

University of Groningen

Palynologisch onderzoek aan de pingo-ruïne FRCP (Burgum; gemeente Tytsjerksteradiel; provincie Friesland)

Talebi Seyyedsaran, Taravat; Raemaekers, Daan; Maurer, Arnoud; Cappers, Reinier

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2020

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Talebi Seyyedsaran, T., Raemaekers, D., Maurer, A., & Cappers, R. (2020). *Palynologisch onderzoek aan de pingo-ruïne FRCP (Burgum; gemeente Tytsjerksteradiel; provincie Friesland)*. (64 redactie) (Grondsporen; Nr. 64). Groninger Instituut voor Archeologie, Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Grondsporen 64

Palynologisch onderzoek aan de pingo-ruïne FRCP (Burgum; gemeente Tytsjerksteradiel; provincie Friesland)

T. Talebi Seyyedsaran
D.C.M. Raemaekers
A. Maurer
R.T.J. Cappers

Foto's en tekeningen: Groninger Instituut voor Archeologie (GIA), tenzij anders aangegeven.
© Grondsporen @, 2020. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd of verspreid zonder schriftelijke toestemming van de uitgevers.



Autorisatie: Prof.dr. D.C.M. Raemaekers

ISSN: @
Groninger Instituut voor Archeologie
Poststraat 6, 9712 ER Groningen, Nederland
Telefoonnummer: (+31 50) 363 6712, E-mail: GIA@rug.nl

Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Onderzoeksgeschiedenis	4
3. Materiaal en methoden	8
4. Resultaten en discussie	9
5. Conclusies	14
6. Literatuur	15

1. Inleiding

In opdracht van de provincie Fryslân heeft het Groninger Instituut voor Archeologie van de Rijksuniversiteit Groningen een palynologisch onderzoek uitgevoerd van een boorkern afkomstig uit de pingo-ruïne FRCP ten westen van Bergum in de gemeente Tytsjerksteradiel (provincie Fryslân). In dit rapport worden de resultaten van dit onderzoek besproken.

In de laatste ijstijd was de bodem in Noord-Nederland bevroren en ontstonden er honderden ijslenzen in de ondergrond. Door het aangroeien van ijs konden deze ijslenzen tot heuvels (pingo's) ontwikkelen. Na de ijstijd ontstonden zo relatief kleine en diepe meertjes (pingo-ruïnes), soms met een ringwal van sediment dat van de ijsheuvels was afgeschoven. In de meertjes kwam vegetatie tot ontwikkeling en langzaam groeiden de meertjes dicht. Tijdens deze sedimentatie kwam ook steeds stuifmeel (pollen) van de omliggende vegetatie in sedimentlagen terecht. Daarmee vormen de pingo-ruïnes een botanisch archief waarin vegetatieontwikkeling en menselijk ingrijpen in de vegetatie zijn vastgelegd. Door middel van stuifmeelonderzoek (palynologie) kan dit archief ontsloten worden.

In dit rapport wordt ingegaan op de vegetatieontwikkeling en menselijk ingrijpen in de vegetatie rondom de pingo-ruïne. De aandacht gaat hierbij uit naar de periode waarin de eerste boeren ingrepen in de natuurlijke bosvegetatie en vervolgens de periode waarin dit landschap vernatte als gevolg van de relatieve zeespiegelstijging.

Locatie Burgum, gemeente Tytsjerksteradiel, provincie Friesland
Coördinaten 194.635 / 578.353
Projectcode FRCP (pingo 4)

Tabel 1. Administratieve gegevens

2. Onderzoeksgeschiedenis

Bemonstering

In het tracé van De Centrale As is in 2007 een waarderend booronderzoek uitgevoerd door De Steekproef. Daarbij is een depressie onderzocht die zich ten zuidwesten van Burgum bevindt (figuur 1). Deze depressie is onderzocht op basis van twaalf boringen die gezet zijn in twee haaks op elkaar staande raaien (figuur 2). Op basis van de vorm en de aanwezigheid van een dikke veenlaag (met een maximale dikte van vier meter in het centrum), is geconcludeerd dat het om een pingo-ruïne moet gaan (Exaltus & De Neef, 2008).

In 2010 is aanvullend booronderzoek uitgevoerd om enerzijds precieze omvang, diepte en lithologie vast te stellen, en om anderzijds de kwaliteit van de pingo-ruïne nader te bepalen. Hierbij zijn 15 boringen gezet in twee elkaar kruisende raaien (figuur 2).

De pingoruïne heeft een ovale vorm met een maximale lengte van 140 m en een maximale breedte van 120 m. Het diepste punt ligt op ca. 5,15 m beneden maaiveld (4,55 m –NAP). Hoewel er geen resten van een ringwal zijn aangetroffen, geeft de opbouw van de sedimenten in de afzonderlijke boorkernen aan dat er daadwerkelijk sprake is van een pingoruïne en niet van een later ontstane depressie waarin veenvorming heeft plaatsgevonden (Verbers et al., 2018).

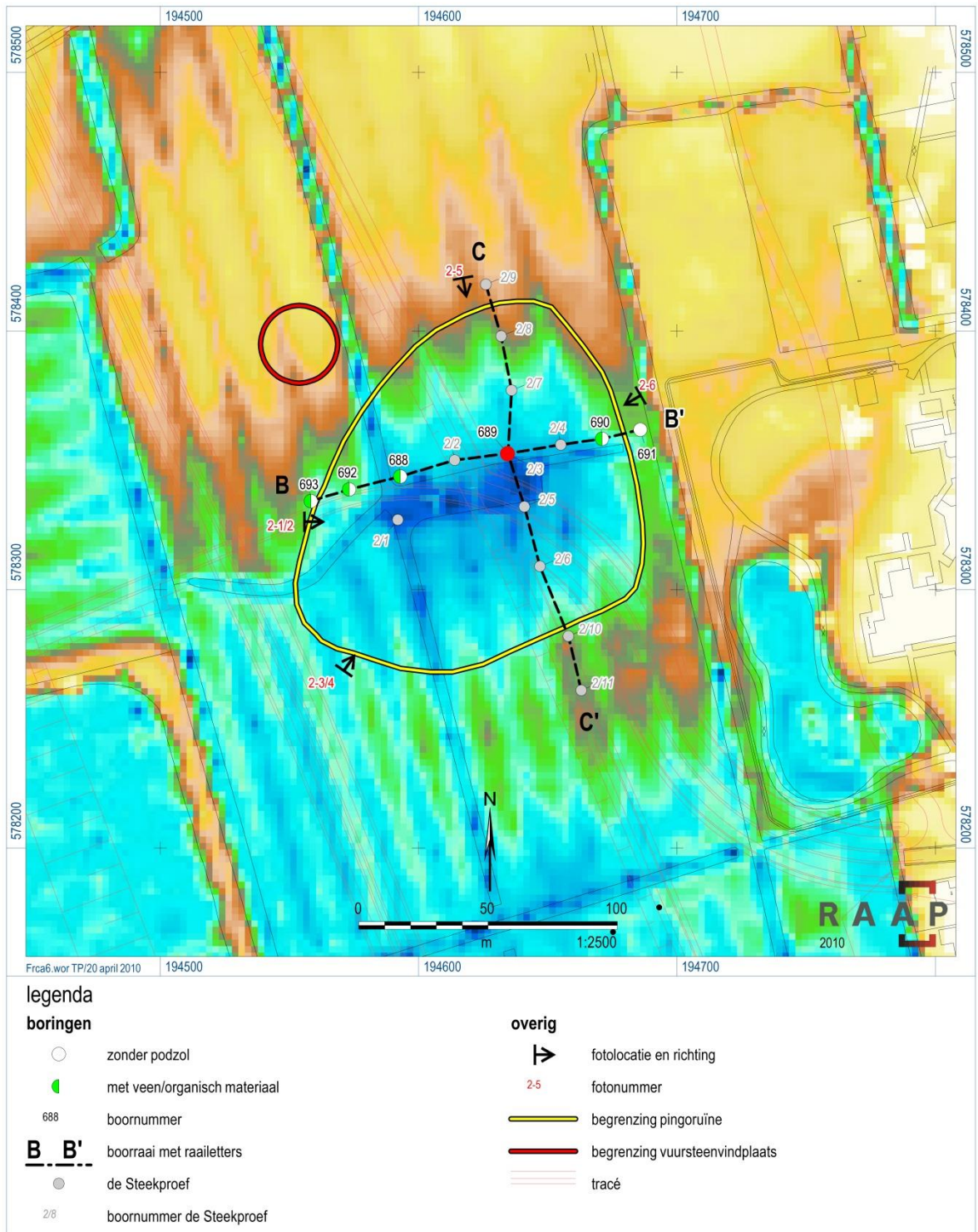
De boorkernen laten zien dat op het Pleistocene zand een afzetting van gyttja aanwezig is die naar boven toe rijk is aan detritus. Op de detritusrijke gyttja is een veenpakket aanwezig, waarvan de top aan de randen verploegd is (figuur 3). Hoewel in de nabijheid van de pingo-ruïne vuurstenen artefacten zijn aangetroffen, is in de boorkernen zelf geen vuursteen aangetroffen (Jans, 2015).

Op basis van dit aanvullend booronderzoek is de depressie geïnterpreteerd als een waardevolle pingo-ruïne. Er is aanbevolen om deze pingo-ruïne zo mogelijk te sparen door het tracé aan te passen en geadviseerd om, indien deze aanpassing niet te realiseren is, de pingo-ruïne te bemonsteren voor toekomstig palaeobotanisch onderzoek (Aaldersberg, 2010). Voor dit toekomstig onderzoek gaat speciale interesse uit naar de overgang van jagers/verzamelaars naar de eerste landbouw (5300/4900-2000 BC). Het gaat daarbij om de reconstructie van de vegetatiegeschiedenis met speciale aandacht voor de veranderingen in de vegetatie die het gevolg zijn van de ontwikkeling en uitbreiding van de vroege landbouw.

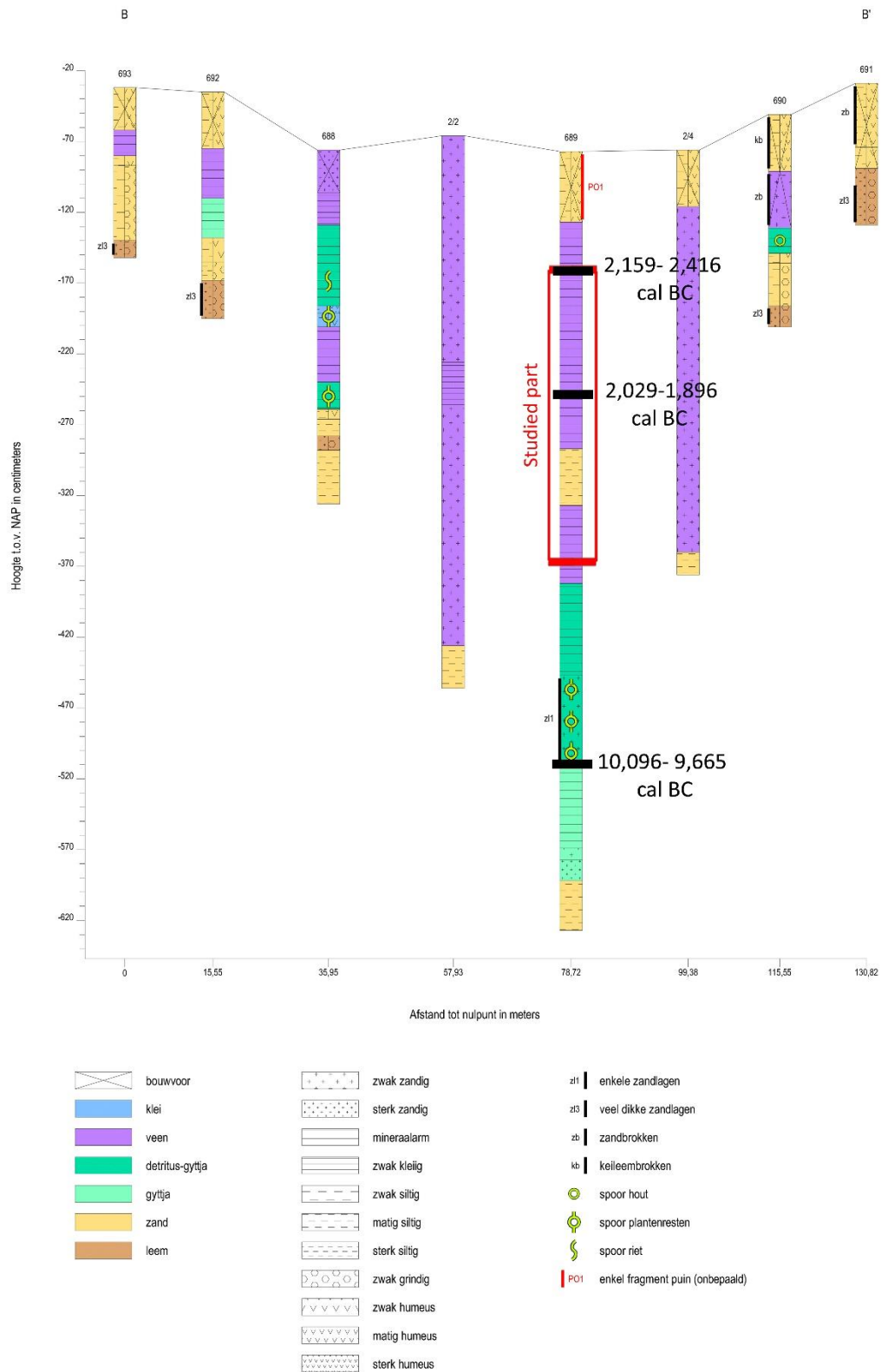
Omdat aanpassing van het tracé niet meer mogelijk bleek, is in 2013 aanvullend booronderzoek verricht om voldoende materiaal te verzamelen voor palaeobotanisch onderzoek. Daarvoor is met een combinatie van gutsboor (diameter 6 cm) en veenboor/vleugelboor (diameter 5 cm) de vulling bemonsterd in het centrum van de pingo-ruïne, op de locatie van de boringen 689 en 688 (Jans, 2015).



Figuur 1. *De ligging van de pingo-ruïne.*



Figuur 2. Hoogtekaart met daarbij aangegeven de locaties van boringen die gebruikt zijn voor waarderend onderzoek. De locatie van de boorkern voor het onderzoek waarover hier verslag wordt gedaan, is aangegeven met een rode stip (no. 689; naar Jans, 2015).



Figuur 3. De geologische opbouw van de boorkernen van de west-oost boorraai. Het onderzoek is verricht aan boring 689. Aangegeven zijn drie dateringen en het traject dat is bestudeerd (naar Aalbersberg 2010: fig. 5).

3. Materiaal en methode

Dateringsonderzoek

Uit boorkern 689 zijn op een diepte van 80-82 cm, 180-181 cm en 430-433 cm monsters genomen voor ¹⁴C-datering. Uit deze monsters zijn macroresten geïsoleerd van 1-jarige planten. De dateringen zijn uitgevoerd door het *Center for Isotope Research* (CIO) van de Rijksuniversiteit Groningen.

Palynologisch onderzoek en fysisch-chemisch onderzoek

Op basis van de uitkomsten van de ¹⁴C-dateringen (zie hieronder) is voor de eerste fase van het pollenonderzoek bemonsterd op een diepte van 80-281 cm. De verwachting is dat dit deel van de boorkern de overgang van jagen/verzamelen naar vroege landbouw vertegenwoordigt. Uit dit deel van de boring zijn 14 monsters genomen met een lengte van 1 cm (diameter 6 cm) met een interval van 10 cm. De lithologie van het bemonsterde deel van de boring is beschreven en de kleur is gebaseerd op de Mussell kleurkaart (tabel 3). De concentratie van de organische fractie is uitgevoerd door het *Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie* (Marseille, France). De monsters worden bewaard op het GIA.

Voor het bepalen van de pollenconcentratie is een exotische marker (Wolfsklauw sporen; *Lycopodium*) toegevoegd volgens de procedure van Stockmarr (1972) en (Faegri and Iversen (1989). De concentratie-waarden zijn in het pollendiagram gedeeld door 10.000.

Het pollenonderzoek is uitgevoerd op het GIA met een Leica DM200 Led microscoop met een standaardvergroting van 10 x 40. Indien nodig is bij een grotere vergroting gedetermineerd. Het gemiddeld aantal pollen dat per monster geteld is, bedraagt 1016 (min.: 413 op een diepte van 160 cm; max.: 1890 op een diepte van 110 cm). Voor controle op de determinaties is gebruik gemaakt van de vergelijkingscollectie van het GIA en de Northwest European Pollen Flora (Punt et al., 1976-2003).

In aanvulling op pollen is ook de aanwezigheid van verbrande plantenfragmenten gekwantificeerd. Daarbij zijn de plantenfragmenten in vier grootteklassen onderscheiden: (1) < 50 µm; (2) 50-100 µm; (3) 100-250 µm; (4); > 250 µm. De grootste fragmenten (> 250 µm) zijn gekwantificeerd met een stereomicroscoop en de kleinere fragmenten (< 250 µm) zijn gekwantificeerd met een doorvallend-licht microscoop.

Het pollendiagram is gemaakt met TILIA 1.7.16 software (Grimm, 2011). Water- en moerasplanten zijn buiten de pollensom gehouden. Pollen van wilde grassen (Poaceae) zijn wel in de pollensom opgenomen.

4. Resultaten en discussie

Chronologie en lithologie

De twee dateringen geven aan dat het sediment in pingoruïne FRCP zowel de laatste fase van het Pleistoceen vertegenwoordigt (in ieder geval vanaf de Allerød; Laat Glaciaal) als een groot deel van het Holoceen. Belangrijk is daarbij dat de volledige Middeleeuwen is vertegenwoordigd in een onverstoord sediment, een kwaliteit die niet vaak gewaarborgd is in pingoruïnes als gevolg van afgravingen en ploegen (figuur 3; tabel 2).

Het sediment van het bemonsterde deel van de pollenboring bestaat uit veen, waarvan de intensiteit varieert van zwart tot lichtbruin (tabel 3). In dit type sediment is in de regel organisch materiaal, inclusief pollen, goed geconserveerd. De wetenschappelijke waarde van deze pingoruïne wordt daarmee als 'heel waardevol' ingeschaald.

Diepte (cm)	Materiaal	GrA nr.	C ¹⁴ jr/BP	C ¹⁴ Cal. Yr. BC/AD	Overeenkomstige geologische periode	Archeologische periode
80-82	houtskoolbrokjes en -takjes (10 mg)	GrA582 41	3835 ± 35 BP	2458- 2416 cal BC 2411- 2199 cal BC 2159- 2154 cal BC	Subboreaal	Laat-Neolithicum
180-181	3 schorsfragmenten	GrM215 67	3607±26	2029-1896 cal BC	Subboreaal	Vroeg-Bronstijd
430-433	mostakjes, onverkoold (800 mg nat)	GrA582 42	10160 ± 50 BP	10096- 9665 cal BC	Laat Glaciaal (Late Dryas) / Preboreaal	Laat Paleolithicum / Vroeg-Mesolithicum

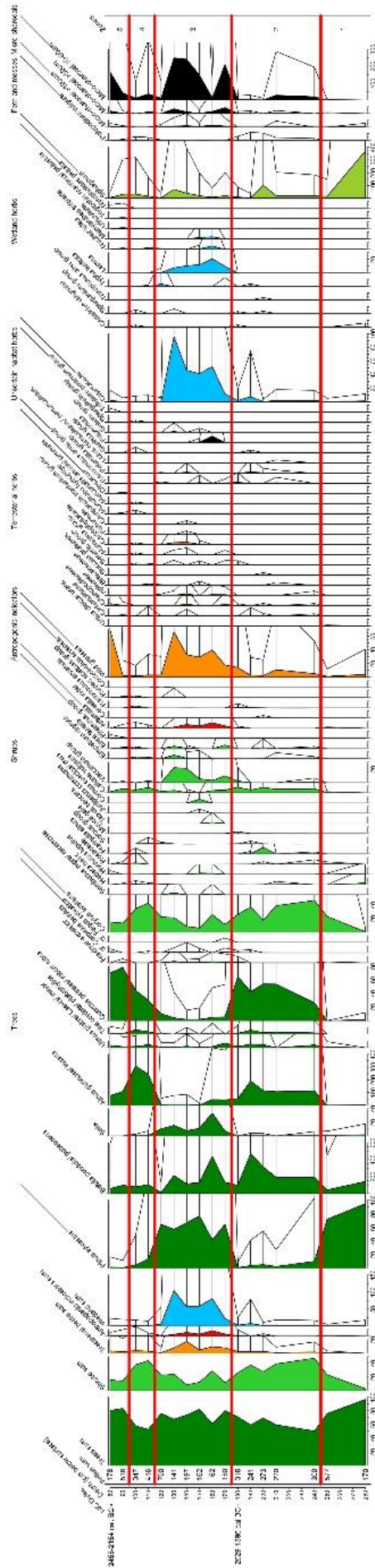
Tabel 2. De ¹⁴C-dateringen en de koppeling aan de geologische en archeologische periodisering.

Diepte (cm)	Beschrijving
80-125	Rood-zwarte gyttja
125-145	Donker roodbruine tot zwarte zandige gyttja
145-170	Zwarte gyttja met daarin enkele nat-geconserveerde plantaardige macroresten
175-185	Zwarte gyttja met een vezelige structuur
185-205	Donker bruinzwarte gyttja
205-215	Geelachtig donkerbruine gyttja
215-245	Zwarte gyttja
245-270	Donkerbruine-zwarte gyttja
270-281	Donkerbruin veen

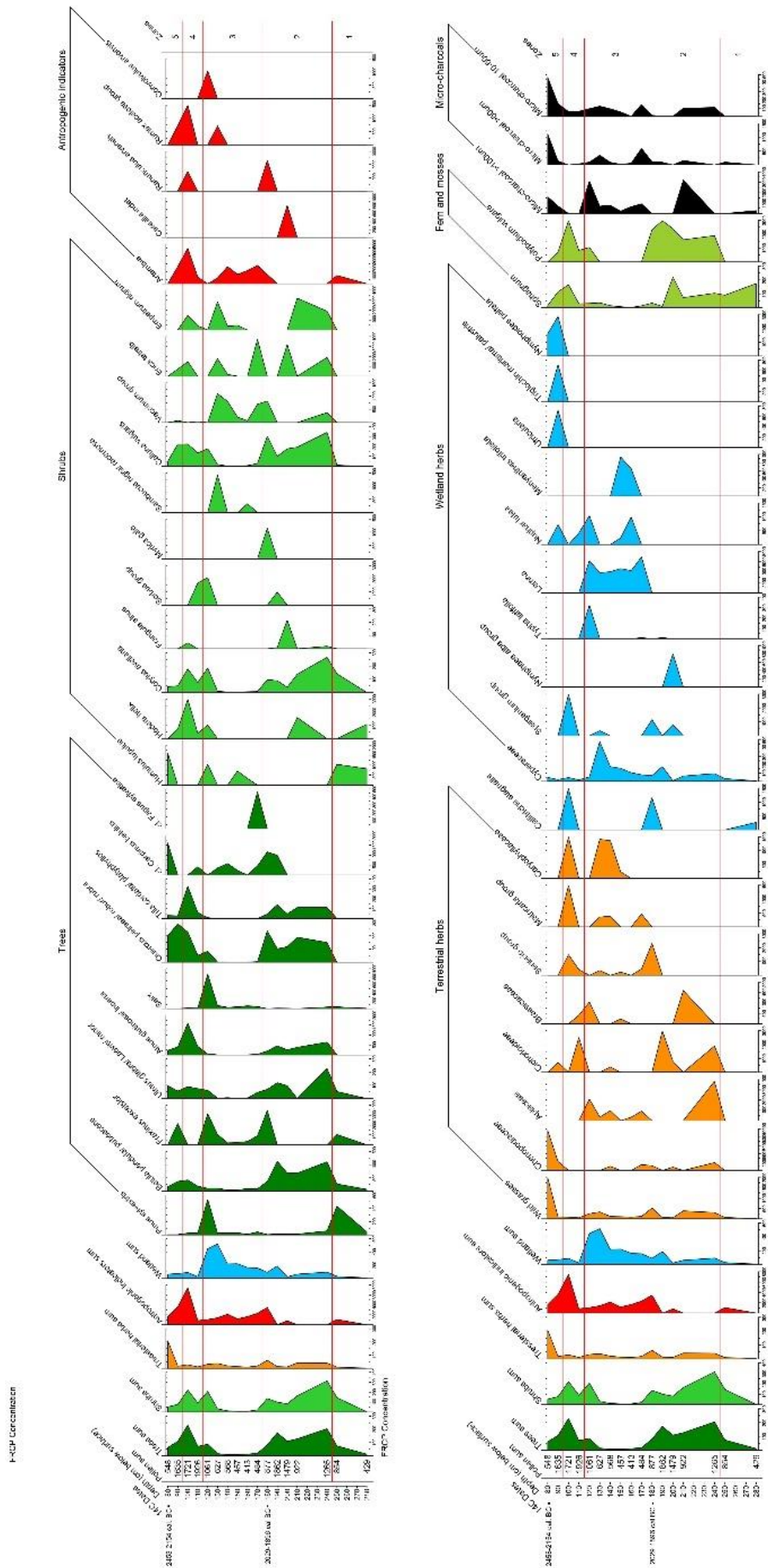
Tabel 3. Lithologie van het bemonsterde deel van de boring.

Pollenonderzoek

De concentratie en conservering van de pollen zijn goed, hetgeen te danken is aan het type sediment (veen) en de continu hoge grondwaterspiegel. Een vereenvoudigd pollendiagram is weergegeven in figuur 4 en 5.



Figuur 4. De vegetatiezonering op basis van de regionaal aanwezige taxa, weergegeven in een vereenvoudigd percentage-pollendiagram voor een diepte van 80-281 cm. Ter ondersteuning van de zonering is ook een afzonderlijke curve opgenomen voor bomen (trees), struiken (shrubs), kruidachtige planten (herbs), en water- en moerasplanten (aquatics). (Donker groen: bomen; licht groen: struiken; oranje: kruiden; blauw: water- en moerasplanten; zwart: verbrande plantenresten).



Figuur 5. De vegetatiezonering op basis van de regionaal aanwezige taxa, weergegeven in een vereenvoudigd concentratie-pollendiagram voor een diepte van 80-281 cm. Zie voor nadere toelichting: figuur 4.

De zonering op basis van de waterplanten en moerasplanten is weergegeven in een vereenvoudigd pollendiagram voor een diepte van 200-150 cm. Ter ondersteuning van de zonering is ook de curve voor de boompollen (AP) weergegeven en curven van kruiden die zowel regionaal als lokaal aanwezig kunnen zijn geweest (NAP). Alle concentratie-waarden zijn in het pollendiagram gedeeld door 100 of 100 (voor elk taxon gespecificeerd op de X-as). (groen: bomen [arboreal pollen = AP]; oranje: kruiden [non-arboreal pollen = NAP]).

Op basis van de analyse zijn vijf pollenzones onderscheiden: het Preboreaal en Boreaal (zone 1), het Atlanticum (zone 2) en het Subatlanticum (zones 3-5).

Pollenzone 1 (280-255 cm)

De hoge pollenwaarden van Den (*Pinus*) en Berk (*Betula*) wijzen op de aanwezigheid van een gemengd dennen-berkenbos in de omgeving van de pingoruïne gedurende het Preboreaal en Boreaal. Een dergelijk gemengd bos kennen we ook van andere locaties uit deze periode (Van Zeist, 1955). Het concentratiediagram geeft aan dat het aandeel van struiken en kruidachtige planten laag is, hetgeen indicatief is voor een vrij gesloten bos. Bijvoet (*Artemisia*) komt sporadisch voor en maakt deel uit van een vegetatie die nog niet door de mens is beïnvloed. Veenmos (*Sphagnum*) heeft relatief hoge waarden, hetgeen wijst op vrij veel sporulerend veenmos. In huidige vegetaties is sporulerend veenmos uiterst zeldzaam.

Pollenzone 2 (255-175 cm)

Deze pollenzone vertegenwoordigt het Atlanticum en is gekenmerkt door de vestiging van een aantal nieuwe bomen. Hoge pollenpercentages zijn aanwezig voor Els (*Alnus*), Eik (*Quercus*) en Hazelaar (*Corylus*). De uitbreiding van de Els wijst op een hoge grondwaterstand, die tot in het 'maaveld' aanwezig kan zijn. Deze hoge waterstand heeft tot gevolg dat de Den afneemt in de vegetatie. Het aandeel van pollen van de hazelaar is redelijk hoog (30-40%), hetgeen wijst op een vrij open bos. De bloei van de hazelaar wordt immers mogelijk gemaakt door een grote lichtintensiteit. Bomen die vertegenwoordigd zijn met lagere pollenpercentages betreffen Iep (*Ulmus*) en Linde (*Tilia*). Rekening houdend met het verschil in hoogte, dat zo'n 3 meter kan bedragen (zie figuur 2), zullen deze bomen vooral ten noorden van de pingoruïne gegroeid hebben.

In het bovenste deel van deze pollenzone is een enkele pollenkorrel van graan (*Cerealia*) aangetroffen. Secundaire antropogene pollenindicatoren betreffen Bijvoet (*Artemisia*) en Akkerboterbloem (*Ranunculus arvensis*).

Pollenzone 3 (175-115 cm)

Deze pollenzone vertegenwoordigt een natte fase uit het Subatlanticum waarin de vegetatie meer open is. De vegetatie op de hogere delen van het landschap was mogelijk zo open en droog dat ook erosie van het oppervlak optrad. Op een diepte van 125-145 cm heeft de gyttja een zandige samenstelling.

Kenmerkende bomen zijn de Haagbeuk (*Carpinus*), de Beuk (*Fagus*) en de Es (*Fraxinus*). Ook van de Wilg (*Salix*) is pollen aangetroffen en we hebben hier te maken met hoog groeiende bomen die gebonden zijn aan een hoge waterstand (Schaminee et al, 2010). De Wilg zal dan ook in de nabijheid van de pingoruïne gegroeid hebben.

De pollenpercentages van water- en moerasplanten nemen toe. Opvallend zijn hierbij de hoge waarden van Eendenkroos (*Lemna*), Lisdodde (*Typha*) en Cypergrassen (Cyperaceae), een plantenfamilie die in noordwest Europa vooral plantensoorten omvat die gebonden zijn aan hoge waterstanden. Het hoge pollenpercentage voor wilde grassen (Poaceae) is dus waarschijnlijk afkomstig van eveneens aan hoge waterstanden gebonden grassen, zoals Riet (*Phragmites*).

In deze pollenzone zijn ook verschillende geslachten van de Heidefamilie (Ericaceae) goed vertegenwoordigd: Kraaiheide (*Empetrum nigrum*), Dopheide (*Erica tetralix*), Struikheide (*Calluna vulgaris*) en Bosbes (*Vaccinium*).

Pollen van graan is in deze zone niet aangetroffen. Wel is pollen van een aantal secundaire antropogene pollenindicatoren aanwezig, waarbij met name de aanwezigheid van Bijvoet (*Artemisia*) opvalt. Hoewel Akkerboterbloem (*Ranunculus arvensis*) in deze zone niet is aangetroffen, is wel pollen aanwezig van Zuring (*Rumex acetosa*-groep) en Akkerwinde (*Convolvulus arvensis*).

Het aandeel van verbrande plantenresten in deze pollenzone hoog. Mogelijk betreft het hier branden van meer open vegetatie op enige afstand van de pingoruïne die gedomineerd is door struiken en kruiden.

Pollenzone 4 (115-95 cm)

Pollenzone 4 vertegenwoordigt het Subatlanticum. De boompollen van Els (*Alnus*), Eik (*Quercus*) en Hazelaar (*Corylus*) nemen toe. De Els zal vooral in de omgeving van de pingoruïne hebben gegroeid, terwijl Eik en Hazelaar een vrij open bos in de omgeving daarvan indiceren. De afname van water- en moerasplanten geeft aan dat de grondwaterstand minder hoog is als in periode die door pollenzone 3 wordt vertegenwoordigd. Ook het aandeel van verbrande plantenresten is relatief laag.

Pollenzone 5 (95-80 cm)

Pollenzone 5 vertegenwoordigt een recentere fase van het Subatlanticum, waarbij de samenstelling van het bos enigszins lijkt te verdichten. De pollenwaarde van de Eik (*Quercus*) neemt toe en die van de Hazelaar (*Corylus*) neemt af. Ook de pollenwaarde van de Els (*Alnus*) neemt af, hetgeen wijst op een verdroging.

5. Conclusies

De beschikbare ¹⁴C-dateringen wijzen op een lange vegetatiegeschiedenis. De ¹⁴C-datering uit het onderste deel van het sediment (10096- 9665 cal BC) komt overeen met het Laat Glaciaal en Preboreaal. De overgang tussen pollenzone 1 en 2 is echter vrij abrupt en het lijkt erop dat hier een deel van de vegetatieontwikkeling die het Boreaal vertegenwoordigt ontbreekt.

Een tweede complicatie betreft het afwijkende pollenbeeld in pollenzone 3 en de afwijkende ¹⁴C-datering op een diepte van 180 cm die de overgang tussen pollenzone 2 en 3 markeert. Mogelijk betreft pollenzone 3 een fase van het Atlanticum die is afgezet onder een oudere fase. Dit zou verklaard kunnen worden door aan te nemen dat het bovenste deel van de gevormde gyttja na uitdroging losgekomen is van de onderliggende natte gyttja en na opnieuw vernatting is gaan drijven. De randzone van de pingoruïne bestaat daarbij uit open water en pollenneerslag in deze randzone kan zich uiteindelijk afzetten onder de drijvende gyttja. De aannemelijkheid van deze interpretatie wordt ondersteund door het pollenbeeld van pollenzones 2, 4 en 5: deze lijken op elkaar aan te sluiten. Ook de te jonge ¹⁴C-datering kan hiermee verklaard worden.

De lokale water- en moerasplanten geven aan dat gedurende de gehele onderzochte periode – met uitzondering van de hierboven episode - beschreven oppervlaktewater aanwezig is in de pingoruïne. Omdat het water niet stroomt, kan veenmos aan de oppervlakte groeien. Pollen van de Waterlelie (*Nymphaea alba*-groep), aangetroffen in de pollenzone 2 (Atlanticum) geeft aan dat de pingoruïne zeker in het midden nog behoorlijk diep is geweest.

Aanwijzingen voor akkerbouw zijn aanwezig in het bovenste deel van pollenzone 2 en pollenzone 3. Het gaat daarbij om een enkele pollenkorrel van graan (*Cerealia*) en pollen van diverse secundaire antropogene pollenindicatoren. De aanwezigheid van akkerbouw wordt ook ondersteund door het open worden van de vegetatie: het aandeel van de boompollen neemt duidelijk af ten gunste van dat van de kruidachtige planten. Ook een lichtminnende boomsoort zoals de Hazelaar (*Corylus*) breidt zich uit in het landschap.

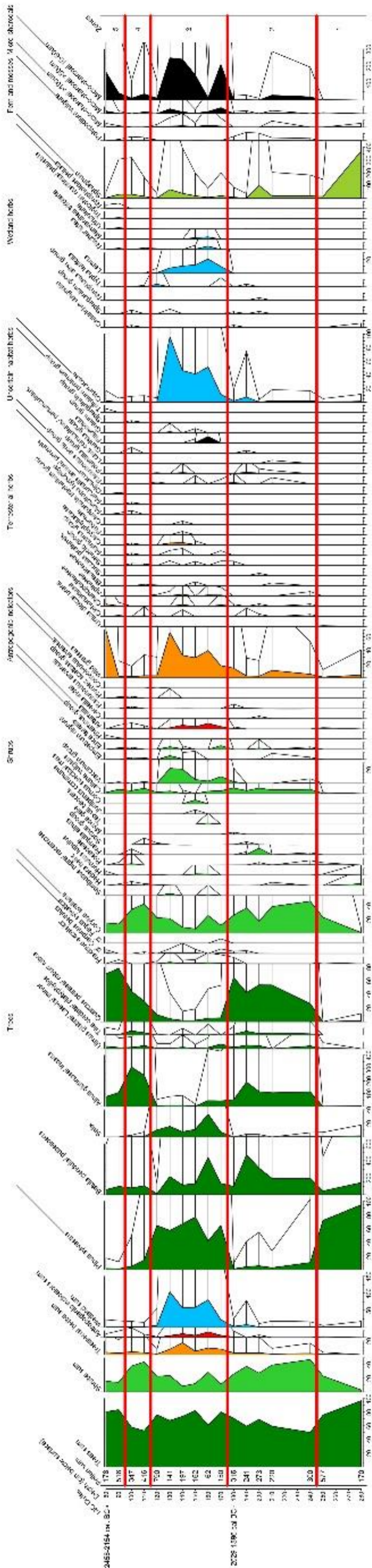
Een opvallende plant is de Akkerboterbloem (*Ranunculus arvensis*), waarvan pollen is aangetroffen op een diepte van 180 cm (bovenste deel pollenzone 2) en 100 cm (pollenzone 2). Pollen van deze boterbloemsoort is op soortniveau goed te onderscheiden (Bot & van der Spoel-Walvius, 1968). Het oostelijk areaal van de Akkerboterbloem bestrijkt het Middellandse Zeegebied en West- en Midden-Europa en is een plant die indicatief is voor ruderaal standplaatsen en onder andere groeit op zandige, meestal kalkhoudende klei (Weeda et al., 1985). De plant is in Nederland ingeburgerd voor 1500 AD (en is daarmee een archeofyt). De oudste subfossiele vondsten van vruchten dateert uit de 1050 AD (RADAR, 2012). Akkerboterbloem heeft zich in Nederland vooral gevestigd in akkers, maar is daar tegenwoordig nagenoeg uit verdwenen als gevolg van onkruidbeheer.

De analyse van verbrande plantenresten laat zien dat gedurende de gehele onderzochte periode sprake is van branden. Het gaat daarbij zowel om bosbranden als het afbranden van grasland, en met name heidevegetatie. Beide typen branden komen voor in het Laat Boreaal en Atlanticum. Branden nemen toe in de fase waarin akkerbouw aantoonbaar wordt op basis van pollen. Het ligt voor de hand om aan te nemen dat branden door de mens zijn veroorzaakt om zowel meer grasland te creëren dan wel om bestaand grasland te verjongen zodat planten met een hogere voedingswaarde en betere vertering beschikbaar komen. Dergelijk grasland kan zowel bedoeld zijn voor gedomesticeerde dieren als voor wilde dieren waarop gejaagd wordt. Het is ook mogelijk dat branden zijn toegepast om successie van grasland naar gesloten bos te stoppen. Dit zou een mix moeten opleveren van verbrande plantenresten van grasland en bomen. Ook kunnen bospercelen afgebrand zijn om meer akkerland beschikbaar te krijgen. Onderzoek naar de identificatie van de verbrande plantenresten uit het Subboreaal is nog niet afgerond.

Hoewel akkerbouw in de omgeving van de pingoruïne kan worden aangetoond, hebben we hier te maken met een meer recente fase. De overgang van laat Mesolithicum naar Neolithicum is niet herkenbaar.

6. Literatuur

- Aaldersberg, G. 2010.** Plangebied De Centrale As; gemeenten Dantumadeel en Tytsjerksteradiel: Archeologisch vooronderzoek in de deelgebieden 217 en 218 alsmede 9 potentiële pingoruïnes. *RAAP-rapport* 2093. RAAP Archeologisch Adviesbureau, Weesp.
- Bot, J. & M.R. van der Spoel-Walvius, 1968.** Description of *Ranunculus repens* L. and *Ranunculus arvensis* L. pollen. *Acta Botanica Neerlandica* 17 (3): 173-182.
- Exaltus, R. & W. de Neef, 2008.** De Centrale As: Noord en Midden, Tracé tussen Burgum en Dokkum (Fr.). Eem inventariserend Archeologisch Veldonderzoek. *Steekproefrapport* 2007-07/06. De Steekproef bv, Zuidhorn.
- Faegri K., Iversen J., 1989.** Textbook of pollen analysis, 4th edition (by Faegri K, Kaland P.E, Krzwinski K), John Wiley and Sons. Chichester. 328.
- Grimm, E.C., 2011.** Tilia ver. 1.7.16. Illinois State Museum.
- Jans, J.E.A. 2015.** Pingoruïnes Hillamaweg in Burgum. Gemeente Tytsjerksteradiel. Archeologisch onderzoek: bemonstering van een pingoruïne. *RAAP-notitie* 5114.
- Punt, W., et al., 1976-1988.** *The Northwest European Pollen Flora I-VIII*. Elsevier, Amsterdam vol. 1 (1976); vol. 2(1980); vol. 3 (1981); vol. 4 (1984); vol. 5 (1988).
- RADAR, 2012.** Relational Archaeobotanical Database for Advanced Research. RCE, Amersfoort
- Schaminee, J., sykora, K., smits, N., Horsthuis, M., 2010.** Plantengemeenschappen van Nederland. Veldgids 25. KNNV Uitgeverij: Zeist.
- Stockmarr, J., 1972.** Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen spores* 13: 615-621
- Verbers, A., B. Dijkstra & U. Vegter, 2018.** Pingoruïnes. Bijzondere landschapselementen vragen om bijzondere aandacht. *Het Nederlands Landschap. Tijdschrift voor landschapsgeschiedenis* 36: 58-63.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1985.** Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 1. Amsterdam, IVN.
- Zeist, W. van, 1995.** Pollen analytical investigations in the northern Netherlands with special reference to archaeology. *Acta botanica Neerlandica* 4(1): 81. 1-81.



Figuur 4. De vegetatiezonering op basis van de regionaal aanwezige taxa, weergegeven in een vereenvoudigd percentage-pollendiagram voor een diepte van 80-281 cm. Ter ondersteuning van de zonerings is ook een afzonderlijke curve opgenomen voor bomen (trees), struiken (shrubs), kruidachtige planten (herbs), en water- en moerasplanten (aquatics). (Donker groen: bomen; licht groen: struiken; oranje: kruiden; blauw: water- en moerasplanten; zwart: verbrande plantenresten).

