

Archeobotanisch onderzoek naar bemesting op de Oost-Nederlandse zandgronden (prehistorie-Middeleeuwen)



BIAXiaal

RAPPORTNUMMER

465

DATUM

DECEMBER 2010

AUTEUR

H. VAN HAASTER

Colofon

Titel:

BIAXiaal 465

Archeobotanisch onderzoek naar bemesting op de Oost-Nederlandse zandgronden
(prehistorie-Middeleeuwen)

Auteur:

H. van Haaster

Opdrachtgever:

BIAX Consult

ISSN: 1568-2285

©BIAX Consult, Zaandam, 2010

Correspondentie adres:

BIAX Consult

Hogendijk 134

1506 AL Zaandam

tel: 075 – 61 61 010

fax: 075 – 61 49 980

e-mail: haaster@biax.nl

1. Inleiding en probleemstelling

Het voorliggende onderzoek maakt deel uit van een synthetiserend onderzoek naar de lange-termijngeschiedenis van het Oost-Nederlandse dekzandlandschap (500 voor Chr.-1300 na Chr.).¹ Met Oost-Nederland wordt bedoeld op de pleistocene dekzandlandschappen die ruwweg de volgende regio's omvatten: de Liemers en Achterhoek in de provincie Gelderland, en Salland en Twente in de provincie Overijssel. Behalve uit Oost-Nederland zelf is (waar nodig) ook gebruik gemaakt van gegevens uit het Munsterland, de Veluwezoom, Gelderse Vallei en het dekzandlandschap van Zuid-Drenthe (zie *figuur 1*).



Figuur 1 Satelietfoto van Nederland met daarop aangegeven de globale ligging (rood kader) van het onderzoeksgebied (© Google Earth).

In de nederzettingsontwikkeling in het studiegebied is een afwisseling te herkennen van perioden met grotere plaatsvastheid van bewoning, samenhangend met intensiever landgebruik, en perioden met een geringere plaatsvastheid gekoppeld aan een minder intensief landgebruik. Zo was in de Midden-/Late-Bronstijd sprake van grote woonstalhuizen die vaak op dezelfde plek herbouwd zijn, en waarin ruimte was voor flinke stallen. Naar verwachting werden rond deze nederzettingen min of meer vaste

¹ Van der Velde 2011.

akkers ingericht die bemest werden. Hierna (Late-Bronstijd/begin Midden-IJzertijd) brak een periode aan met kleine huizen met nauwelijks stalgedeeltes. Er worden in de betreffend nederzettingen veel silokuilen gevonden. Dit is de periode van de urnenvelden en celtic fields. Binnen een akkersysteem verplaatsten de erven zich destijds over grotere afstanden. Vee werd mogelijk op de braakliggende akkers gehouden voor extensieve bemesting. Met de Midden/Late IJzertijd brak weer een periode aan met grote woonstalhuizen die zich slechts over korte afstand verplaatsten. Waarschijnlijk werden in deze tijd vaste akkers aangelegd waarop bemesting plaatsvond. Ook in de Romeinse tijd werden grote akkers aangelegd die mogelijk bemest werden. In de Vroege-Middeleeuwen werd de bewoning minder plaatsconstant, en het landgebruik minder intensief. In de Volle-Middeleeuwen was weer sprake van bevolkingsgroei, grotere plaatsvastheid van de bewoning en een hiermee samenhangende intensivering van het grondgebruik.

De vraag die aan het archeobotanisch onderzoek werd gesteld was na te gaan in hoeverre de perioden van intensiever landgebruik (met eventuele bemesting) te herkennen zijn in de botanische vondsten op de betreffende vindplaatsen.

2. Methodische uitgangspunten

Het onderzoek naar de omstandigheden op (pre)historische akkers, en de in het verleden toegepaste agrarische methoden en technieken vormt al decennialang een onderwerp van onderzoek binnen de archeobotanie. Hierbij kan gedacht worden aan onderzoek naar de ligging van de akkers, bemestingsystemen, oogstmethoden en vruchtwisseling. In het verleden zijn dit soort onderzoeken met meer of minder succes uitgevoerd.

Het aantonen van bemesting van (pre)historische akkers is relatief eenvoudig als de voormalige akkerbodems zélf beschikbaar zijn. Zo is uit analyses van subfossiele akkerbodems gebleken dat in de prehistorie onder andere bemesting met slootbagger en nederzettingsafval werd toegepast.² Ook dikke, humeuze akkerlagen (bijvoorbeeld esdekken) zijn een bewijs voor bemesting van akkerland in het verleden. In deze gevallen bevatte de meststof een minerale component waardoor de akkerlaag steeds dikker werd.

Bij veel archeologische opgravingen worden echter wel sporen van nederzettingen gevonden, maar niet van de bijbehorende akkers. In deze gevallen kan het onderzoek naar vroegere bemestingsystemen alleen op een indirecte manier plaatsvinden. Wat archeobotanisch onderzoek betreft, betekent dit dat het onderzoek moet plaatsvinden door analyse van op het nederzettingsterrein aangetroffen plantenresten c.q. resten van akkeronkruiden.

Bij archeobotanisch onderzoek naar vroegere milieuomstandigheden geldt als uitgangspunt het gegeven dat verschillende plantensoorten (lees: akkeronkruiden) verschillende voorkeuren hebben ten aanzien van abiotische standplaatsfactoren als vochtgehalte, stikstofgehalte, zuurgraad, temperatuur en zoutgehalte. Uit de samenstelling van een bepaalde akkeronkruidflora kan dus in principe informatie worden gehaald over bijvoorbeeld de voedselrijkdom van de akkerbodem en – als meerdere elkaar in de tijd opvolgende onkruidassemblages beschikbaar zijn – de veranderingen die zich daarin hebben voorgedaan.

Om dit onderzoek mogelijk te maken moet aan één belangrijke basisvoorwaarde worden voldaan: we moeten er zeker van zijn dat de resten van onkruiden die in een bepaalde archeologische context worden aangetroffen van de akkers afkomstig zijn. Helaas kan daar slechts in bijzondere gevallen absolute zekerheid over worden verkregen. Van onkruidzaden die in voorraden van akkerbouwproducten worden aangetroffen, kan in alle redelijkheid worden aangenomen dat deze onkruiden deel hebben uitgemaakt van de akkeronkruidvegetatie en met het akkerbouwproduct zijn meege oogst. Vooral onkruiden die tussen graan staan hebben een grote kans om met het graan te worden meege oogst

² Bakels 1997.

omdat granen meestal massaal, met het ertussen staande onkruid, worden geoogst.³ Ook van onkruidzaden die tussen dorsafval worden gevonden, kan worden aangenomen dat deze afkomstig zijn van planten die op de graanakkers gestaan hebben. Tijdens het zuiveren van de oogst (zeven, wannen) werden kafresten en onkruidzaden zoveel mogelijk uit de oogst verwijderd. Dit afval werd soms weggegooid maar ook vaak als brandstof gebruikt. Voorraadvondsten van akkerbouwproducten zijn echter bijzonder zeldzaam. Het zelfde geldt voor concentraties zuiver dorsafval.

Op nederzettingsterreinen worden echter wel vaak 'losse' onkruidvondsten gedaan in uiteenlopende contexten als paalkuilen, paalgaten, greppels, waterputten, afvalkuilen en haarden. We kunnen er van uitgaan dat veel van deze onkruidzaden afkomstig zijn van planten die op het nederzettingsterrein hebben gestaan. Met vrij grote zekerheid kan eveneens gesteld worden dat een ander deel van de onkruiden van akkers afkomstig zal zijn. Samen met de oogst kwamen immers veel resten van akkeronkruiden in een nederzetting terecht. Een cruciale vraag is daarom: hoe komen we er achter welke onkruiden in en rond de nederzetting hebben gegroeid en welke onkruiden van de akkers afkomstig zijn? Met deze vraag houden archeobotanici zich al decennialang bezig. Al in de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw werd gepostuleerd dat *verkoolde* onkruidzaden die op een voormalig nederzettingsterrein worden aangetroffen, waarschijnlijk van graanakkers afkomstig zijn.⁴ Het argument dat daarbij gehanteerd wordt, is het feit dat graanakkeronkruiden een veel grotere kans hebben om met vuur in aanraking te komen dan andere onkruiden. Dit komt onder andere omdat granen vaak werden geëest om het dorsen te vergemakkelijken en de opslagcondities te verbeteren omdat de kiem door het eesten wordt gedood. Bij eesten worden de nog door het kaf omgeven korrels licht geroosterd waardoor het kaf bros wordt en makkelijker loslaat. Bij deze werkzaamheden gebeurden wel eens ongelukjes waardoor een hoeveelheid graan geheel of gedeeltelijk verkoolde. Bij oliehoudende landbouwgewassen zoals vlas, hennep, raapzaad en maanzaad is deze behandeling niet nodig en werkt eesten (om de kiem te doden) zelfs averechts omdat de zaden door licht roosteren aan elkaar gaan kleven.⁵ Ook worden graanproducten (brood, koeken) vaak bij hoge temperaturen in nauw contact met vuur bereid, hetgeen de kans op verkolen ook doet toenemen. De kans dat bijvoorbeeld bieten, rapen, erwten, bonen en bladgroenten met open vuur in aanraking komen is heel klein, omdat deze producten meestal individueel geoogst worden, niet geëest hoeven te worden en bovendien niet geroosterd of gebakken worden maar (in water!) worden gekookt.

De hierboven beschreven theorie over de herkomst van verkoolde onkruidzaden op nederzettingsterreinen is recentelijk o.a. door etnografisch onderzoek en correspondentieanalyse bevestigd en genuanceerd.⁶ Archeobotanici zijn er tegenwoordig van overtuigd dat het overgrote deel van de verkoolde onkruidzaden die op een voormalig nederzettingsterrein worden gevonden, samen met graan in de nederzetting terecht zijn gekomen. Samen met de graanproducten zijn ze vervolgens verkoold geraakt. De kans dat onkruiden die tussen granen groeien op deze manier verkoold raken, is vele malen groter dan de kans dat onkruiden van erven, uit moestuinen of natuurlijke vegetaties verkoold raken. Belangrijke doelbewust geplande en terloopse handelingen en processen waarbij graanakkeronkruiden verkoold raken zijn de volgende:⁷

- Het gebruik van dorsafval als brandstof. Dit betreft zowel het verbranden van dorsafval (gepland of terloops) als het verbranden van dierlijke mest waarin zich dorsafval bevindt.

³ Door de individuele oogstmethode van tuinbouwproducten hebben tuinonkruiden een veel geringere kans om met het gewas te worden meegeoogst.

⁴ Knörzer 1971, 100; Bakels 1978, 68; Jones 1988, 44.

⁵ Van Zeist 1968, 162.

⁶ Van der Veen 1992, 75-76, 104-105; Van der Veen 2007, 979.

⁷ Van der Veen 2007, 979.

- Voedsel (vooral graanproducten) dat per ongeluk verbrandt tijdens de voedselbereiding (bakken, eesten, roosteren of koken).
- Voedselvoorraden die per ongeluk of bewust (tijdens vijandelijkheden) verbranden.
- Het schoonmaken (uitbranden) van voorraadkuilen.
- Het verbranden van geïnfecteerde of bedorven voedselvoorraden.

Van deze handelingen/processen is de eerstgenoemde verreweg het belangrijkste.⁸

Een en ander betekent dat we voor het onderzoek naar de voedselrijkdom op de (pre) historische akkers uit mogen gaan van de preferenties ten aanzien van voedselrijkdom van de onkruidsoorten die in verkoolde vorm op de nederzettingsterreinen in het onderzoeksgebied zijn aangetroffen.

3. Werkwijze

Om de standplaatsvoorkeur van planten ten aanzien van een aantal abiotische milieufactoren te typeren is door de Duitse onderzoeker Ellenberg een systeem van *Ökologischen Zeigerwerte* opgezet.⁹ Volgens dit systeem krijgt elke plantensoort een bepaalde waarde die zijn mate van voorkeur aangeeft ten aanzien van licht, vocht, zuurgraad, stikstof, continentaliteit en temperatuur. Voor elk van deze parameters gaf Ellenberg plantensoorten waarden van 1 tot 9 (of tot 12 voor vocht), waarbij 1 staat voor een lage voorkeur en 9 voor een hoge voorkeur van de soort voor een bepaalde parameter. Voor het onderzoek naar de veranderingen in bodemvruchtbaarheid van de akkers in het studiegebied beperken we ons hier tot de parameter stikstof. Uiteraard wordt de voedselrijkdom ook door andere parameters bepaald (onder andere fosfaat, kalium, organische stof, zuurgraad) maar het stikstofgehalte wordt gezien als een goede indicator van de totale beschikbaarheid van nutriënten in de wortelzone.¹⁰ De verklaringen van de indicatorwaarden voor stikstof worden in tabel 1 gegeven.

Tabel 1 Ellenberg-indicatorwaarden voor stikstof.

waarde	verklaring
1	zeer stikstofarme bodems
2	zeer stikstofarme tot stikstofarme bodems
3	stikstofarme bodems
4	stikstofarme tot matig stikstofrijke bodems
5	matig stikstofrijke bodems
6	matig stikstofrijke tot stikstofrijke bodems
7	stikstofrijke bodems
8	uitgesproken stikstofrijke bodems
9	zeer uitgesproken stikstofrijke bodems
x	indifferent ten aanzien van stikstof

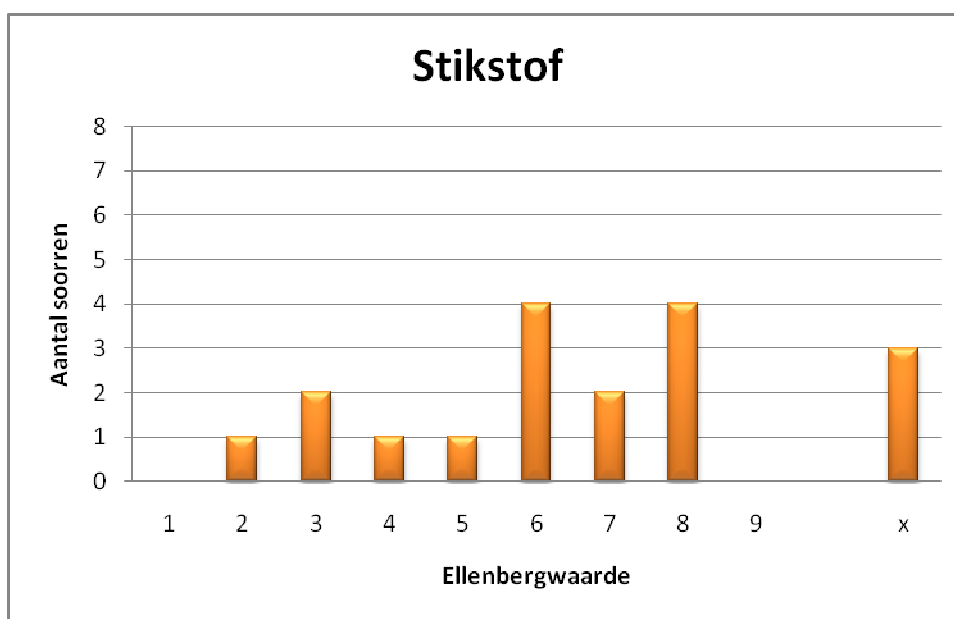
⁸ We gaan er vanuit dat het gebruik van dierlijke mest als brandstof in ons klimaat van ondergeschikt belang is. In aride klimaten speelt dit wel een belangrijke rol, vooral als er nauwelijks brandhout in de natuurlijke omgeving kan worden gevonden. Mogelijk speelde het gebruik van dierlijke mest als brandstof in de kustgebieden van ons land wel een rol.

⁹ Ellenberg 1974.

¹⁰ Wamelink & Runhaar 2000; Ertsen, Alkemade *et al.* 1998.

Hoewel Ellenberg het systeem van indicatorwaarden heeft ontworpen voor actuobotanisch onderzoek in Centraal-Europa wordt het ook buiten dit gebied veel gebruikt.¹¹ Ook in de archeobotanie kan het worden toegepast.¹²

In archeobotanisch onderzoek kan een vindplaats volgens het Ellenberg-systeem getypeerd worden door de frequentie waarmee soorten met een bepaalde voorkeur ten aanzien van een zekere parameter op een vindplaats voorkomen, weer te geven in een staafdiagram. Dergelijke diagrammen worden Ecodiagrammen genoemd.¹³ Als voorbeeld wordt hieronder het ecodiagram van stikstof van de vindplaats Hattermerbroek (Vroege-/Midden-Bronstijd) afgebeeld. In het diagram is te zien dat de meeste op de vindplaats aangetroffen onkruidsoorten stikstofliefhebbers zijn. Slechts een drietal soorten komt bij voorkeur op stikstofarme standplaatsen voor (indicatorwaarden 1, 2 en 3).



Figuur 2 Ecodiagram voor stikstof van de vindplaats Hattermerbroek (Vroege-/Midden-Bronstijd).

4. Resultaten en conclusies

Ten behoeve van het onderzoek naar de veranderingen in bodemvruchtbaarheid van de akkers in het Oost-Nederlandse dekzandlandschap zijn de Ellenbergwaarden voor stikstof van de verkoolde onkruidsoorten van 33 vindplaatsen verwerkt. Vindplaatsen waar minder dan vijf onkruidsoorten zijn aangetroffen, zijn buiten beschouwing gelaten. Voor een overzicht van de vindplaatsen wordt verwezen naar *tabel 2*.¹⁴

¹¹ Bijvoorbeeld Noorwegen, Zweden, Estland, Polen, Groot Brittannië en Noordoost-Frankrijk (Schaffers & Sykora 2000, 225, 242).

¹² Zie bijvoorbeeld Willerding 1978; Brinkkemper 1993.

¹³ Willerding noemde de diagrammen *Paläoethnobotanische Ökodiagramme*.

¹⁴ Voor gedetailleerde informatie over de ruim 3000 plantenvondsten en de contextinformatie ervan wordt verwezen naar een Excel-bestand dat op verzoek bij de auteur te verkrijgen is.

Tabel 2 Overzicht van vindplaatsen in het Oost-Nederlandse dekzandlandschap met vondsten van meer dan vier verkoolde onkruidsoorten. Legenda: VM = Vroeg-Midden, L = Laat, V = Vroeg, ML = Midden-Laat.

Vindplaats	datering	auteurs
Hattummerbroek	Bronstijd VM	Van Haaster 2009
Ittersummerbroek	Bronstijd VM	Bakels 1994
Rielerenk	Bronstijd VM	Buurman 1998
Dalen-de Spil	Bronstijd	De Roller 2003
Ittersummerbroek II	Bronstijd L	Bakels 1994
Wachtum	Bronstijd L	Van der Velde <i>et al.</i> 2000
Noordbarghe-Hoge Loo	Bronstijd L	Van Zeist 1983
Colmschate I	IJzertijd V	Buurman 1986
Hengelo-Roershoek	IJzertijd	De Man 1994
Peelo-Kleuvenveld	IJzertijd V	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1996
Bornsche Maten-Grutterskamp	IJzertijd M	Van Beurden 2009
Raalte-Raan	IJzertijd M	De Man 1997
Holsloot	IJzertijd L	Van der Velde <i>et al.</i> 2003
Bornsche Maten-Grutterskamp	IJzertijd L	Van Beurden 2009
Wierden-Baanakkers	IJzertijd L	De Man 1998
Noordbarghe-Hoge Loo	IJzertijd L	Van Zeist 1983
Peelo-Haverland II	IJzertijd ML	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1996
Peelo-de Es	IJzertijd ML	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1994
Raalte-Heeten	Romeinse tijd	Lauwerier <i>et al.</i> 1999, Van Haaster & Van Rijn 2005
Peelo-Haverland II	Romeinse tijd	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1996
Peelo-de Es	Romeins tijd	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1994
Odoorn	Vroege-Middeleeuwen	Van Zeist 1968, Van Zeist <i>et al.</i> 1986
Peelo-Derkinge	Vroege-Middeleeuwen	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1994
Peelo-Hovinge	Vroege-Middeleeuwen	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1994
Zutphen-Ooyerhoek	Vroege-Middeleeuwen	Van Beurden 2001
Zelhem-'t Soerlant	Vroege-Middeleeuwen	Van Beurden & Van Smeerdijk 2002
Pesse	Vroege-Middeleeuwen	Van Zeist <i>et al.</i> 1986
Zelhem-'t Soerlant	Volle-Middeleeuwen	Van Beurden & Van Smeerdijk 2002
Wierden-'t Huurne	Volle-Middeleeuwen	Hänninen & De Vries 2005
Peelo-Derkinge	Volle-Middeleeuwen	Van Zeist & Palfenier-Vegter 1994
Pesse	Volle-Middeleeuwen	Van Zeist <i>et al.</i> 1986
Dalfsen-Gerner Marke	Volle-Middeleeuwen	Van Haaster 2006
Gasselte	Volle-Middeleeuwen	Van Zeist 1979

Om eventueel aanwezige chronologische trends in stikstofvoorkeur beter zichtbaar te maken is er niet voor gekozen om de indicatorwaarden in 33 afzonderlijke ecodiagrammen in dit rapport weer te geven, maar de gegevens samen te vatten.¹⁵ Voor dit doel is de gemiddelde stikstofvoorkeur per vindplaats in een diagram gezet (zie *bijlage 1*).¹⁶ Ook zijn de gemiddelde stikstofwaarden per periode in een diagram gezet (*bijlage 2*). De trendlijn in *bijlage 1* is gebaseerd op het zwevend gemiddelde van drie opeenvolgende waarden.

Een eerste blik op de diagrammen leert al dat er geen sprake lijkt van een chronologische ontwikkeling ten aanzien van voedselrijkdom. Het veronderstelde verband tussen plaatsvastheid van de nederzettingen en daarmee samenhangende

¹⁵ Voor de ecodiagrammen van stikstof, vocht en zuurgraad van alle 33 vindplaatsen wordt verwezen naar een Excel-bestand dat op verzoek bij de auteur te verkrijgen is.

¹⁶ Ook in recent vegetatiekundig onderzoek worden Ellenberg-indicatorwaarden soms per vegetatietype/proefvlak gemiddeld (zie bijvoorbeeld Ertsen *et al.* 1998).

intensivering van het grondgebruik en het daardoor noodzakelijk geworden bemesten van akkers is niet in de diagrammen te zien. Globaal vanaf de Late-IJzertijd (grote woonstalhuizen, vaste akkers, bijv. Raalte-Heeten) zou in het diagram een intensivering in het landgebruik zichtbaar moeten zijn in de vorm van hogere indicatorwaarden voor stikstof van de akkeronkruiden. Ook de afname in de Vroege-Middeleeuwen (geringere plaatsvastheid van de bewoning) en de later toename in de Volle-Middeleeuwen (bevolkingsgroei, intensivering landbouw) zijn niet in het diagram te herkennen. Het lijkt er zelfs op dat al in de Vroege-/Midden-Bronstijd (Hattemerbroek, *figuur 1*) sprake was van bemesting.

Een intrigerende vraag is nu hoe we dit onverwachte, schijnbaar negatieve resultaat moeten verklaren. Een mogelijke verklaring is dat de gekozen benaderingswijze op verkeerde aannames berust. Het zou kunnen zijn dat zich tussen de verkoolde onkruidvondsten, ondanks de ‘bewezen’ theorie over de herkomst van verkoolde onkruiden op nederzettingsterreinen, toch nog veel onkruiden bevinden die op het (stikstofrijke!) nederzettingsterrein groeiden, en we dus geen zuiver beeld hebben van de akkeronkruidvegetatie.

Een tweede mogelijke verklaring is het feit dat zich op of langs (pre)historische akkers waarschijnlijk stikstofrijke plekken bevonden, ondanks het feit dat de akkers niet of nauwelijks werden bemest. Te denken valt aan de directe omgeving van heggen of hekken of vlakbij ‘verstorende elementen’ die zich in of vlak naast de akkers bevonden zoals bomen, opslagplaatsen en afvalhopen. Op dergelijke plekken hebben zonder twijfel stikstofminnende planten gestaan die profiteerden van de min of meer natuurlijk voedselrijkdom als gevolg van natuurlijke afbraakprocessen die op die standplaatsen plaatsvonden. Het lijkt reëel te veronderstellen dat een aantal van deze planten met het graan werd meegeoogst en zo op het nederzettingsterrein terecht kwam.

Voor een deel kan het ontbreken van een trend in de voedselrijkdom misschien ook verklaard worden doordat het systeem “Akker” in meerdere opzichten een gebufferd systeem is, waardoor veranderingen in bemestingsstrategie in het geheel niet of pas na lange tijd zichtbaar zijn in de onkruidvegetatie. In organische mest zijn de voedingsstoffen voor het grootste deel vastgelegd in organische verbindingen. Voordat deze voedingsstoffen voor het gewas beschikbaar zijn, is een proces van mineralisatie nodig. Zo komt slechts een klein deel van de stikstof direct na de bemesting beschikbaar. Een ander deel komt pas later in het jaar of de jaren daarna beschikbaar.¹⁷ Ook is het zo dat er tot een bepaalde hoogte een lineair verband bestaat tussen de hoeveelheid stikstof die jaarlijks wordt toegediend en de opbrengst van het gewas. Een verhoogde of verminderde stikstofgift leidt dan (binnen bepaalde grenzen) simpelweg tot een hogere of lagere opbrengst zodat aan het eind van het seizoen per saldo het stikstofgehalte in de bodem gelijk blijft. Een verhoogde stikstofgift verdwijnt dus met de oogst van de akker! Tot slot is het zo dat uit lange-termijn bemestingsexperimenten is gebleken dat vegetaties zeer traag kunnen reageren op veranderingen in de voedselrijkdom van de bodem.¹⁸

Het is echter ook goed mogelijk dat we de diagrammen op een andere manier moeten lezen, en dat we niet op zoek moeten gaan naar een toename van stikstofindicatoren, maar naar een afname. Als geen sprake was van bemesting in perioden van intensiever landgebruik, dan zou immers een afname in stikstofindicatorwaarden te verwachten zijn. Uitputting van akkers leidt immers niet alleen tot een verminderde opbrengst, maar ook tot een verandering van de akkeronkruidvegetatie. De stikstofminnende akkeronkruiden verliezen in zo’n situatie de concurrentie met soorten die met minder stikstof genoeg nemen. Nu we deze verandering niet zien, is de voorzichtige conclusie dat in tijden van intensiever landgebruik (Late-IJzertijd/Romeinse tijd en Volle-Middeleeuwen) er sprake moet zijn geweest van bemesting. De hoeveelheden voedingsstoffen die met meststoffen op de akkers werden gebracht en de hoeveelheden die daaraan door de akkerbouw werden

¹⁷ Zanen *et al.* 2003,12; Zwart 2007, 44.

¹⁸ Ertsen *et al.* 1998, 122; Willems & Nieuwstadt 1996.

onttrokken hielden elkaar door de jaren heen – gemiddeld genomen – waarschijnlijk in evenwicht. De boeren wisten vermoedelijk goed hoeveel mest de akkers nodig hadden om niet te verarmen. Meer mest dan nodig was, zullen de boeren ook niet op de akkers hebben gebracht, temeer omdat bemesten met organische mest een zeer intensieve bezigheid is. Er hoopten zich dus geen meststoffen op in de bodem, hetgeen beslist geleid zou hebben tot een verandering van de akkeronkruidvegetatie. Dat we geen toename in stikstofpreferentie zien, is dus heel goed te verklaren en hoeft zeker niet in verband te staan met de eerder genoemde verkeerde aannames.

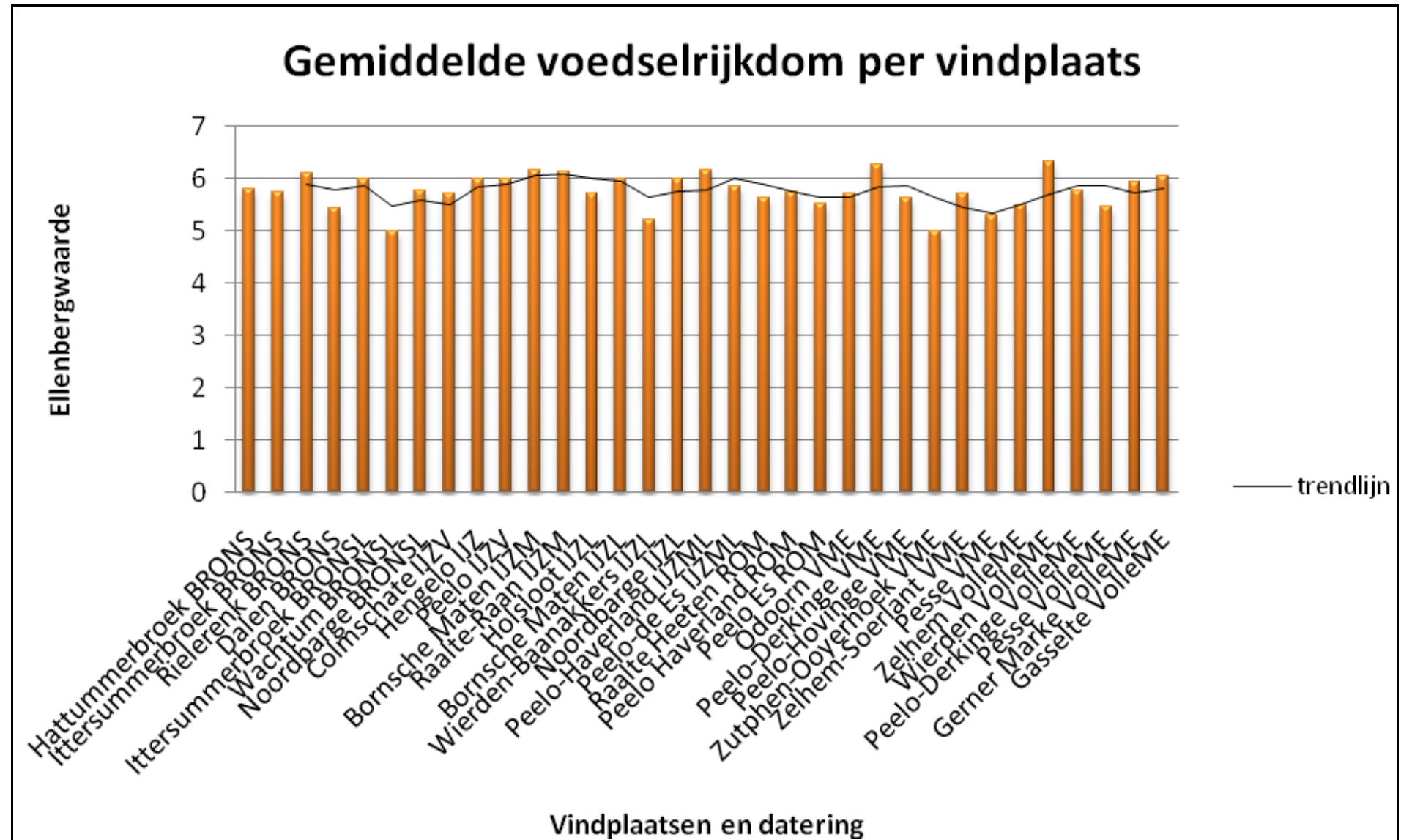
5. Literatuur

- Bakels, C.C., 1978: Four Linearbandkeramik Settlements and their Environments: a Palaeoecological Study of Sittard, Elsloo and Hienheim, *Analecta Praehistorica Leidensia* 11.
- Bakels, C.C., 1994: Cultuurgewassen en onkruiden uit Zwolle-Ittersumerbroek, in: H. Clevis & J. de Jong (red.), *Archeologie en bouwhistorie in Zwolle* 2, 107-113.
- Bakels, C.C., 1997: The Beginnings of Manuring in Western Europe, *Antiquity* 71, 442-446.
- Beurden, L. van, 2001: *Zaden en vruchten uit een merovingische waterput in de Ooijerhoek bij Zutphen*, Zaandam (BIAXiaal 114).
- Beurden, L., van, 2009: *Zaden- en pollenonderzoek aan sporen uit de Midden- en Late IJzertijd van de vindplaats Bornsche Maten-Grutterskamp (Ov.)*, Zaandam (BIAXiaal 406).
- Beurden, L. van, & D.G. van Smeerdijk 2002: *Zelhem 't Soerlant III: Zaden- en pollenonderzoek van een vroegmiddeleeuwse nederzetting*, Zaandam (BIAXiaal 165/ADC rapport 135).
- Brinkkemper, O., 1993: *Wetland Farming in the Area to the South of the Meuse Estuary During the Iron Age and the Roman Period*, thesis, Leiden.
- Buurman, J., 1986: Graan in IJzertijd-silo's uit Colmschate, in: R.M. van Heeringen (red.), *Voordrachten gehouden te Middelburg ter gelegenheid van het afscheid van Ir. J.A. Trimpe Burger als provinciaal archeoloog van Zeeland*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 3), 67-73.
- Buurman, J., 1998: *Verkoolde plantenresten uit afvalkuilen uit de Midden-Bronstijd op de Rieler Enk te Deventer*, Amersfoort (Interne Rapporten Archeobotanie ROB 1998/25).
- Ellenberg, H.E., 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, *Scripta Geobotanica* 9.
- Ertsen, A.C.D., J.R.M. Alkemade & M.J. Wassen 1998: Calibrating Ellenberg Indicator Values for Moisture, Acidity, Nutrient Availability and Salinity in the Netherlands, *Plant Ecology* 135: 113–124.
- Haaster, H. van, 2006: *Voedingsgewoonten en milieumomstandigheden op en rond de middeleeuwse vindplaats 'Gerner Marke' bij Dalfsen*, Zaandam (BIAXiaal 266).
- Haaster, H. van, 2009: *Archeobotanisch onderzoek op de vindplaats Hattemerbroek-Zuid (bedrijventerrein), deelrapport macroresten*, Zaandam (BIAXiaal 416).
- Haaster, H. van, & P. van Rijn 2005: *Archeobotanisch onderzoek aan een drietal vindplaatsen uit de IJzertijd-Vroege-Middeleeuwen in de omgeving van Raalte*, Zaandam (BIAXiaal 243).

- Hänninen, K., & L. de Vries 2005: *Hout, zaden en botten van het Middeleeuwse erf Wierden-Huurne, vindplaats 5*, Zaandam (BIAxiaal 232).
- Jones, M., 1988: *The Phytosociology of Early Arable Weed Communities with Special Reference to Southern England*, in: Küster, H. (Hrsg.), *Der prähistorische Mensch und seine Umwelt, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg*, Band 31, 43-51.
- Knörzer, K.-H., 1971: Urgeschichtliche Unkräuter im Rheinland. Ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Segetalgesellschaften, *Vegetatio* 23, 89-111.
- Lauwerier, R.C.G.M., B.J. Groenewoudt, O. Brinkkemper & F.J. Laarman 1999: Between Ritual and Economics: Animals and Plants in a Fourth-Century Native Settlement at Heeten, the Netherlands, *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek* 43, 155-198.
- Man, R. de, 1994: *Botanische macroresten uit een IJzertijd-kuil te Hengelo-Roershoek*, Amersfoort (Interne Rapporten Archeobotanie ROB 1994/38).
- Man, R. de, 1997: *Archeobotanisch A.A.O.-onderzoek te Raalte-Raan 1996*, Amersfoort (Interne Rapporten Archeobotanie ROB 1997/2).
- Man, R. de, 1998: *Archeobotanisch onderzoek aan een inheems-Romeinse silo te Wierden-Enter Baanackers (Ov.)*, Amersfoort (Interne Rapporten Archeobotanie ROB 1998/7).
- Roller, G.J. de, 2003: Botanische macroresten, in: M.J.M. de Wit (red.), *Een Aanvullend Archeologisch Onderzoek op 'De Spil' te Dalen, gemeente Coevorden (Dr.)*, Groningen (ARC publicatie 72), 39-42.
- Schaffers, A. P., & K.V. Sýkora 2000: Reliability of Ellenberg Indicator Values for Moisture, Nitrogen and Soil Reaction: a Comparison with Field Measurements, *Journal of Vegetation Science* 11: 225-244, 2000
- Veen, M. van der, 1992: *Crop Husbandry Regimes. An archaeobotanical Study of Farming in Northern England 1000 BC-AD 500*, Sheffield (Sheffield Archaeological Monographs 3).
- Veen, M. van der, 2007: Formation Processes of Desiccated and Carbonized Plant Remains - the Identification of Routine Practice, *Journal of Archaeological Science* 34, 968-990.
- Velde, H. van der, 2011: *Wonen in een grensgebied. Een langetermijngeschiedenis van het Oost-Nederlandse cultuurlandschap (500 v. Chr.-1300 n. Chr.)*, Amersfoort (NAR 40).
- Velde, H.M. van der, H. van Haaster, Th. Spek & E. Taayke 2000: *Archeologisch onderzoek langs de snelweg. Opgravingen in het kader van de aanleg van de Rijksweg 37: de essen van Wachtum en Zwinderen (Drenthe)*, Bunschoten (ADC-rapport 11).
- Velde, H.M. van der, M.C. Kenemans, E. Taayke, H. van Haaster & Th. Spek 2003: *Archeologisch onderzoek langs de snelweg. Opgravingen in het kader van de Rijksweg 37, het Hoolingerveld bij knooppunt Holsloot*, Bunschoten (ADC-rapport 156).
- Wamelink, G.W.W., & J. Runhaar 2000: *Abiotische randvoorwaarden voor Natuurdoeltypen*, Wageningen (Alterra-Rapport 181).
- Willems, J. H., & Nieuwstadt, M. G. L. van, 1996: Long-Term Aftereffects of Fertilization on Above-Ground Phytomass and Species Diversity in Calcareous Grasslands, *Journal of Vegetation Science* 7, 177-184.

- Willerding, U., 1978: Paläeo-ethnobotanische Befunde an mittelalterlichen Pflanzenresten aus Süd-Niedersachsen, Nord-Hessen und dem östlichen Wetsfalen, *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 91, 129-190.
- Zanen, M., C.J. Koopmans, R. Postma, & T. van Loon 2003: *Optimalisering van de stikstofvoorziening in de biologische groententeelt*, Wageningen.
- Zeist, W. van, 1968: Prehistoric and Early Historic Food Plants in the Netherlands, *Palaeohistoria* 14, 41-174.
- Zeist, W. van, 1979: Agriculture in Medieval Gasselte, *Palaeohistoria* 21, 267-299.
- Zeist, W. van, 1983: Plant Remains from Iron Age Noordbarge, Province of Drenthe, The Netherlands, *Palaeohistoria* 23, 169-193.
- Zeist, W. van, & R.M. Palfenier-Vegter 1994: Roman Iron Age Plant Husbandry at Peelo, the Netherlands, *Palaeohistoria* 33/34, 287-297.
- Zeist, W. van, & R.M. Palfenier-Vegter 1996: The Archaeobotany of Peelo 3. Iron Age and Roman Period, *Palaeohistoria* 37/38, 481-490.
- Zeist, W. van, G.J. de Roller, R.M. Palfenier-Vegter, O.H. Harsema, & H. During 1986: Plant Remains of Medieval Sites in Drenthe, *Helinium* 26: 226-274.
- Zwart, K.B., 2007: *Mineralisatie van mest en organische stof in de bodems*, Wageningen (Alterra Rapport 1504).

Bijlage 1 Gemiddelde Ellenberg-indicatorwaarden voor stikstof per vindplaats. De trendlijn is gebaseerd op het zwevend gemiddelde van drie opeenvolgende vindplaatsen.



Bijlage 2 Gemiddelde Ellenberg-indicatorwaarden voor stikstof per periode.

