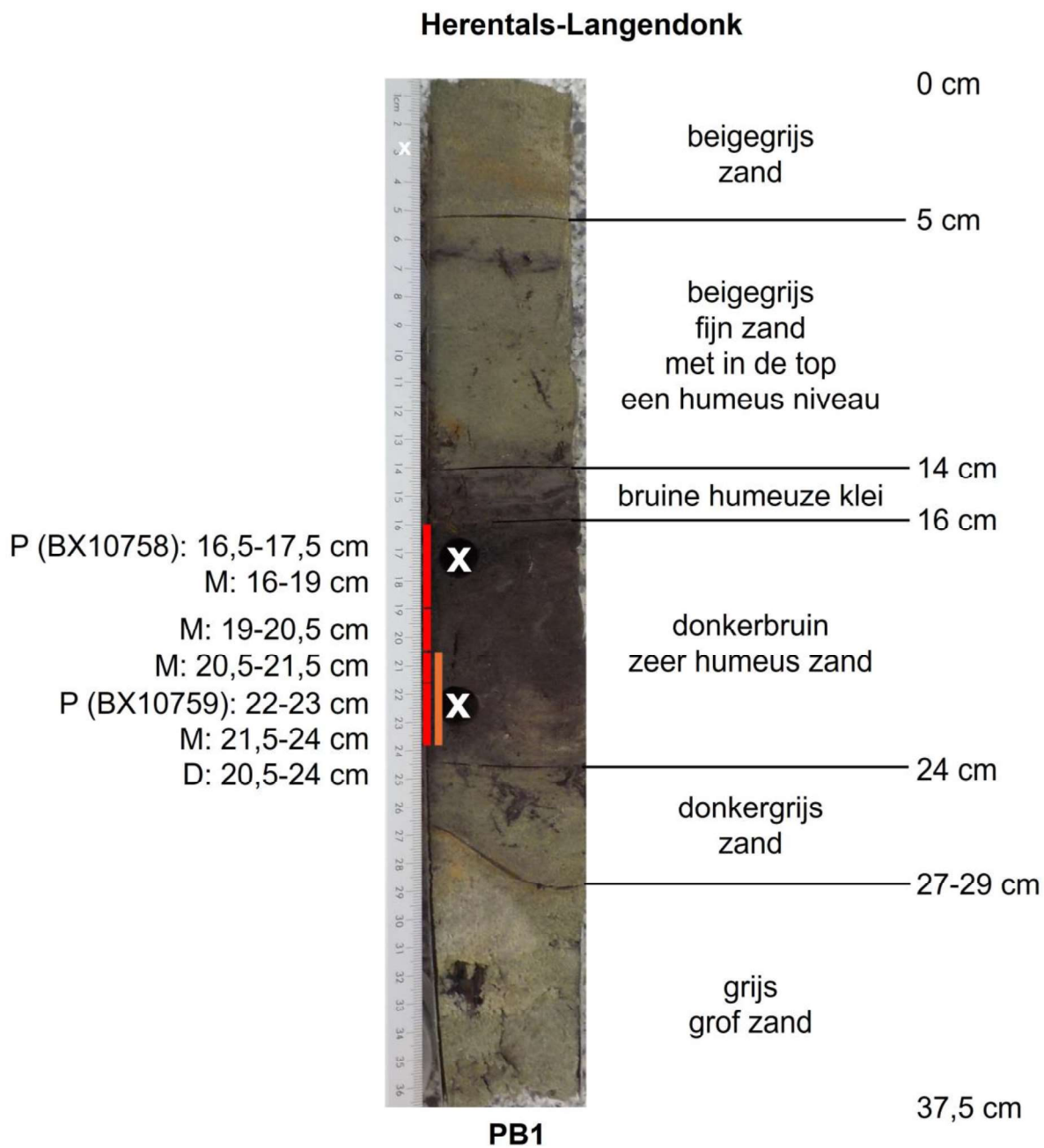
- Anderberg, A.-L., 1994: *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species, Part 4: Resedaceae-Umbelliferae*, Stockholm.
- Berggren, G., 1969: *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species, Part 2: Cyperaceae*, Stockholm.
- Berggren, G., 1981: *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species, Part 3: Salicaceae-Cruciferae*, Stockholm.
- Beug, H.-J., 2004: *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, München.
- Bos, J.A.A., Ph. De Smedt, H. Demiddele, W.Z. Hoek, R. Langohr, V. Marcelino, N. van Asch, D. Van Damme, T. Van der Meeren, J. Verniers, P. Boeckx, M. Boudin, M. Court-Picon, P. Finke, V. Gelorini, S. Gobert, O. Heiri, K. Martens, F. Mostaert, L. Serbruyns, M. Van Strydonck & Ph. Crombé 2017: Multiple oscillations during the Lateglacial as recorded in a multi-proxy, high-

¹⁹ Zie Bos *et al.* 2018b.

- resolution record of the Moervaart palaeolake (NW Belgium), *Quaternary Science Reviews* 162, 26-41.
- Bos, J.A.A., Ph. De Smedt, H. Demiddele, W.Z. Hoek, R. Langohr, V. Marcelino, N. van Asch, D. Van Damme, T. Van der Meeren, J. Verniers & Ph. Crombé 2018a: 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.
- Bos, J.A.A., V. Gelorini, T. Van der Meeren, J. Peleman, M. Court-Picon, H. Demiddele, Ph. De Smedt, M. Boudin, J. Verniers, P. Boeckx & Ph. Crombé 2018b: The Younger Dryas and Preboreal landscape in the Moervaart area (northwestern Belgium) and the apparent decrease in human occupation, *Vegetation History and Archaeobotany* 27, 697-715.
- Cappers, R.T.J., R.M. Bekker & J.E.A. Jans 2006: *Digitale zadenatlas van Nederland*, Groningen.
- Erdtman, G., 1960: The Acetolysis Method, *Svensk Botanisk Tidskrift* 54, 561-564.
- Fægri, K., P.E. Kaland & K. Krzywinski 1989: *Textbook of Pollen Analysis*, Chichester (4^e editie.).
- Geel, B. van, 1976: *A Palaeoecological Study of Holocene Peat Bog Sections, based on the Analysis of Pollen, Spores and Macro- and Microscopic Remains of Fungi, Algae, Cormophytes and Animals*, Amsterdam (Proefschrift Universiteit van Amsterdam).
- Groenman-van Waateringe, W., 1986: Grazing Possibilities in the Neolithic of the Netherlands based on Palynological Data, in: K.-E. Behre (red.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*, Rotterdam, 187-202.
- Heidel, B., & J. Handley 2006: *Selaginella selaginoides (L.) Beauv. ex Mart. & Schrank (club spikemoss): A Technical Conservation Assessment*, Laramie (Rapport USDA Forest Service, Rocky Mountain Region).
- 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.
- Hoek, W.Z., 2001: Vegetation response to the ~14.7 and ~11.5 ka cal. BP climate transitions: is vegetation lagging climate? *Global and Planetary Change* 30, 103-115.
- Hoeve, M.L. van, & M. Hendrikse, 1998: *A Study of Non-Pollen Objects in Pollen Slides*, Utrecht (ongepubliceerd).
- Kolstrup, E., 1980: Climate and Stratigraphy in Northwestern Europe between 30,000 B.P. and 13,000 B.P., with special reference to The Netherlands, *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst* 32-15.181-253.
- Konert, M., 2002: *Pollen Preparation Method*, Amsterdam (Intern Rapport Vrije Universiteit).

- Körber-Grohne, U., 1964: *Bestimmungsschlüssel für subfossile Juncus-Samen und Gramineen-Früchte*, Hildesheim.
- Körber-Grohne, U., 1991: Bestimmungsschlüssel für subfossile Gramineen-Früchte, *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 18.
- Lambinon, J., J.-E. De Langhe, L. Delvosalle & J. Duvigneaud 1998: *Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden (Pteridofyten en Spermatofyten)*, Meise.
- Meer, W. van der, 2016: *Archeobotanisch onderzoek van pollen, macroresten en houtskool van sporen uit de ijzertijd op de vindplaats Brecht-Veldstraat, Zaandam* (BIAXiaal 916).
- Meer, W. van der, 2023: *Onderzoek van palynologisch materiaal en botanische macroresten in een waterput uit de midden-ijzertijd te Brecht-Koningsstoel, Zaandam* (BIAXiaal 1615).
- Meijden, R. van der, 2005: *Heukels' Flora van Nederland*, Groningen etc.
- Moore, P.D., J.A. Webb & M.E. Collinson 1991: *Pollen Analysis*, Oxford.
- Punt, W. et al., (red.) 1976-2009: *The Northwest European Pollen Flora I t/m IX*, Amsterdam.
- Rasmussen, S.O., M. Bigler, S.P. Blockley, T. Blunier, S.L. Buchardt, H.B. Clausen, I. Cvijanovic, D. Dahl-Jensen, S.J. Johnsen, H. Fischer, V. Gkinis, M. Guillevic, W.Z. Hoek, J.J. Lowe, J.B. Pedro, T. Popp, I.G. Seierstad, J.P. Steffensen, A.M. Svensson, P. Vallelonga, B.M. Vinther, M.J.C. Walker, J.J. Wheatley & M. Winstrup 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.
- Stockmarr, J., 1971: Tablets with Spores used in Absolute Pollen Analysis, *Pollen et Spores* 14(4), 615-621.
- Svenning, J.C., 2002: A review of vegetation openness in north-western Europe, *Biological Conservation* 104, 133-148.
- Tamis, W.L.M., R. van der Meijden, J. Runhaar, R.M. Bekker, W.A. Ozinga, B. Odé & I. Hoste 2004: Standaardlijst van de Nederlandse flora 2003, *Gorteria* 30-4/5, 101-195.
- Verbruggen, F., 2021a: *Pollen- en macrorestenonderzoek van een ijzertijdwaterput en bovenliggende veenlagen te Merksplas-Jaak Mertensstraat, Zaandam* (BIAXiaal 1432).
- Verbruggen, F., 2021b: *Paleoecologisch onderzoek aan een laat-Glaciaal profiel te Moerbeke-Terweststraat, Zaandam* (BIAXiaal 1359).
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1985-1994: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 1 t/m 5*, Deventer.

Bijlage 1 Herentals-Langendonk, locatie palynologische stalen (witte kruisen), macrorestenstalen (rode lijnen) en staal in functie van het daterend onderzoek (oranje lijn) in pollenbak PB1. Verklaring: P = palynologisch staal, M = macrorestenstaal, D = bulk ¹⁴C-staal (© BIAAX).



Bijlage 2 Herentals-Langendonk, resultaten van het daterend ¹⁴C-onderzoek. De dateringen zijn gekalibreerd door middel van OxCal 4.2.3 met de IntCal13 kalibratiecurve (betrouwbaarheidsinterval: 2-sigma = 95,4%)
Verklaring: BP = *before present* (1950 n.Chr.).

staal	context	diepte in profielbak	geselecteerd materiaal	gewicht	labcode	¹⁴ C-datering (¹⁴ C-jaar BP)	gekalibreerd (kalend.)
PB1	basis humeuze laag	20,5-24 cm	bulk	6,5 g	RICH-35101	2403 ± 24 BP	720-708 662-653 544-401

Bijlage 3 Herentals-Langendonk, resultaten van het pollenonderzoek, uitgedrukt in percentages (%) ten opzichte van de totaalpollensom. De codering die achter het pollentype vermeld staat, geeft aan welke determinatieliteratuur is gebruikt voor de naamgeving (B = Beug 2004; M = Moore *et al.* 1991, P = Punt *et al.* 1976-2009).
Verklaring: LG = Laat-Glaciaal. = afwezig, + = zeldzaam (aanwezig buiten de telling), +++ = talrijk, ++++ = zeer talrijk.

staal context datering labcode (BX) diepte in pollenbak (cm) absoluut (N) / relatief (%)	PB1 laag LG? 10758 16,5-17,5 N	%	PB1 laag LG? 10759 22-23 N	%	
Totalen per groep					
Bomen en struiken	484	67,4	127	20,0	
Graslandplanten	82	11,4	338	53,3	
Algemene kruiden	17	2,4	60	9,5	
Hoogveenplanten	1	0,1	.	.	
Moeras- en oeverplanten	134	18,7	108	17,0	
Waterplanten	.	.	1	0,2	
Som boompollen	484	67,4	127	20,0	
Som niet-boompollen	234	32,6	507	80,0	
Getelde pollensom	718	718	634	634	
Pollenconcentratie (*1000 korrels/ml)	231	231	20	20	
Bomen en struiken					
Berk	447	62,3	92	14,5	Betula (B)
Den	33	4,6	17	2,7	Pinus (B)
Els	1	0,1	.	.	Alnus (B)
Hazelaar?	.	.	1	0,2	cf. Corylus (B)
Wilg	3	0,4	17	2,7	Salix (B)
Graslandplanten					
Addertong	+	+	1	0,2	Ophioglossum vulgatum (M)
Blauwe knoop	+	+	.	.	Succisa pratensis (P)
Composietenfamilie lintbloemig	1	0,1	146	23,0	Asteraceae liguliflorae
Ganzerik-type	1	0,1	.	.	Potentilla-type (B)
Grassenfamilie	69	9,6	176	27,8	Poaceae (B)
Sterbladigenfamilie	11	1,5	15	2,4	Rubiaceae (B)
Weegbree	+	+	.	.	Plantago
Algemene kruiden					
Alsem	5	0,7	10	1,6	Artemisia (B)
Anjerfamilie	2	0,3	9	1,4	Caryophyllaceae (B)
Composietenfamilie buisbloemig	3	0,4	5	0,8	Asteraceae tubuliflorae
Ephedra fragilis-type (B)	1	0,1	.	.	Ephedra fragilis-type (B)
Grote klaproos-type	1	0,1	.	.	Papaver rhoeas-type (B)
IJslandse dennenwolfsklauw	.	.	17	2,7	Selaginella selaginoides (M)
Boreale jakobs ladder	+	+	1	0,2	Polemonium boreale (B)
Kaardenbolfamilie	+	+	.	.	Dipsacaceae
Kamille-type	1	0,1	2	0,3	Matricaria-type (B)
Maanvaren	1	0,1	3	0,5	Botrychium lunaria (M)
Rozenfamilie	.	.	2	0,3	Rosaceae
Ruit	3	0,4	10	1,6	Thalictrum (B)
Schermbloemenfamilie	+	+	1	0,2	Apiaceae (B)
Hoogveenplanten					
Veenmos	1	0,1	.	.	Sphagnum (M)
Moeras- en oeverplanten					
Cypergrassenfamilie	129	18,0	108	17,0	Cyperaceae (B)
Grote en Blonde egelskop-type	1	0,1	.	.	Sparganium erectum-type (P)

staal context datering labcode (BX) diepte in pollenbak (cm) absoluut (N) / relatief (%)	PB1 laag LG? 10758 16,5-17,5 N	%	PB1 laag LG? 10759 22-23 N	%	
Niervaren-type	1	0,1	.	.	Dryopteris-type (M)
Paardenstaart?	.	.	+	+	cf. Equisetum (M)
Spirea	2	0,3	.	.	Filipendula (B)
Waterdrieblad	1	0,1	.	.	Menyanthes trifoliata (B)
Waterplanten					
Fonteinkruid	.	.	1	0,2	Potamogeton
Algen					
Groenwier-genus Pediastrum	.	.	1	0,2	Pediastrum
Groenwier-familie Volvocaceae (T.128A)	9	1,3	23	3,6	Volvocaceae
Groenwier-familie Zygnemataceae	.	.	1	0,2	Zygnemataceae
Overige microfossielen					
Zeefplaat uit houtvat (T.114)	8	1,1	26	4,1	Zeefplaat uit houtvat
Rus, zaadfragment	+	+	.	.	Juncus
Verkoolde plantenresten	++++	++++	+++	+++	Verkoolde plantenresten
Indet	7	1,0	9	1,4	Indet

Bijlage 4 Herentals-Langendonk, resultaten van het botanische macrorestenonderzoek
 Verklaring: . = afwezig, + = sporadisch aanwezig, ++ = aanwezig, +++ = >100 resten.

staal context diepte in pollenbak (cm)	PB1 top	PB1 midden	PB1 midden	PB1 basis
	16-19	19-20,5	20,5-21,5	21,5-24
Wortelfragmenten	+++	+++	+++	+++
Glauconiet	+	+	++	++
Houtskool	.	.	.	+